

В.В. КОРЗИН, А.Г. БУРЦЕВ

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
И ПРИБОРЫ**

Терминология. ГСП

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.В. Корзин, А.Г. Бурцев

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
И ПРИБОРЫ**
Терминология, ГСП

Электронное учебное пособие



Волгоград
2017

УДК 681.2
ББК 30.105
К 666

Рецензенты:

доктор тех. наук, профессор кафедры прикладной
математики и информатики
Волжского гуманитарного института (филиала)
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»,
Мирецкий И.Ю.

Канд. тех. наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных
процессов» филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский уни-
верситет (МЭИ)» в г. Волжском,
Капля Е.В.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Корзин, В.В.

Технические измерения и приборы. Терминология, ГСП [Электрон-
ный ресурс]: учебное пособие / В.В. Корзин, А.Г. Бурцев ; ВПИ (филиал)
ВолГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 573 КБ). – Волгоград,
2017. - Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-2714-7

В учебном пособии представлены термины, относящиеся к измерениям, резуль-
татам измерений, средствам измерительной техники. Приведены определения, отно-
сящиеся к метрологическим характеристикам средств измерений, дана терминология
воспроизведения, передачи и хранения единиц величин, а также терминология мет-
рологической прослеживаемости.

Изложены назначение и принципы организации Государственной системы про-
мышленных приборов и средств автоматизации. Дана классификация устройств
ГСП, рассмотрены унифицированные сигналы систем измерения.

Учебное пособие предназначено для студентов бакалавриата дневной и заочной
форм обучения направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и
производств».

Табл. 1, библиограф. 18_назв.

ISBN 978-5-9948-2714-7

© Волгоградский государственный
технический университет, 2017

© Волжский политехнический
институт, 2017

© В.В. Корзин, А.Г. Бурцев, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. Терминология измерений и измерительной техники	5
1.1. Термины и определения измерений	5
1.1.1. Методы измерений	9
1.1.2. Методики выполнения измерений	10
1.2. Термины и определения результатов измерений	11
1.3. Термины и определения измерительной техники	25
1.4. Свойства и метрологические характеристики средств измерений	33
1.5. Терминология воспроизведения, передачи и хранения единиц величин	44
1.6. Терминология метрологической прослеживаемости	51
Глава 2. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации	59
2.1. Назначение и принципы организации Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации	59
2.2. Основные понятия Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации	63
2.3. Классификация изделий Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации	64
2.3.1. Классификация изделий ГСП по функциональному назначению	64
2.3.2. Классификация устройств ГСП по роду энергии используемой в качестве носителя информации при передаче сигналов	65
2.3.3. Классификация устройств ГСП по функционально-целевому признаку	66
2.4. Информационные связи в Государственной системе промышленных приборов и средств автоматизации	67
2.5. Группы контролируемых величин	69
2.6. Унифицированные сигналы в ГСП	70
Библиографический список	76

ВВЕДЕНИЕ

Измерения различных физических величин осуществляются во многих областях деятельности человека, в том числе при осуществлении различных технологических процессов в химической, пищевой, машиностроительной и других отраслях промышленности. Измерительная техника широко используется при разработке, создании и эксплуатации многих технических объектов и систем. Качество выпускаемой продукции, а также правильность и безопасность осуществления технологических процессов во многом обеспечивается применением средств измерения.

Развитие объективных потребностей общества способствовало развитию измерительной техники. Об этом свидетельствуют исторические факты, относящиеся ещё к V тысячелетию до н.э. Начинаясь в те далёкие времена товарообмен обусловил необходимость создания простых мер массы, длины, объёма. По мере развития общества совершенствовалась также и техника измерений. Научно-техническая революция в XX в., характеризующаяся широким внедрением средств автоматизации и управления технологическими процессами, вызвала значительное развитие всей измерительной техники. Современные механизированные, частично или полностью автоматизированные производственные предприятия функционируют только при сравнительно больших затратах на проведение измерений и контроля. Постоянно возрастают требования к качеству, надёжности и быстродействию измерений.

Благодаря значительным достижениям микроэлектроники в измерительной технике произошли существенные качественные изменения. В состав современных СИ входят микропроцессоры, обеспечивающие автоматическое управление процессом измерений, а также обработку данных. Разработка различных датчиков в интегральном микроэлектронном исполнении определяет новые перспективы развития измерительной техники.

ГЛАВА 1. ТЕРМИНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

1.1. Термины и определения измерений

В настоящее время стандартом, определяющим понятия метрологии, измерений и средств измерительной техники являются «Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения». В этом стандарте приведена следующая терминология измерений.

Измерение величины – процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине.

Измерение подразумевает сравнение величин или включает счёт объектов.

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.

Измеряемая величина – величина, подлежащая измерению.

Объект измерения – материальный объект или явление, которые характеризуются одной или несколькими измеряемыми и влияющими величинами.

Примеры:

- вал, у которого измеряют диаметр;
- технологический процесс, в ходе которого измеряют температуру;
- спутник Земли, координаты которого измеряются или с помощью которого измеряют координаты местоположения объекта на Земле.

Принцип измерений – явление материального мира, положенное в основу измерения.

Примеры:

- применение эффекта Джозефсона для измерения электрического напряжения;
- применение эффекта Пельтье для измерения поглощенной энергии ионизирующих излучений;
- применение эффекта Доплера для измерения скорости;
- использование гравитационного притяжения при измерении массы взвешиванием;
- энергия абсорбции, которая служит для измерения молярной концентрации.

Статическое измерение – измерение величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

Динамическое измерение – измерение, при котором средства измерений используют в динамическом режиме.

Динамический режим использования средства измерений – режим использования средства измерений, связанный с изменениями условий (факторов) за время проведения измерительного эксперимента, которые влияют на результат измерения (оценку измеряемой величины), в т. ч. изменение измеряемой величины за время измерения.

Абсолютное измерение – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

Пример:

- измерение силы $F = mg$ основано на измерении основной величины — массы m и использовании физической постоянной g (в точке измерения массы).

Относительное измерение – измерение отношения одноименных величин или функций этого отношения.

Пример:

- измерение активности радионуклида в источнике по отношению к активности радионуклида в однотипном источнике, аттестованном в качестве эталонной меры активности.

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений.

Термин «прямое измерение» возник как противоположный термину «косвенное измерение». Строго говоря, измерение всегда прямое, и рассматривается как сравнение величины с её единицей или шкалой. В этом случае лучше применять термин прямой метод измерений.

В основу разделения измерений на прямые, косвенные, совместные и совокупные может быть положен вид модели измерений. В этом случае граница между косвенными и прямыми измерениями размыта, поскольку большинство измерений в метрологии относится к косвенным, **поскольку подразумевает учет влияющих факторов, введение поправок и т.д.**

Примеры:

- измерение длины детали микрометром;
- измерение силы тока амперметром;
- измерение массы на весах.

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

Пример:

- определение плотности ρ тела цилиндрической формы по результатам прямых измерений массы m , высоты h и диаметра цилиндра d , свя-

занных с плотностью уравнением
$$\rho = \frac{m}{0,25\pi d^2 h}.$$

(Во многих случаях вместо термина «косвенное измерение» применяют термин «косвенный метод измерений»).

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.

Для определения значений искомых величин количество уравнений должно быть не меньше количества величин.

В модели совокупных измерений, как правило, несколько выходных величин.

Пример:

- значение массы отдельных гирь набора определяют по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений (сравнений) масс различных сочетаний гирь.

Совместные измерения – проводимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных величин для определения зависимости между ними.

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

Измерительная задача – задача, заключающаяся в определении значения величины путем ее измерения с требуемой точностью в данных условиях измерений.

Область измерений – совокупность измерений величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой.

Выделяют ряд областей измерений: механические, магнитные, акустические и др.

Вид измерений – часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин.

Пример:

- в области электрических и магнитных измерений могут быть выделены как виды измерений: измерения электрического сопротивления, измерения электрического напряжения, измерения магнитной индукции и др.

Подвид измерений – часть вида измерений, выделяющаяся особенностями измерений однородной величины (по диапазону измерений, по размеру величины и др.).

Пример:

- при измерении длины выделяют измерения больших длин (дальнометрия) или же измерения сверхмалых длин (нанометрия).

1.1.1. Методы измерений

Методом измерений называется приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой величины с ее единицей или соотнесения со шкалой в соответствии с реализованным принципом измерений.

Существуют следующие методы измерений:

1) Метод сравнения с мерой.

Метод сравнения – это метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Пример:

- измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями (мерами массы с известными значениями).

2) Нулевой (компенсационный) метод измерений.

Нулевой метод – это метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на средство сравнения доводится до нуля.

Пример:

- измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием.

3) Метод измерений замещением (метод замещения).

Метод замещения – это метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.

Пример:

- взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда);

3) Метод измерений дополнением (метод дополнения).

Метод дополнения – это метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.

4) Дифференциальный метод измерений.

Дифференциальный метод – это метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, при котором измеряется разность между этими двумя величинами.

Пример:

- измерения, выполняемые при поверке мер длины сравнением с эталонной мерой на компараторе.

1.1.2. Методики выполнения измерений

Методикой выполнения измерений называется установленная логическая последовательность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений в соответствии с принятым методом измерений.

Обычно методика измерений регламентируется каким-либо нормативным документом.

Референтная методика измерений – методика измерений, принятая для получения результатов измерений, которые могут быть использованы для оценки правильности измеренных значений величины, полученных по

другим методикам измерений величин того же рода, а также для калибровки или для определения характеристик стандартных образцов.

Методику измерений необходимо отличать от методики калибровки.

Первичная референтная методика измерений – референтная методика измерений, которая используется для получения результата измерения без сравнения с эталоном единицы величины того же рода.

(Консультативный комитет по количеству вещества – Метрология в химии (CCQM) использует для этого понятия термин первичный метод измерений.)

1.2. Термины и определения результатов измерений

В «Рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения» приведена следующая терминология результатов измерений.

Результат измерения величины – множество значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией.

Информация, приводимая в результате измерения, определяется особенностями конкретного измерения и соответствует требованиям, предъявляемым к этому измерению. В большинстве случаев информация относится к точности измерения и выражается *показателями точности*, в обоснованных случаях содержит указание методики измерений и др.

Результат измерения может быть представлен измеренным значением величины с указанием соответствующего показателя точности. К показателям точности относятся, например, среднее квадратическое отклонение, доверительные границы погрешности, стандартная неопределенность измерений, суммарная стандартная и расширенная неопределенности. Возможно также представление результата измерений плотностью распреде-

ления вероятностей на множестве возможных значений измеряемой величины.

Если значение показателя точности измерений можно считать пренебрежимо малым для заданной цели измерения, то результат измерения может выражаться как одно измеренное значение величины. Во многих областях это является обычным способом выражения результата измерения, с указанием класса точности применяемого средства измерений.

Измеренное значение величины – значение величины, которое представляет результат измерения.

Для измерения, в котором имеют место повторные показания, каждое показание может использоваться, чтобы получить соответствующее измеренное значение величины. Такая совокупность отдельных измеренных значений величины может быть использована для вычисления результирующего измеренного значения величины, такого как среднее арифметическое или медиана, обычно с меньшей соответствующей неопределённостью (погрешностью) измерений.

Когда диапазон истинных значений величины, представляющих измеряемую величину, мал по сравнению с неопределённостью (погрешностью) измерений, измеренное значение величины может рассматриваться как оценка единственного истинного значения величины, и оно часто представляет собой среднее арифметическое или медиану отдельных измеренных значений, которые получены при повторных измерениях.

В случае, когда диапазон истинных значений величины, представляющих измеряемую величину, нельзя считать малым по сравнению с неопределённостью (погрешностью) измерений, измеренное значение часто будет оценкой среднего арифметического или медианы набора истинных значений величины.

Для понятия «измеренное значение величины» могут также использоваться термины «*результат измерения*» и «*оценка значения измеряемой величины*» или просто «*оценка измеряемой величины*».

Истинное значение измеряемой величины – значение измеряемой величины, которое соответствует определению измеряемой величины (существует на самом деле).

Определение измеряемой величины включает понятие некоторой модели объекта измерения, в которой истинное значение представлено неким параметром. Всегда существует пороговое несоответствие модели и объекта измерения, которое является причиной дефинициальной неопределённости измеряемой величины.

Когда дефинициальная неопределённость, связанная с измеряемой величиной, считается пренебрежимо малой по сравнению с остальными составляющими неопределённости измерений, измеряемая величина может рассматриваться как имеющая «по сути единственное» истинное значение. (Такой подход принят в GUM [15] и в связанных с ним документах, где слово «истинный» считается излишним.

Существуют подходы оценивания точности измерений, которые избегают понятия «истинное значение величины» и опираются на понятие «метрологическая совместимость результатов измерения».)

Действительное значение величины – значение величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

Принятое значение величины – значение величины, по соглашению приписанное величине для данной цели.

Иногда принятое значение величины является оценкой истинного значения величины.

Неопределённость измерений, связанная с принятым значением, часто достаточна мала и может быть принята равной нулю для конкретной цели. В этом случае используют понятие «действительное значение величины».

Опорное значение величины – значение величины, которое используют в качестве основы для сопоставления со значениями величин того же рода.

Опорное значение величины может быть истинным значением величины, подлежащей измерению, в этом случае оно неизвестно, или принятым значением величины, в этом случае оно известно.

Опорное значение величины со связанной с ним неопределённостью (погрешностью) измерений обычно приводят для:

- устройства, (*например, стабилизированного лазера*);
- материала (*например, аттестованного стандартного образца*);
- референтной методики измерений;
- сличения эталонов.

Повторяемость (сходимость) измерений – прецизионность измерений в условиях повторяемости измерений.

Условия повторяемости (сходимости) 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.

Воспроизводимость измерений – прецизионность измерений в условиях воспроизводимости измерений.

Условия воспроизводимости измерений – один из наборов условий измерений, включающий разные местоположения, разные средства измерений, участие разных операторов и выполнение повторных измерений на одном и том же или аналогичных объектах.

В исключительных случаях разные средства измерений могут применяться в соответствии с разными методиками измерений.

Описание условий должно включать все условия, изменяемые и неизменяемые, насколько это оправдано практически.

Точность измерений (точность результата измерения) – близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины.

Понятие точность измерений описывает качество измерений в целом, объединяя понятия правильность и прецизионность измерений.

Правильность измерений – близость среднего арифметического бесконечно большого количества повторно измеренных значений величины к опорному значению величины.

Правильность измерений отражает близость к нулю систематической погрешности измерений.

Правильность измерений не является величиной и поэтому не может быть выражена численно, однако соответствующие показатели приведены в ISO 5725 [15].

Прецизионность измерений – близость между показаниями или измеренными значениями величины, полученными при повторных измерениях для одного и того же или аналогичных объектов при заданных условиях.

«Заданные условия» могут быть, например, условиями повторяемости измерений, условиями промежуточной прецизионности измерений или условиями воспроизводимости измерений (см. ISO 5725-1 [15]).

Прецизионность измерений характеризует близость к нулю случайной погрешности измерений.

(Понятие «прецизионность измерений» используется для определения понятий «повторяемость измерений», «промежуточная прецизионность измерений» и «воспроизводимость измерений».)

Промежуточная прецизионность измерений - прецизионность измерений в фиксированных условиях промежуточной прецизионности измерений.

Условия промежуточной прецизионности измерений – один из наборов условий измерений, включающий применение одной и той же методики измерений, то же местоположение и выполнение повторных измерений на одном и том же или аналогичных объектах в течение длительного периода времени, а также может включать другие условия, которые могут изменяться.

Изменения могут включать новые калибровки, калибраторы, средства измерений, а также новых операторов.

Описание условий должно включать все условия, изменяемые и неизменяемые, насколько это оправдано практически.

Погрешность результата измерения – разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

Если опорное значение величины известно, как, например, при калибровке средств измерений, то известно и значение погрешности измерения. Если в качестве опорного значения выступает истинное значение величины, то значение погрешности неизвестно.

Погрешность измерения равна сумме случайной и систематической погрешностей.

(В РМГ 29–99 использовался термин *погрешность результата измерения* – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины. Изменение термина вызвано изменением понятия «результат измерения»).

Случайная погрешность измерения – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных условиях.

Систематическая погрешность измерения – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

В зависимости от характера изменения во времени систематические погрешности подразделяют на *постоянные, прогрессирующие, периодические* и *погрешности, изменяющиеся по сложному закону*. В зависимости от характера изменения по диапазону измерений систематические погрешности подразделяются на *постоянные* и *пропорциональные*.

Постоянные погрешности — погрешности, которые в течение длительного времени, например, в течение времени выполнения всего ряда измерений, остаются постоянными (неизменными). Они встречаются наиболее часто.

Прогрессирующие погрешности — непрерывно возрастающие или убывающие погрешности. К ним относятся, например, погрешности вследствие износа измерительных наконечников, контактирующих с деталью при контроле её прибором активного контроля.

Периодические погрешности — погрешности, значение которых является периодической функцией времени или перемещения указателя измерительного прибора.

Погрешности, изменяющиеся по сложному закону, возникают вследствие совместного действия нескольких систематических погрешностей.

Пропорциональные погрешности — погрешности, значение которых пропорционально значению измеряемой величины.

Оставшуюся систематическую погрешность измерения после введения поправки называют *неисключенной систематической погрешностью (НСП)*.

(Для оценки систематической погрешности измерения в VIM3 [17] используется термин *смещение при измерении*.)

Инструментальная погрешность измерения – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.

Абсолютная погрешность измерения – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения – погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к опорному значению измеряемой величины.

Границы относительной погрешности в долях или процентах находят из отношений $\delta = \frac{\Delta x}{x}$ или $\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100, \%$,

где Δx – границы абсолютной погрешности измерения,

x – опорное или измеренное значение величины.

Модель (уравнение) измерений – уравнение связи между величинами в конкретной измерительной задаче.

В общем виде модель измерений есть уравнение $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$,

где Y , выходная величина в модели измерений, является измеряемой величиной, значение которой должно быть получено, исходя из информации о входных величинах в модели измерений X_1, \dots, X_n .

Максимальная допускаемая погрешность измерения – максимальное значение погрешности измерения (без учета знака), разрешённое спецификацией или нормативными документами для данного измерения.

Погрешность метода измерений – составляющая погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений.

Доверительные границы погрешности измерения – верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью находится значение погрешности измерений.

Доверительные границы при вероятности, равной 1, называют *границами погрешности*.

(Доверительные границы погрешности иногда неправильно называют *доверительная погрешность*.)

Среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение) – параметр функции распределения измеренных значений или показаний, характеризующий их рассеивание и равный положительному квадратному корню из дисперсии этого распределения.

Оценкой среднего квадратического отклонения является *выборочное стандартное отклонение*, определяемое по формуле

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}}$$

где x_k – k -е измеренное значение или показание в ряду из n значений;

\bar{x} – среднее арифметическое из n измеренных значений или показаний;

$\frac{s(x)}{\sqrt{n}}$ является оценкой стандартного отклонения распределения \bar{x} и

называется *выборочным стандартным отклонением среднего арифметического*.

(Выборочное стандартное отклонение иногда неправильно называют *средняя квадратическая погрешность*.)

Поправка – значение величины, вводимое в показание с целью исключения систематической погрешности.

(В VIM3 [17] используется термин *поправка* – *компенсация оцененного систематического эффекта*.)

Компенсация может иметь различные формы, такие как дополнительное слагаемое или множитель, или она может находиться по соответствующей таблице.)

Поправочный множитель – числовой коэффициент, на который умножают показание с целью исключения влияния систематической погрешности.

Поправочный множитель используют в случаях, когда систематическая погрешность пропорциональна значению измеряемой величины.

Измерительная информация – информация о значении величины, входящей в модель измерений.

Функция измерений – зависимость величин модели измерений, используемая для получения измеренного значения выходной величины по известным значениям входных величин.

Если модель измерений $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$ может быть записана в явном виде как $Y = f(X_1, \dots, X_n)$, где Y – выходная величина в модели измерений, то функция f есть функция измерений. В общем случае f может обозначать алгоритм, по которому для значений входных величин X_1, \dots, X_n получается соответствующее единственное значение выходной величины $Y = f(X_1, \dots, X_n)$.

Функция измерений также используется для вычисления показателей точности (неопределенности) измерений, связанных с измеренным значением величины Y .

Входная величина в модели измерений – величина, которая должна быть измерена, или величина, значение которой может быть получено иным способом, для вычисления измеренного значения измеряемой величины.

Пример:

- если измеряемой величиной является длина стального стержня при заданной температуре, то действительная температура, длина при этой действительной температуре и температурный коэффициент линейного расширения стержня являются входными величинами в модели измерений.

Входными величинами в модели измерений могут быть показания, поправки и влияющие величины.

Входная величина в модели измерений часто является выходной величиной средства измерений.

Выходная величина в модели измерений – величина, измеренное значение которой получают, используя значения входных величин в модели измерений.

Влияющая величина – величина, которая при прямом измерении не влияет на величину, которую фактически измеряют, но влияет на соотношение между показанием и результатом измерения.

Примеры:

- частота при прямом измерении постоянной амплитуды переменного тока с помощью амперметра;

- молярная концентрация билирубина при прямом измерении молярной концентрации гемоглобина в плазме крови человека;

- температура микрометра, применяемого для измерения длины стержня, но не температура самого стержня, которая может входить в определение измеряемой величины;

- фоновое давление в источнике ионов масс-спектрометра во время измерения молярной доли вещества.

Косвенное измерение включает комбинацию прямых измерений, каждое из которых может находиться под воздействием влияющих величин.

(В GUM [14] понятие влияющая величина охватывает не только величины, влияющие на средство измерений, как в определении, приведенном выше, но также и те величины, которые влияют на фактически измеряемые величины. Кроме того, в GUM [3] это понятие не ограничивается прямыми измерениями.)

Неопределённость измерений – неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации.

Неопределённость измерений включает составляющие, обусловленные систематическими эффектами, в том числе составляющие, связанные с поправками и приписанными значениями эталонов, а также дефиниционную

неопределённость. Иногда поправки на оцененные систематические эффекты не вводят, а вместо этого их рассматривают как составляющие неопределённости измерений.

Целевая неопределённость измерений – верхняя граница неопределённости измерений, заранее установленная, исходя из предполагаемого использования результатов измерений.

Дефинициальная неопределённость – составляющая неопределённости измерений, являющаяся результатом ограниченной детализации в определении измеряемой величины.

Дефинициальная неопределённость есть практический минимум неопределённости измерений при любом измерении данной величины.

Любое изменение детализации в определении величины ведет к другой дефинициальной неопределённости.

Стандартная неопределённость измерений – неопределённость измерений, выраженная в виде стандартного отклонения.

Относительная стандартная неопределённость измерений - стандартная неопределённость измерений, делённая на модуль измеренного значения величины.

Аналогично может быть определена относительная расширенная неопределённость.

Суммарная стандартная неопределённость измерений – стандартная неопределённость измерений, которую получают суммированием отдельных стандартных неопределённостей измерений, связанных с входными величинами в модели измерений.

В случае корреляции входных величин в модели измерений при вычислении суммарной стандартной неопределённости измерений должны также учитываться ковариации.

(Корреляция – соотношение, взаимосвязь; корреляционная зависимость – статистическая взаимосвязь двух или более случайных вели-

чин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми). При этом изменения значений одной или нескольких из этих величин сопутствуют систематическому изменению значений другой или других величин.

Ковариация (корреляционный момент, ковариационный момент) – в теории вероятностей и математической статистике мера линейной зависимости двух случайных величин.

Расширенная неопределённость измерений – произведение суммарной стандартной неопределённости и коэффициента охвата большего, чем число один.

Коэффициент охвата – число, большее, чем один, на которое умножают суммарную стандартную неопределённость измерений для получения расширенной неопределённости измерений.

Коэффициент охвата зависит от вида распределения вероятностей выходной величины в модели измерений и выбранной вероятности охвата.

Коэффициент охвата обычно обозначают k .

Интервал охвата – интервал, основанный на имеющейся информации, который содержит совокупность истинных значений измеряемой величины с заданной вероятностью.

Если результат измерения представлен плотностью распределения вероятностей на множестве возможных значений измеряемой величины, то для любого интервала значений может быть вычислена соответствующая вероятность. Наличие плотности распределения вероятностей позволяет для заданной вероятности определить интервал значений измеряемой величины. Таких интервалов существует множество, обычно подразумевают наикратчайший интервал или интервал, симметричный относительно измеренного значения величины.

Интервал охвата может быть получен из расширенной неопределённости измерений.

(Интервал охвата не следует отождествлять с «доверительным интервалом» во избежание путаницы с этим статистическим понятием.)

Вероятность охвата – вероятность того, что совокупность истинных значений измеряемой величины находится в указанном интервале охвата.

(В GUM [14] для вероятности охвата используется также термин уровень доверия.)

Оценивание неопределённости измерений по типу А – оценивание составляющей неопределённости измерений путем статистического анализа измеренных значений величины, получаемых при определенных условиях измерений.

(О различных типах условий измерений — см. условия повторяемости измерений, условия промежуточной прецизионности измерений и условия воспроизводимости измерений.)

Оценивание неопределённости измерений по типу В – оценивание составляющей неопределённости измерений способами, отличными от оценивания неопределённости измерений по типу А.

Пример: оценивание, основанное на информации:

- о дрейфе;
- полученной из сертификатов калибровки;
- полученной, исходя из пределов, установленных на основе опыта;
- связанной с классом точности поверенного средства измерений;
- связанной со значением аттестованного стандартного образца;
- связанной со значениями величины, взятыми из авторитетных публикаций.

Бюджет неопределённости – отчёт о неопределённости измерений, составляющих неопределённости; об их вычислении и суммировании.

Бюджет неопределённости может включать модель измерений; оценки и неопределённости измерений, связанные с величинами, входящими в модель измерений; ковариации; виды применяемых функций плотности

вероятностей; количество степеней свободы; тип оценивания неопределённости и коэффициент охвата.

Метрологическая совместимость результатов измерений – свойство множества результатов измерений для определенной измеряемой величины, при котором абсолютное значение разности любой пары измеренных значений величины, полученное из двух различных результатов измерений, меньше, чем некоторое выбранное кратное стандартной неопределённости измерений этой разности.

Метрологическая совместимость результатов измерений заменяет традиционное понятие *нахождение в пределах погрешности*, т. к. она дает критерий для заключения, относятся ли два результата измерений к одной и той же измеряемой величине или нет. Если в серии измерений величины, которая предполагается постоянной, результат измерения несовместим с остальными, это означает, что или оценка точности измерения некорректна, или измеряемая величина изменилась за промежуток времени между измерениями.

1.3. Термины и определения измерительной техники

В «Рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения» приведена следующая терминология средств измерительной техники.

Средства измерительной техники – обобщающее понятие, охватывающее технические средства, специально предназначенные для измерений.

К средствам измерительной техники относятся:

- средства измерений,
- эталоны,
- измерительные системы,

- измерительные установки,
- измерительные принадлежности,
- средства сравнения,
- стандартные образцы и др.

Средство измерений (СИ) – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики.

Мера (материальная) – средство измерений, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями.

Например:

- *эталонная гиря;*
- *мера вместимости (которая сохраняет одно или несколько значений величины, со шкалой значений величины или без нее);*
- *эталонный резистор;*
- *линейная шкала (линейка);*
- *концевая мера длины;*
- *меры твёрдости (минералы различной твердости по шкале Мооса);*
- *эталонный генератор сигналов;*
- *аттестованный стандартный образец.*

Материальная мера может быть эталоном.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия.

Например:

- *вольтметр;*
- *микрометр;*
- *термометр;*
- *электронные весы.*

Измерительный прибор, в котором сигнал измерительной информации представлен в визуальной форме, называют *показывающим измерительным прибором*.

Сигнал измерительной информации в измерительном приборе может быть представлен в визуальной, звуковой или другой заданной форме. Он также может быть передан одному или нескольким другим средствам измерений. Измерительный прибор может быть эталоном.

Измерительный преобразователь (ИП) – 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.

Например:

- *термопара;*
- *тензодатчик;*
- *трубка Бурдона;*
- *биметаллическая пластина;*
- *электрод для измерения pH;*
- *трансформатор электрического напряжения.*

Чувствительный элемент (первичный измерительный преобразователь, датчик) – измерительный преобразователь, на который непосредственно воздействует материальный объект или явление, являющееся носителем величины, подлежащей измерению.

Например:

- *чувствительная катушка платинового термометра сопротивления;*
- *биметаллическая пластина;*
- *трубка Бурдона в манометре;*
- *поплавок уровнемера;*
- *ротор турбинного расходомера;*
- *фотоэлемент спектрометра;*

- *термотропный жидкий кристалл, который изменяет цвет в зависимости от температуры.*

Датчик – чувствительный элемент или конструктивно обособленный первичный преобразователь или совокупность первичного и других измерительных преобразователей.

Детектор – техническое средство или вещество, которое указывает на наличие определённого свойства объекта измерения при превышении измеряемой величиной порогового значения.

Например:

- *галогенный течеискатель;*

- *лакмусовая бумага.*

В химии для этого понятия часто используют термин индикатор.

Измерительная установка – совокупность функционально объединённых и расположенных в одном месте мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких величин.

Измерительную установку, применяемую для поверки, называют поверочной установкой. Измерительную установку, входящую в состав эталона, называют эталонной установкой.

Измерительная система (ИС) – совокупность средств измерений и других средств измерительной техники, размещённых в разных точках объекта измерения, функционально объединённых с целью измерений одной или нескольких величин, свойственных этому объекту.

Измерительная система в зависимости от решаемой измерительной задачи может рассматриваться как единое средство измерений.

Например:

- *измерительная система теплоэлектростанции, позволяющая получать измерительную информацию о ряде величин в разных энергоблоках. Она может содержать сотни измерительных каналов.*

- радионавигационная система для определения местоположения различных объектов, состоящая из ряда измерительно-вычислительных комплексов, разнесенных в пространстве на значительное расстояние друг от друга.

Измерительная система выполняет следующие функции:

- получает информацию о состоянии объекта с помощью измерительных преобразований в общем случае множества изменяющихся во времени и распределённых в пространстве величин, характеризующих это состояние;

- осуществляет машинную обработку результатов измерений;

- осуществляет регистрацию и индикацию результатов измерений и результатов их машинной обработки;

- выполняет преобразование этих данных в выходные сигналы системы в разных целях.

Измерительный канал измерительной системы – конструктивно или функционально выделяемая часть измерительной системы, выполняющая законченную функцию от восприятия измеряемой величины до получения результата ее измерения, выражаемого числом или соответствующим ему кодом, или до получения аналогового сигнала, один из параметров которого – функция измеряемой величины.

Измерительные каналы измерительной системы могут быть простыми и сложными. В простом измерительном канале реализуется прямой метод измерений путём последовательных измерительных преобразований. Сложный измерительный канал в первичной части представляет собой совокупность нескольких простых измерительных каналов, сигналы с выхода которых используются для получения результата косвенных, совокупных или совместных измерений или для получения пропорционального ему сигнала во вторичной части сложного измерительного канала измерительной системы.

Измерительно-вычислительный комплекс (комплексный компонент ИС) – конструктивно объединённая или территориально локализованная совокупность компонентов, завершающая измерительные преобразования и выполняющая вычислительные и логические операции, предусмотренные процессом измерений и алгоритмами обработки результатов измерений, а также вырабатывающая выходные сигналы измерительной системы.

Информационно-вычислительный комплекс является составляющей (вторичной) частью измерительной системы и воспринимает сигналы от первичных измерительных преобразователей.

Например:

- контроллеры;
- программно-технические комплексы;
- блоки удалённого ввода-вывода.

Измерительная цепь – последовательность элементов средств измерений, которая образует единый путь сигнала от чувствительного элемента к выходному элементу, формирующему показание.

Например:

- электроакустическая измерительная цепь, содержащая микрофон, аттенюатор, фильтр, усилитель и вольтметр.

Средство сравнения – техническое средство или определённая среда, посредством которых возможно сравнивать друг с другом меры однородных величин или показания измерительных приборов.

Иногда техническое средство снабжается средством измерений, обеспечивающим функцию сравнения.

Например:

- Рычажные весы, на одну чашку которых устанавливается эталонная гиря, а на другую поверяемая — есть средство для их сравнения;

- Жидкость для сравнения показаний ареометров служит необходимой средой для градуировки.

- Температурное поле, создаваемое термостатом для сравнения показаний термометров, является необходимой средой.

- Давление среды, создаваемое компрессором, может быть измерено поверяемым и эталонным манометрами одновременно. На основании показаний эталона градуируется поверяемый прибор.

(В VIM3 [17] используется термин «устройство сравнения» - устройство, которое используется как средство сличения эталонов.)

Компаратор – средство измерений, предназначенное для сличения мер однородных величин, измерительных преобразователей и измерительных приборов.

Например:

- рычажные весы;
- компаратор для сличения нормальных элементов.

Измерительные принадлежности – вспомогательные средства, служащие для обеспечения необходимых условий для выполнения измерений с требуемой точностью.

Измерительные принадлежности предназначены для защиты от воздействия влияющих величин.

Например:

- термостат;
- барокамера;
- тренога для установки прибора по уровню;
- устройства, экранирующие влияние электромагнитных полей;
- специальные противовибрационные фундаменты.

Шкала средства измерений (шкала измерительного прибора) – часть средства измерений, представляющая собой упорядоченный набор меток вместе со значениями соответствующей измеряемой величины.

Начальное значение шкалы – наименьшее значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале средства измерений.

Например:

- для медицинского термометра начальным значением шкалы является 34,3 °С.

Конечное значение шкалы – наибольшее значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале средства измерений.

Например:

- для медицинского термометра конечным значением шкалы является 42 °С.

Цена деления шкалы – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений.

Длина шкалы – длина линии, проходящей через центры всех самых коротких отметок шкалы средства измерений и ограниченной начальной и конечной метками.

Линия на шкале может быть реальной или воображаемой, кривой или прямой.

Длина шкалы выражается в единицах длины независимо от единиц, указанных на шкале.

Основное средство измерений – средство измерений той измеряемой величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей.

Вспомогательное средство измерений – средство измерений той измеряемой величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерения необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности.

Например:

- термометр для измерения температуры газа в процессе измерений объемного расхода этого газа.

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.

Средства измерений одного типа могут иметь различные модификации, например, отличаться по диапазону измерений.

Регулировка средства измерений – совокупность операций, которые применяются к средству измерений для того, чтобы обеспечить требуемые показания, соответствующие заданным значениям величины, подлежащей измерению.

Виды регулировки:

- регулировка нуля средства измерений,
- регулировка смещения;
- регулировка диапазона (иногда называемая регулировкой коэффициента усиления).

Регулировка нуля средства измерений обеспечивает нулевое показание, соответствующее нулевому значению величины, подлежащей измерению.

1.4. Свойства и метрологические характеристики средств измерений

В «Рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения» приведена следующая терминология свойств и метрологических характеристик средств измерений.

Нормальные условия измерений – условия измерений, предписанные для оценивания характеристик средства измерений или измерительной системы или для сравнения результатов измерений.

Нормальные условия измерений характеризуются *нормальной областью значений влияющих величин*. Нормальные условия измерений уста-

навливаются в нормативных документах на средства измерений конкретного типа или при их поверке (калибровке).

Нормальные условия относятся к условиям измерений, при которых установленная инструментальная неопределённость или погрешность будет наименьшей.

(В VIM3 [17] при установлении нормальных условий приводится также область значений измеряемой величины.)

Нормированные (рабочие) условия измерений – условия измерений, которые должны выполняться во время измерения для того, чтобы средство измерений или измерительная система функционировали в соответствии со своим назначением.

Нормированные условия измерений характеризуются *рабочей областью значений влияющих величин*.

Составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие выхода влияющих величин за пределы нормальной области значений называют *дополнительной погрешностью*.

При установлении нормированных условий измерений устанавливается также область значений измеряемой величины.

Условия стабильности измерений – условия измерений, при которых метрологические характеристики, установленные при калибровке средства измерений или измерительной системы, сохраняются в процессе эксплуатации.

В условиях стабильности измерений сохраняется метрологическая исправность средства измерений.

Предельные условия измерений – условия измерений, характеризующиеся экстремальными значениями измеряемой и влияющих величин, которые средство измерений или измерительная система может выдержать без разрушений и ухудшения метрологических характеристик, если они впо-

следствии будут использоваться в своих нормированных условиях измерения.

Нормальное значение влияющей величины – значение влияющей величины, к которому приводятся результаты измерений одной и той же величины, выполненные в разных условиях.

Диапазон (интервал) измерений (рабочий диапазон, измерительный интервал) – множество значений величин одного рода, которые могут быть измерены данным средством измерений или измерительной системой с указанной инструментальной неопределённостью или указанными показателями точности при определённых условиях.

Нижнюю границу диапазона измерений не следует путать с пределом обнаружения.

Предел обнаружения – измеренное значение величины, полученное в соответствии с данной методикой измерений, для которого вероятность ошибочного утверждения об отсутствии компонента в материале равна β , а вероятность ошибочного утверждения о его наличии равна α .

Термин широко применяется в области количественного химического анализа, где часто по умолчанию принимают значения α и β равными 0,05.

Термины чувствительность и порог чувствительности не следует использовать для предела обнаружения.

Чувствительность (реагирование, подвижность, срабатывание) средства измерений – отношение изменения показаний средства измерения к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Различают абсолютную и относительную чувствительность.

Абсолютная чувствительность определяется по формуле $S = \frac{\Delta I}{\Delta x}$,

относительная чувствительность – по формуле $S_0 = \frac{\Delta I}{\Delta x} \cdot \frac{1}{x}$,

где ΔI – изменение показаний,

x — измеряемая величина,

Δx — изменение измеряемой величины.

Порог чувствительности (реагирования, подвижности, срабатывания) средства измерений – наименьшее значение изменения величины, начиная с которого может осуществляться её измерение данным средством измерения (наибольшее изменение значения измеряемой величины, не вызывающее заметного изменения соответствующего показания).

Если самое незначительное изменение массы, которое вызывает перемещение стрелки весов, составляет 10 мг, то порог чувствительности весов равен 10 мг.

Порог чувствительности может зависеть от шума и значения измеряемой величины.

Зона нечувствительности средства измерений (мёртвая зона) – диапазон значений измеряемой величины, в пределах которого её изменения не вызывают значимого изменения показания средства измерений.

Разрешение – наименьшее изменение измеряемой величины, которое является причиной заметного изменения соответствующего показания.

Разрешение может зависеть, например, от шума (собственного или внешнего) или трения. Оно может также зависеть от значения измеряемой величины.

(В РМГ 29—99 использовался термин *разрешение средства измерения* – характеристика средства измерений, выражаемая наименьшим интервалом времени между отдельными импульсами или наименьшим расстоянием между объектами, которые фиксируются прибором отдельно.)

Разрешающая способность измерительного прибора – наименьшая разность между показаниями, которая может быть заметно различима.

Избирательность – свойство средства измерений или измерительной системы (применяемых согласно установленной методике измерений для

получения измеренных значений одной или нескольких измеряемых величин), заключающееся в независимости значений этих измеренных величин друг от друга и от влияющих величин объекта измерения.

Например:

- *Способность измерительной системы для ионизирующего излучения реагировать на данное излучение при измерении в присутствии постороннего излучения.*

- *Способность измерительной системы измерять молярную концентрацию креатинина в плазме крови по методу Яффе без влияния со стороны глюкозы, урата, кетона и белков.*

В химии избирательность измерительной системы обычно получают для величин, соответствующих определенным компонентам объекта измерения, концентрации которых лежат в установленных интервалах.

Стабильность средства измерений – свойство средства измерений, отражающее неизменность во времени его метрологических характеристик.

Стабильность может количественно выражаться разными способами.

Например:

- *Указанием длительности интервала времени, за который метрологическая характеристика изменилась на установленное значение.*

- *Указанием изменения характеристики за установленный интервал времени, что часто называют нестабильностью средства измерений.*

Метрологическая исправность средства измерений – состояние средства измерений, при котором все его нормируемые метрологические характеристики соответствуют установленным требованиям.

Метрологическая надёжность средства измерений – надёжность средства измерений, в части сохранения его метрологической исправности.

Метрологический отказ средства измерений – выход метрологической характеристики средства измерений за установленные пределы.

Например:

- Если погрешность средства измерений класса точности 0,01 стала превышать 0,01 %, то это значит, что произошел метрологический отказ и средство измерений уже не соответствует установленному ранее классу точности. Если не установлены технические неполадки, то средству измерений может быть присвоен другой, более низкий класс точности.

Градуировочная характеристика (ГХ) средства измерений (измерительного преобразователя или прибора) – функциональная зависимость между входной (x) и выходной (y) величинами $y = f(x)$, построенная на основе результатов измерений входных и соответствующих выходных величин в n точках диапазона: $(x_i, y_i), i=1, \dots, n$.

Градуировочная характеристика может быть представлена: таблицей; графиком (построенным со сглаживанием или без сглаживания); формулой (в аналитическом виде).

Различаются индивидуальные градуировочные характеристики, построенные для конкретных экземпляров средств измерений, и типовые градуировочные характеристики, построенные для группы однотипных средств измерений.

Погрешность градуировочной характеристики в некоторой точке определяется как разность между значением градуировочной характеристики в данной точке и истинным значением величины в данной точке.

Номинальное значение величины – округлённое или приближённое значение величины, приписанное средству измерений, которым следует руководствоваться при его применении.

Например:

- резистор с номинальным значением 1 Ом;
- гиря с номинальным значением 1 кг;
- -20 °С как максимальная температура по Цельсию при хранении.

Значение величины, приписанное мере или партии мер при изготовлении называют номинальным значением меры. Часто номинальное значение указывают на мере.

Действительное значение меры – значение величины, приписанное мере на основании её калибровки или поверки.

Например:

- В состав первичного эталона единицы массы входит платиноиридиевая гиря с номинальным значением массы 1 кг, тогда как действительное значение ее массы составляет 1,000000087 кг, полученное в результате международных сличений с международным эталоном килограмма, хранящимся в Международном Бюро Мер и Весов.

- Для номинального диапазона показаний от -10 В до +10 В номинальный размах показаний составит 20 В.

Показание – значение величины, формируемое средством измерений или измерительной системой.

Показание часто представляется в виде позиции указателя на дисплее для аналоговых выходов; в виде отображенного или напечатанного числа для цифровых выходов; в виде кодовой комбинации для кодовых выходных сигналов или в виде приписанного значения величины для материальных мер.

Показание и соответствующее значение измеряемой величины не обязательно являются значениями величин одного рода.

Фоновое показание – показание при условии, что представляющая интерес измеряемая величина не вносит вклад в это показание.

(В РМГ 29—99 использовался термин *смещение нуля* – показание средства измерений, отличное от нуля, при входном сигнале, равном нулю.)

Диапазон (интервал) показаний – область значений шкалы измерительного прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

Номинальный диапазон (интервал) показаний – множество значений измеряемой величины между округлёнными или приближёнными начальным и конечным значениями шкалы, достижимыми при определенной регулировке средства измерений, и используемое для обозначения данной регулировки.

Номинальный размах показаний – абсолютное значение разности между предельными значениями величины номинального диапазона показаний.

Вариация показаний измерительного прибора – разность показаний измерительного прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины.

В высокочувствительных (особенно в электронных) измерительных приборах вариация приобретает иной смысл и может быть раскрыта как колебания его показаний около среднего значения (показание «дышит»).

Вариация, вызванная влияющей величиной, – разность показаний для данного значения измеряемой величины, обусловленная тем, что влияющая величина принимает последовательно два разных значения.

Время отклика (при скачкообразном воздействии) – интервал времени от момента, когда значение величины на входе средства измерений или измерительной системы скачкообразно изменяется до определённого уровня (значения), до момента, когда соответствующее показание средства измерений или измерительной системы достигает установившегося конечного значения и остаётся в заданных пределах.

Инструментальный дрейф – непрерывное или ступенчатое изменение показаний во времени, вызванное изменениями метрологических характеристик средства измерений.

Инструментальный дрейф не связан ни с изменением измеряемой величины, ни с изменением любой выявленной влияющей величины.

Метрологическая характеристика средства измерений (МХ) – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений.

Для каждого типа средств измерений устанавливают свои метрологические характеристики.

Нормируемые метрологические характеристики типа средства измерений (НМХ) – совокупность метрологических характеристик данного типа средств измерений, устанавливаемая нормативными документами на средства измерений.

Точностные характеристики средства измерений – совокупность метрологических характеристик средства измерений, влияющих на точность измерения.

К точностным характеристикам относятся:

- погрешность средства измерений;
- нестабильность;
- смещение нуля и др.

Точность средства измерений – качество средства измерений, отражающее близость к нулю его погрешности.

Чем меньше погрешность, тем более точным является средство измерений.

Класс точности – обобщённая характеристика данного типа средства измерений, отражающая его уровень точности и выражаемая точностными характеристиками средства измерений.

Класс точности даёт возможность судить о значениях инструментальных погрешностей или инструментальных неопределённостей средств измерений данного типа при выполнении измерений.

Класс точности обозначается числом или символом, принятым по соглашению. Класс точности применяется также к материальным мерам.

Погрешность меры – разность между номинальным значением меры и опорным значением воспроизводимой ею величины.

Погрешность средства измерений – разность между показанием средства измерений и известным опорным (действительным) значением измеряемой величины.

Предел допускаемой погрешности средства измерений – наибольшее значение погрешности средства измерений (без учёта знака), устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно ещё признаётся метрологически исправным.

Обычно устанавливают пределы допускаемой погрешности, то есть нижнюю и верхнюю границы интервала, за которые не должна выходить погрешность.

Случайная погрешность средства измерений – составляющая погрешности средства измерений, изменяющаяся случайным образом.

Систематическая погрешность средства измерений – составляющая погрешности средства измерений, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся.

Систематическая погрешность одного экземпляра средства измерений, как правило, будет отличаться от систематической погрешности другого экземпляра средства измерений этого же типа, поэтому для группы однотипных средств измерений систематическая погрешность может иногда рассматриваться как случайная погрешность.

Абсолютная погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к опорному значению измеряемой величины.

Приведённая погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к нормирующему значению измеряемой величины.

Часто за нормирующее значение принимают максимальное значение диапазона измерений или разность между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений.

Приведённая погрешность обычно выражается в процентах.

Основная погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях.

Дополнительная погрешность средства измерений – составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального её значения или вследствие её выхода за пределы нормальной области значений.

Статическая погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, применяемого для измерения постоянной величины.

Динамическая погрешность средства измерений – разность между погрешностью средства измерений в динамическом режиме и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени.

Погрешность в контрольной точке – погрешность средства измерений или измерительной системы для заданного значения измеряемой величины.

Погрешность нуля – погрешность средства измерений в контрольной точке, когда заданное значение измеряемой величины равно нулю.

Неопределённость измерений нуля – неопределённость измерений, когда заданное значение измеряемой величины равно нулю.

Неопределённость измерений нуля связывается с нулевым показанием или с показанием, близким к нулю, и охватывает интервал, для которого

неизвестно, является ли измеряемая величина слишком малой, чтобы быть обнаруженной, или показание средства измерений вызвано только шумом.

Понятие «неопределённость измерений нуля» также применяется, когда при измерении получено различие для образца и фона.

Инструментальная неопределённость – составляющая неопределённости измерений, обусловленная применяемым средством измерений или измерительной системой.

Инструментальную неопределённость, как правило, определяют при калибровке средства измерений или измерительной системы, за исключением первичного эталона, когда для этого используют иные подходы.

Инструментальную неопределённость используют при оценивании неопределённости измерений по типу В. Информация, касающаяся инструментальной неопределённости, может быть приведена в спецификации средства измерений.

Инструментальное смещение – разность между средним арифметическим повторных показаний и опорным значением величины.

1.5. Терминология воспроизведения, передачи и хранения единиц величин

В «Рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения» приведены следующая терминология воспроизведения, передачи и хранения единиц величин.

Для воспроизведения и хранения единицы величины, а также для передачи её размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, применяются средства измерений (или комплексы средств измерений) утверждённые в установленном порядке в качестве эталона.

Воспроизведение единицы величины – совокупность операций по материализации единицы величины с помощью первичного эталона.

VIM3 [17] рассматривает три процедуры воспроизведения единицы величины. Первая состоит в физической реализации единицы измерения в соответствии с ее определением (воспроизведение в буквальном смысле). Вторая процедура состоит в использовании высокостабильного эталона, основанного на физическом явлении, как, например, в случае использования стабилизированных по частоте лазеров при воспроизведении метра, эффекта Джозефсона для вольта, квантового эффекта Холла для ома. Третья процедура состоит в принятии материальной меры в качестве эталона. Это имеет место, например, в случае эталона 1 кг.

Воспроизведение основной единицы – воспроизведение единицы путем создания фиксированной по размеру величины в соответствии с определением единицы.

Воспроизведение производной единицы – воспроизведение единицы величины в соответствии с уравнением связи между данной производной единицей и основными единицами.

Передача единицы величины – приведение размера величины, хранимой средством измерений, к единице величины, воспроизводимой или хранимой эталоном данной единицы величины или стандартным образцом.

Передача шкалы измерений величины – совокупность операций, имеющих целью воссоздание шкалы измерений (или её участка) в соответствии с ее спецификацией.

Хранение единицы – совокупность операций, обеспечивающих неизменность во времени размера единицы, воспроизводимой, хранимой и передаваемой данным эталоном.

Хранение единицы осуществляется при соблюдении обязательных технических требований и требований к содержанию и применению эталона.

Хранение (содержание) эталона – совокупность операций, необходимых для обеспечения выполнения обязательных метрологических и тех-

нических требований к эталонам, а также требований к их содержанию и применению.

Хранение эталона включает его регулярные исследования, в том числе сличения с национальными эталонами других стран, калибровку или поверку с целью подтверждения выполнения обязательных требований к метрологическим характеристикам и совершенствования методов передачи единицы или шкалы измерений.

Для руководства работами по содержанию эталонов устанавливается специальная категория должностных лиц – *учёных хранителей государственных эталонов*, назначаемых из числа ведущих в данной области специалистов-метрологов.

Эталон единицы величины или шкалы измерений – средство измерительной техники, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины или шкалы измерений.

Метрологические характеристики эталона аналогичны метрологическим характеристикам средств измерений (например, характеристики точности и стабильности).

(В VIM3 используется термин *эталон* – реализация определения данной величины с установленным значением величины и связанной с ним неопределенностью измерений, используемая в качестве основы для сравнения. Реализация определения данной величины может обеспечиваться средством измерения, материальной мерой или стандартным образцом.)

Естественный эталон – эталон, основанный на присущих и воспроизводимых свойствах материального объекта или явления.

Например:

- *Ячейка тройной точки воды как естественный эталон термодинамической температуры.*

- *Естественный эталон разности электрических потенциалов, основанный на эффекте Джозефсона.*

- *Естественный эталон электрического сопротивления, основанный на квантовом эффекте Холла.*

- *Образец меди как естественный эталон электропроводности.*

Значение величины естественного эталона приписывается по соглашению и не требует установления связи с другими эталонами того же вида. Показатели точности определяются с учетом двух составляющих: первая связана с согласованным значением величины, вторая связана с конструкцией, исполнением и хранением эталона.

Естественные эталоны, основанные на квантовых явлениях, обычно имеют наивысшую стабильность.

Прилагательное «естественный» не означает, что такой эталон может быть создан и использован без специального обслуживания или что такой эталон невосприимчив к внутренним и внешним влияниям.

Первичный эталон – эталон, основанный на использовании первичной референтной методики измерений или созданный как артефакт, выбранный по соглашению.

Первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы или шкалы измерений с наивысшей точностью.

Метрологические свойства первичных эталонов единиц величин устанавливаются независимо от других эталонов единиц этих же величин.

Для первичного эталона, воспроизводящего единицу в специфических условиях (высокие и сверхвысокие частоты, малые и большие энергии, давления, температуры, особые состояния вещества и т.п.), используют термин *первичный специальный эталон*.

Вторичный эталон – эталон, получающий единицу величины или шкалу измерений непосредственно от первичного эталона данной единицы или шкалы.

Рабочий эталон – эталон, предназначенный для передачи единицы величины или шкалы измерений средствами измерений.

При необходимости рабочие эталоны подразделяют на разряды (1-й, 2-й, ..., *n*-й). В этом случае передачу единицы осуществляют через цепочку соподчиненных по разрядам рабочих эталонов. При этом от последнего рабочего эталона в этой цепочке единицу передают средству измерений.

Эталон сравнения – эталон, применяемый для сличений эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

Исходный эталон – эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами (в стране или группе стран, в регионе, министерстве (ведомстве), организации, предприятии или лаборатории), передающий единицу величины или шкалу измерений подчиненным эталонам и имеющимся средствам измерений.

Эталоны, стоящие в поверочной схеме (калибровочной иерархии) ниже исходного эталона, обычно называют *подчиненными эталонами*.

Национальный эталон – эталон, признанный национальными органами власти для использования в государстве или экономике в качестве исходного для страны.

В некоторых странах СНГ в качестве национального эталона используют вторичный или рабочий эталон.

Международный эталон – эталон, который признан всеми государствами, подписавшими международное соглашение, и предназначен для всего мира.

Транспортируемый эталон – эталон (иногда специальной конструкции), предназначенный для его транспортирования к местам поверки (калибровки) средств измерений или сличений эталонов.

Калибратор – эталон, используемый при калибровке или поверке.

Термин калибратор используется только в определённых областях.

Стандартный образец (СО) – материал, достаточно однородный и стабильный в отношении определенных свойств для того, чтобы использовать его при измерении или при оценивании качественных свойств в соответствии с предполагаемым назначением.

Оценивание качественного свойства дает значение этого качественного свойства и соответствующую неопределённость. Эта неопределённость не является неопределённостью измерений.

Стандартные образцы с приписанными значениями величины или без них могут использоваться для контроля прецизионности измерений, тогда как для калибровки или контроля правильности измерений могут использоваться только стандартные образцы с приписанными значениями величины.

Некоторые стандартные образцы могут иметь приписанные значения величины, которые являются метрологически прослеживаемыми к внесистемной единице измерения. К таким образцам относятся вакцины, которым Всемирной организацией здравоохранения приписываются Международные Единицы (МЕ).

Один и тот же стандартный образец не может использоваться и для калибровки, и для контроля точности результатов измерений применительно к одной и той же измерительной системе.

Аттестованный (сертифицированный) стандартный образец (АСО, ССО) – стандартный образец с сопроводительной документацией, выданной авторитетным органом, в которой указано одно или более значений определённого свойства с соответствующими показателями точности (неопределённостями) измерений и прослеживаемостью, которые установлены с использованием обоснованных процедур.

Например:

Сыворотка крови человека с приписанным значением величины для концентрации холестерина и соответствующей неопределённостью из-

мерений, указанными в сопроводительном сертификате, которая используется как калибратор или образец для контроля правильности измерений.

(В этом определении понятие «неопределённость» охватывает и «неопределённость измерений», и «неопределённость, связанную со значением качественного свойства», такую как неопределённость для идентичности и последовательности. Понятие «прослеживаемость» охватывает и «метрологическую прослеживаемость значения величины» и «прослеживаемость значения качественного свойства».)

Коммутативность стандартного образца – свойство стандартного образца, характеризующееся близостью соотношения между результатами измерений определенной величины для этого образца, полученными по двум данным методикам измерений, к такому же соотношению результатов, полученных для других определенных образцов.

Стандартный образец, о котором идет речь, обычно является калибратором, а другие образцы – рутинными пробами.

Стабильность коммутативных стандартных образцов следует регулярно контролировать.

Методики измерений, упомянутые в определении, являются предшествующей и последующей методиками для стандартного образца (калибратора) в калибровочной иерархии (см. ГОСТ ISO 17511-2011 Измерение величин в биологических пробах).

Справочные данные – данные, относящиеся к свойству материального объекта или явления или к системе компонентов известного состава или структуры, полученные из идентифицированного источника, критически оценённые и обоснованные по точности.

Например:

Справочные данные по растворимости химических соединений, публикуемые IUPAC.

В этом определении понятие «точность» охватывает, например, точность измерений и точность значения качественного свойства.

Стандартные справочные данные – справочные данные, опубликованные признанной авторитетной организацией.

Примеры:

- Значения фундаментальных физических констант, которые регулярно оцениваются и публикуются ICSU CODATA.

- Значения относительных атомных масс (называемые также значениями атомных весов) элементов, которые оцениваются каждые два года IUPAC-CIAAW на Генеральной ассамблее IUPAC и публикуются в *Pure Appl. Chem.* или в *J. Phys. Chem. Ref. Data.*

1.6. Терминология метрологической прослеживаемости

В «Рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения» приведены следующая терминология метрологической прослеживаемости.

Единство измерений (ЕИ) – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин или в значениях по установленным шкалам измерений, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

Метрологическая прослеживаемость – свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть соотнесён с основой для сравнения через документированную непрерывную цепь калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределённость измерений.

В этом определении «основой для сравнения» может быть определение единицы измерения через её практическую реализацию или методика измерений, или эталон.

Описание основы для сравнения должно включать время, в которое она была использована в данной калибровочной иерархии, вместе с любой другой существенной метрологической информацией, например о том, когда была выполнена первая калибровка в калибровочной иерархии.

Метрологическая прослеживаемость требует наличия установленной калибровочной иерархии и/или поверочной схемы.

Для измерений с более чем одной входной величиной в модели измерений каждое из значений входных величин должно само быть метрологически прослеживаемо, а калибровочная иерархия может иметь форму разветвленной структуры или сети. Усилия, связанные с установлением метрологической прослеживаемости для каждого значения входной величины, должны быть соизмеримы с её относительным вкладом в результат измерения.

Метрологическая прослеживаемость результата измерения не гарантирует, что показатель точности (неопределённость) измерений соответствует заданной цели или что отсутствуют ошибки.

Сличение между двумя эталонами может рассматриваться как калибровка, если это сличение используется для проверки и, при необходимости, для корректировки значения величины, показателей точности (неопределённости) измерений, приписываемых одному из эталонов.

Для подтверждения метрологической прослеживаемости ILAC (the International Laboratory Accreditation Cooperation – Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий) рассматривает следующие элементы: непрерывная цепь метрологической прослеживаемости к международным эталонам или национальным эталонам, документированная неопределённость измерений, документированная методика измерений, аккредитация на техническую компетентность, метрологическая прослеживаемость к СИ и интервалы между калибровками.

Сокращенный термин «прослеживаемость» иногда используют для обозначения метрологической прослеживаемости, а также и для других понятий, таких как *прослеживаемость пробы*, *прослеживаемость документа*, *прослеживаемость прибора* или *прослеживаемость материала*, где частью слова является корень «слеж» от слова «след». Вследствие этого предпочтительнее использовать полный термин «метрологическая прослеживаемость», если существует какой-либо риск путаницы.

Метрологическая прослеживаемость к единице измерения – метрологическая прослеживаемость, когда основой для сравнения является определение единицы измерения через её практическую реализацию.

Выражение «прослеживаемость к СИ» означает «метрологическую прослеживаемость к единице измерения Международной системы единиц».

Метрологическая сопоставимость результатов измерений – сопоставимость результатов измерений для величин данного рода, которые метрологически прослеживаются к одной и той же основе для сравнения.

Пример:

Результаты измерений расстояний от Земли до Луны и от Парижа до Лондона метрологически сопоставимы, если они оба метрологически прослеживаются к одной и той же единице измерения, например метру.

В этом определении «основой для сравнения» может быть определение единицы измерения через её практическую реализацию или методика измерений, или эталон.

Метрологическая сопоставимость результатов измерений не требует, чтобы сравниваемые измеренные значения величины и соответствующие неопределённости (погрешности) измерений были одного порядка.

Сличение эталонов – установление соотношения между результатами измерений при воспроизведении и передаче единицы измерения или шкалы измерений данными эталонами одного уровня точности.

Поверка средств измерений – установление официально уполномоченным органом пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

(В VIM3 [17] используется термин *верификация* – предоставление объективных свидетельств того, что данный объект полностью удовлетворяет установленным требованиям.

Объектом верификации может быть, например, процесс, методика измерений, материал, вещество или средство измерения.

Термины «поверка средства измерения» и «верификация», применительно к средству измерения, являются синонимами.)

Калибровка средств измерений – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений.

Примером метрологической характеристики является диаграмма калибровки, несущая информацию об инструментальной неопределенности измерений. При калибровке могут быть определены и другие метрологические характеристики средств измерений.

Результаты калибровки позволяют определить значения измеряемой величины по показаниям средства измерений или определить поправки к его показаниям, или оценить погрешность этого средства.

В VIM3 [17] термин *калибровка* определен как операция, в ходе которой при заданных условиях на первом этапе устанавливают соотношение между значениями величин с неопределённостями измерений, которые обеспечивают эталоны, и соответствующими показаниями с присущими им неопределённостями, а на втором этапе на основе этой информации

устанавливают соотношение, позволяющее получать результат измерения, исходя из показания.

Диаграмма калибровки – графическое выражение соотношения между показанием и соответствующим результатом измерения.

Диаграмма калибровки является полосой на схеме, определяемой осью показаний и осью результатов измерений, и представляет соотношение между показанием и набором измеренных значений величины. Она соответствует отношению «один – множество», а ширина полосы для данного показания даёт инструментальную неопределённость.

Альтернативные представления этого соотношения включает калибровочную кривую и связанную с ней неопределённость измерений, представляемую в виде таблицы или функции.

Калибровочная кривая (функция) – выражение соотношения между показанием и соответствующим измеренным значением величины.

Калибровочная кривая выражает взаимно однозначное соотношение, недостаточное для представления результата измерения, так как калибровочная кривая не несет информации о показателях точности ее определения.

Калибровочная иерархия – последовательность калибровок, начиная от основы для сравнения и кончая средством измерения, причем в этой последовательности результат каждой калибровки зависит от результата предыдущей калибровки.

Неопределённость измерений неизбежно возрастает с увеличением количества калибровок при передаче единицы величины.

Элементами калибровочной иерархии являются один или более эталонов и средств измерений.

Для этого определения «основой для сравнения» может быть определение единицы измерения через её практическую реализацию или методика измерений, или эталон.

Погрешность воспроизведения единицы величины – разность между значением величины, воспроизводимым эталоном и опорным (действительным) значением величины, деленная на опорное (действительное) значение.

Теоретическое понятие «погрешность воспроизведения единицы величины» для нормирования точности эталонов не применяется. Принято для эталонов устанавливать показатели точности воспроизводимых ими одной или ряда величин, возможно, отличных от единицы.

Погрешность передачи единицы величины – погрешность измерений при передаче единицы величины, включающая погрешности метода передачи единицы величины и эталона, от которого осуществляется передача, а также случайные погрешности эталона (средства измерений), которому осуществляется передача единицы величины.

Погрешность метода передачи единицы величины (погрешность метода поверки; погрешность метода калибровки) – составляющая погрешности измерений при передаче единицы величины, обусловленная несовершенством применяемого метода поверки или калибровки.

Цепь метрологической прослеживаемости – последовательность эталонов и калибровок (поверок), которые используются для соотнесения результата измерения с основой для сравнения.

Цепь метрологической прослеживаемости определяется через калибровочную иерархию или поверочную схему и используется для установления метрологической прослеживаемости результата измерения.

Поверочная схема – иерархическая структура, устанавливающая соподчинение эталонов, участвующих в передаче единицы или шкалы измерений от исходного эталона средствам измерений (с указанием методов и погрешностей при передаче), утверждаемая в установленном порядке в виде нормативного документа.

Поверочная схема может быть использована для установления метрологической прослеживаемости результатов измерений.

Локальная поверочная схема – поверочная схема, распространяющаяся на эталоны и средства измерений данной величины, применяемые в регионе, отрасли, ведомстве или на отдельном предприятии (в организации) и утверждаемая в качестве нормативного документа организацией (учреждением, подразделением – для отдельного предприятия), отвечающей за обеспечение единства измерений.

Аттестация методик измерений – исследование и подтверждение соответствия методик измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.

(В VIM3 [17] используется термин *валидация* – верификация, при которой установленные требования связаны с предполагаемым использованием.)

Валидации подвергаются методики измерений при необходимости проверки установленных к ним требований в соответствии с предполагаемым их использованием.)

Первичная поверка средств измерений – поверка, выполняемая при выпуске средства измерений из производства или после ремонта, а также при ввозе средства измерений из-за границы.

Периодическая поверка средств измерений – поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, выполняемая через установленные интервалы времени между поверками (межповерочные интервалы).

Межповерочные интервалы устанавливаются нормативными документами по поверке в зависимости от стабильности того или иного средства измерений и могут устанавливаться от нескольких месяцев до нескольких лет.

Внеочередная поверка средств измерений – поверка средства измерений, проводимая до наступления срока его очередной периодической поверки.

Необходимость внеочередной поверки может возникнуть вследствие разных причин: при ухудшении метрологических свойств средства измерений или при подозрении в этом; при нарушении условий эксплуатации; при нарушении поверительного клейма и др.

Инспекционная поверка средств измерений – поверка, проводимая официально уполномоченным органом при проведении государственного метрологического надзора (контроля) за состоянием и применением средств измерений.

Комплектная поверка средств измерений – поверка, при которой определяют метрологические характеристики средства измерений, присущие ему как единому целому.

Поэлементная поверка средств измерений – поверка, при которой значения метрологических характеристик средств измерений устанавливаются по метрологическим характеристикам его элементов или частей.

Поэлементную поверку обычно проводят для средств измерений, измерительных систем или измерительных установок, когда неосуществима комплектная поверка.

Выборочная поверка средств измерений – поверка группы средств измерений, отобранных из партии случайным образом, по результатам которой судят о пригодности всей партии.

Метрологическая экспертиза документации (конструкторская МЭ; технологическая МЭ) – анализ и оценивание экспертами-метрологами правильности применения метрологических требований, правил и норм, в первую очередь связанных с единством измерений.

ГЛАВА 2. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1. Назначение и принципы организации Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации

Технической базой построения систем управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности является Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП). Целью её создания являлось обеспечение производственных предприятий техническими средствами систем контроля, регулирования и управления.

В 50-е годы XX века в организациях и на предприятиях разрабатывалось множество различных приборов для измерения и контроля со сходными техническими характеристиками, однако при этом не учитывалась возможность совместной работы приборов разных производителей. Эта ситуация приводила к увеличению стоимости разработок сложных систем на базе выпускаемых технических средств и замедляло внедрение средств автоматизации. Для устранения такого положения дел в 1960 году было принято решение о создании Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации, а в 1961 году были начаты работы по реализации этого решения.

В настоящее время ГСП представляет собой информационно, эксплуатационно, энергетически, метрологически и конструктивно организованную совокупность изделий, предназначенных для использования в качестве средств информационно-измерительных систем, а также в качестве средств автоматических и автоматизированных систем контроля, регулирования и управления технологическими процессами.

В основу создания и совершенствования ГСП положены следующие системотехнические принципы:

- типизация функций автоматического контроля, регулирования и управления;
- минимизация номенклатуры технических средств;
- построение технических устройств на основе типовых унифицированных блоков и модулей;
- агрегатное построение систем управления на базе унифицированных приборов и устройств;
- совместимость приборов и устройств.

Минимизация номенклатуры средств контроля и управления осуществляется на основе следующих двух идей:

- унификации устройств одного функционального назначения на базе параметрического ряда этих изделий;
- агрегатирования комплекса технических средств для решения крупных функциональных задач.

Минимизация номенклатуры начинается с отбора основных параметров, выделения из них главного параметра и установления минимального необходимого количества устройств для перекрытия всего диапазона изменения главного параметра. При этом переход от диапазона использования одного устройства к диапазону использования другого подчиняется определённым закономерностям. Обычно используется геометрическая прогрессия, основанная на ряде предпочтительных чисел. Вся совокупность изделий одинакового функционального назначения называется **параметрическим рядом**.

В настоящее время разработаны и используются параметрические ряды датчиков расхода, давления, уровня и электроизмерительных приборов. В то же время осуществляется их оптимизация по технико-экономическим показателям, в частности по критерию минимума суммарных затрат на удовлетворение заданных потребностей. Этот критерий основан на противоречии между интересами изготовителя и потребителей: чем меньше

приборов входит в параметрический ряд, тем меньше затраты на разработку, освоение и тем большими партиями они выпускаются, что также уменьшает затраты производителя. Увеличение количества приборов в параметрическом ряду создаёт для потребителя экономию средств за счёт более эффективного использования возможностей устройств или за счёт более точного выдерживания режима технологического процесса.

Агрегатные комплексы (АК) представляют собой совокупность, организованных в виде функционально-параметрических рядов, технических средств, которые охватывают все требуемые диапазоны измерения в различных условиях эксплуатации и обеспечивают выполнение всех функций в пределах заданного класса задач.

Реализация принципа агрегатирования на этапах создания сложных управляющих систем на базе унифицированных блоков и устройств позволяет значительно упростить и ускорить процесс разработки автоматизированных систем управления и создаёт предпосылки для автоматизации их проектирования. Существенным достоинством агрегатного построения технических средств является возможность усовершенствования изделий без их полного обновления.

В ГСП принцип агрегатирования используется очень широко. Унифицированная базовая конструкция датчиков теплоэнергетических величин с унифицированными пневматическими и электрическими сигналами создана всего из 600 наименований деталей, которые позволили создать 136 типов и 863 модификации датчиков.

На более высоких уровнях проектирования изделий ГСП в качестве конструктивной базы применяется комплекс унифицированных типов модульных конструкций (УТК). Все детали и узлы этого комплекса подразделяются на четыре категории изделий таким образом, что элементы изделий низшего порядка могут быть преобразованы в элементы изделий высшего порядка.

Совместимость приборов и устройств может быть информационной, конструктивной, эксплуатационной, метрологической.

Информационная совместимость – унификация сигналов связи, используемых для обмена информацией между изделиями ГСП в системах управления.

Согласованность сигналов связи по видам энергии, по информативным параметрам, по уровням, по пространственно-временным соотношениям, по логическим соотношениям обеспечивается совокупностью стандартизированных характеристик. Для всех изделий ГСП приняты унифицированные сигналы связи и единые интерфейсы, то есть совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих взаимодействие устройств в системе.

Конструктивная совместимость – унификация конструкций средств измерений.

При наличии конструктивной совместимости обеспечивается согласованность конструктивных параметров и механическое сопряжение технических средств, а также соблюдение норм эргономики и эстетических требований при совместном использовании.

Эксплуатационная совместимость – унификация эксплуатационных требований к средствам измерений.

Эксплуатационной совместимостью является совокупность свойств, обеспечивающих работоспособность и надёжность функционирования технических средств при совместном использовании в производственных условиях, а также удобство обслуживания, настройки и ремонта.

Метрологическая совместимость – унификация метрологических характеристик средств измерений (обеспечение единства измерений).

При наличии метрологической совместимости метрологические характеристики и свойства средств измерений, обеспечивают сопоставимость результатов измерений и возможность расчёта погрешности результатов

измерений в процессе функционирования технических средств в составе систем автоматизации.

2.2. Основные понятия Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации

Тип изделия – это совокупность изделий одинакового функционального назначения и принципа действия, сходных по конструктивному исполнению и имеющих одинаковые главные параметры.

В состав типа изделия может входить несколько типоразмеров и модификаций или исполнения изделия.

Типоразмеры одного типа изделий отличаются значениями главного параметра и выделяются обычно в однофункциональных изделиях.

Модификация – совокупность изделий одного типа, имеющих определённые конструктивные особенности или определённое значение неглавного параметра.

Исполнение – изделия одного типа, имеющие определённые конструктивные особенности, влияющие на их эксплуатационные характеристики (например, морское или тропическое исполнение).

Комплекс является более крупной классификационной группировкой чем тип. Комплексы могут быть унифицированными и агрегатными.

Унифицированный комплекс – такой комплекс, в котором любые сочетания технических средств комплекса между собой не приводят к реализации этими средствами новых функций.

Агрегатный комплекс – комплекс, в котором различным сочетанием технических средств можно реализовать новые функции.

В настоящее время промышленностью выпускается около 30 агрегатных комплексов, предназначенных для получения информации, её обработки, хранения и передачи; для управления технологическими процессами и объектами и для их исследования. Широко используется агрегатный

комплекс средств сбора первичной информации (АСПИ), агрегатный комплекс средств вычислительной техники (АСВТ), агрегатный комплекс средств электроизмерительной техники (АСЭТ), агрегатный комплекс средств телемеханики (АСТТ).

2.3. Классификация изделий Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации

ГСП представляет собой большой, сложный и непрерывно развивающийся комплекс приборов и устройств, серийно выпускаемых промышленностью и предназначенных для автоматизации контроля и управления различными технологическими процессами и оборудованием.

2.3.1. Классификация изделий ГСП по функциональному назначению

1) Устройства получения информации о состоянии объекта или процесса.

К этим устройствам относятся первичные преобразователи (датчики); нормирующие преобразователи, формирующие унифицированный сигнал связи; измерительные приборы, обеспечивающие представление измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия информации наблюдателем; устройства алфавитно-цифровой информации, вводимой оператором вручную.

2) Устройства приёма, преобразования и передачи информации по каналам связи.

К ним относятся коммутаторы измерительных цепей; преобразователи сигналов и кодов; шифраторы и дешифраторы; согласующие устройства, средства телесигнализации, телеизмерения и телеуправления. Эти устройства используются для преобразования как измерительных, так и управляющих сигналов

3) Устройства хранения и обработки информации, формирования команд управления.

Эту группу устройств составляют анализаторы сигналов; функциональные и операционные преобразователи; логические устройства; устройства памяти; **задатчики**; регуляторы; управляющие вычислительные устройства (контроллеры) и комплексы.

4) Устройства исполнения командной информации.

В эту группу входят исполнительные устройства, предназначенные для воздействия на технологический процесс. К ним относятся электрические, пневматические, гидравлические, комбинированные исполнительные механизмы; усилители мощности; вспомогательные устройства к ним.

2.3.2. Классификация устройств ГСП по роду энергии, используемой в качестве носителя информации при передаче сигналов

1) Электрические устройства.

Достоинствами электрических приборов являются:

- высокое быстродействие;
- высокая точность;
- способность передачи информации на большие расстояния,
- большая «ёмкость» каналов передачи информации.

2) Пневматические устройства.

Достоинствами пневматических приборов являются:

- повышенная безопасность при применении в пожаро- и взрывоопасных производствах;
- высокая надёжность при работе в тяжёлых условиях, в агрессивной атмосфере, при наличии высоких электромагнитных и радиационных полей.

Пневматические приборы уступают электронным по быстродействию и возможности передачи сигналов на большие расстояния.

3) Гидравлические устройства.

Достоинства гидравлических устройств:

- обеспечивают большие перестановочные усилия;
- позволяют получать очень точные перемещения исполнительных механизмов.

4) Устройства прямого действия.

Устройства прямого действия функционируют без использования вспомогательной энергии.

Для обеспечения совместной работы устройств различных групп применяются соответствующие преобразователи сигналов. В автоматизированных системах управления наиболее эффективным является комбинированное применение устройств различных групп.

2.3.3. Классификация устройств ГСП по функционально-целевому признаку

По функционально-целевому признаку ГСП представляет собой четырёхуровневую иерархическую структуру.

1 уровень (самый нижний):

- средства получения информации о ходе технологического процесса (датчики, преобразователи, измерительные приборы);
- средства автоматизации, осуществляющие непосредственное воздействие на объект управления (исполнительные устройства).

2 уровень:

- средства локального контроля и регулирования (отдельные регуляторы простых объектов; автономные системы контроля и регулирования отдельных параметров сложных объектов).

Эти средства автоматизации выпускаются в составе параметрических рядов и унифицированных комплексов, создаваемых на основе одной или нескольких базовых моделей.

3 уровень:

- устройства централизованного контроля и регулирования (контроллеры).

Позволяют реализовать связанное регулирование, косвенные измерения, многоступенчатые защиты и логические операции при пуске и остановке объекта. Эти устройства предназначены для построения АСУТП, имеющих несколько сотен контролируемых и регулируемых параметров.

4 уровень (верхний):

- средства автоматизации, предназначенные для работы в составе управляющих вычислительных комплексов со сложными алгоритмами управления, в том числе для решения оптимизационных и диспетчерских задач.

2.4. Информационные связи в Государственной системе промышленных приборов и средств автоматизации

Обмен информацией между техническими средствами осуществляется с помощью сигналов связи и интерфейсов. Аналоговые (непрерывные) сигналы применяются на нижних уровнях автоматизированных систем контроля и управления с целью получения измерительной информации и изменения положения исполнительных устройств. На более высоких уровнях управляющих систем используются цифровые (дискретные) сигналы, обеспечивающие более надёжную обработку. Для преобразования аналогового сигнала в цифровой применяются аналого-цифровые преобразователи (АЦП), осуществляющие квантование по уровню и дискретизацию по времени аналоговых сигналов.

В автоматизированных системах управления широко распространены *электрические сигналы связи*, достоинствами которых являются:

- высокая скорость передачи сигнала,
- низкая стоимость и доступность источников энергии,

- простота прокладки линий связи.

Линии связи систем управления с пневматическими сигналами используются чаще всего в химической, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей промышленности, в производствах с высокой запылённостью и присутствием высоких электромагнитных и радиационных полей, то есть в тех условиях, в которых необходимо обеспечить пожаро- и взрывобезопасность и где не требуется очень высокое быстродействие. Дальность связи пневматических линий не превышает 300 метров. На более длинных пневмолиниях связи могут значительно увеличиваться задержка и затухание сигнала.

Гидравлические линии связи применяются в гидравлических следящих системах и устройствах управления гидравлическими исполнительными механизмами.

Информационные сигналы могут быть представлены в естественном или унифицированном виде.

Естественным информационным сигналом называется сигнал первичного измерительного преобразователя (датчика), вид и диапазон изменения которого определяются физическими свойствами самого преобразователя и диапазоном изменения измеряемой величины. Обычно это электрические сигналы, которые можно передать без искажений на небольшое расстояние (до нескольких метров).

В системах управления, построенных на базе микропроцессорных устройств и вычислительных средств, обмен информацией между средствами автоматизации верхнего уровня осуществляется с помощью интерфейсов.

Интерфейс (сопряжение ввода-вывода) – совокупность аппаратных и программных средств, предназначенных для сбора, обработки и использования информации.

Интерфейс состоит из аппаратной и программной частей. Аппаратная часть (интерфейсные карты, платы) позволяет осуществлять информационный обмен адресными, управляющими, известительными и другими сигналами между функциональными модулями. Программная (информационная) часть определяет протокол (порядок) обмена сигналами и информацией (алгоритмы, временные диаграммы). Интерфейс определяет скорость сбора информации, загрузку памяти контроллера и ЭВМ. Наиболее распространёнными интерфейсами в ГСП являются «Общая шина» (ОШ), 2К и «Единый интерфейс» (ЕИ).

2.5. Группы контролируемых величин

Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации охватывает лишь часть контролируемых величин, наиболее часто используемых в технологических процессах. Все контролируемые величины в ГСП разделены на следующие группы:

1) *механические величины* (линейные и угловые перемещения; угловая скорость; усилия, вращающие моменты, деформация, вибрация, масса, шум, твёрдость материалов, количество изделий);

2) *электроэнергетические величины* (постоянные и переменные ток и напряжение; мощность (активная и реактивная); коэффициент мощности; частота тока и напряжения; сопротивление изоляции);

3) *теплоэнергетические величины* (температура; давление; перепад давлений; расход газов и жидкостей; уровень жидкостей и сыпучих материалов);

4) *величины, характеризующие физические свойства веществ* (электропроводность; освещённость; вязкость; плотность; влажность);

5) *величины, характеризующие химические свойства веществ* (концентрация жидкостей; состав газовых и жидких смесей; рН).

2.6. Унифицированные сигналы в ГСП

Для обеспечения информационного сопряжения в ГСП используются унифицированные сигналы измерительной и командной информации.

Унифицированный информационный сигнал ГСП – сигнал дистанционной передачи информации с унифицированными параметрами.

Параметры унифицированного сигнала не зависят от вида измеряемой величины, метода измерения и диапазона изменения измеряемой величины. Обычно унифицированный сигнал получается из естественного сигнала первичного преобразователя в результате преобразования с помощью внешних или встроенных нормирующих преобразователей.

Унифицированные сигналы могут быть аналоговыми и дискретными. Для средств измерения и автоматизации определены аналоговые унифицированные сигналы тока, напряжения, частоты, взаимной индуктивности, давления воздуха и жидкости, а также дискретные сигналы напряжений, токов, давлений.

В ГСП применяются унифицированные входные и выходные сигналы семи групп:

- сигналы тока и напряжения электрические непрерывные;
- сигналы частотные электрические непрерывные;
- сигналы взаимной индуктивности;
- сигналы электрические с дискретным изменением параметров;
- сигналы электрические кодированные;
- сигналы пневматические;
- сигналы гидравлические.

Для электрических сигналов согласно «ГОСТ 26.011-80 Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные» установлены следующие термины:

Сигнал напряжения – сигнал, поступающий от источника с входным сопротивлением, значение которого намного меньше входного сопротивления приемника сигнала.

Сигнал тока – сигнал, поступающий от источника с выходным сопротивлением, значение которого намного больше входного сопротивления приемника сигнала.

Абсолютное значение сигнала напряжения – напряжение, соответствующее значению измеряемого параметра.

Относительное значение сигнала напряжения – отношение между собой двух напряжений, дающее информацию о значении измеряемого параметра.

Нагрузочное сопротивление – сумма сопротивлений всех соединенных приемников сигнала и линий связи.

Пульсация – разность между наибольшими и наименьшими мгновенными значениями сигнала.

- Унифицированные сигналы постоянного тока.

Согласно «ГОСТ 26.011-80 Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные» установлены следующие унифицированные сигналы постоянного тока:

$0...5\text{ мА}; 0...20\text{ мА}; 4...20\text{ мА}; -5...+5\text{ мА}.$

По согласованию с потребителем допускаются сигналы постоянного тока: $-20...+20\text{ мА}; -100...+100\text{ мА}.$

- Унифицированные сигналы постоянного напряжения.

Согласно «ГОСТ 26.011-80 Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные» установлены следующие унифицированные сигналы постоянного напряжения:

0...1 В; 0...5 В; 0...10 В; 1...5 В; -5...+5 В; -10...+10 В; 2,4...12,6 В;
-2,4...-12,6 В.

По согласованию с потребителем допускаются сигналы: 0...0,01 В;
0...0,05 В; 0...0,1 В.

- Унифицированные сигналы переменного напряжения.

Согласно «ГОСТ 26.011-80 Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные» установлены следующие унифицированные сигналы переменного напряжения на частотах 50 Гц и 400 Гц:

0...0,5 В; 0...2 В; -1...+1 В.

- Унифицированные сигналы частоты.

Согласно «ГОСТ 26.010-80 Средства измерений и автоматизации. Сигналы частотные электрические непрерывные входные и выходные» начальное значение и диапазон изменения частоты принимаются из ряда: 0; 4; 8; 16; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Частотные унифицированные сигналы используются в телемеханической аппаратуре и в комплексе технических средств локальных информационно-управляющих систем (КТС ЛИУС).

- Унифицированные сигналы взаимной индуктивности.

Согласно «ГОСТ 8.243-77 Преобразователи измерительные разности давлений ГСП с унифицированными выходными параметрами взаимной индуктивности. Методы и средства поверки» установлены следующие унифицированные сигналы взаимной индуктивности:

0...10 мГн; -10...+10 мГн.

Сигналы взаимной индуктивности применяются в комплектных приборах с дифференциально-трансформаторной связью.

- Унифицированные электрические дискретные сигналы напряжений и токов.

Унифицированные электрические дискретные сигналы, в том числе импульсные используются в системах контроля состояния позиционных устройств.

Согласно «ГОСТ 26.013-81 Средства измерений и автоматизации. Сигналы электрические с дискретным изменением параметров входные и выходные» номинальные значения верхних уровней (амплитуды) двоичных и многоуровневых электрических дискретных сигналов выбираются из следующих рядов (кроме сигналов, формируемых или воспринимаемых непосредственно микросхемами):

- для напряжений: 2,4; 6,0; 12,0; 24,0; 48,0; 60,0; 110,0; 220 В;

- для токов: 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000 мА.

Значение амплитуды остаточного напряжения или тока при отсутствии сигнала (нижний уровень двоичного сигнала) должно составлять для входных сигналов: 10%, 20% или 30% от номинального значения верхнего уровня сигнала, а для выходных сигналов: 5% или 10%.

- Унифицированные пневматические сигналы давления мембранной пневмоавтоматики.

Согласно «ГОСТ 26.015-81 Средства измерений и автоматизации. Сигналы пневматические входные и выходные» установлены следующие давления питания, а также аналоговые и дискретные унифицированные пневматические сигналы давления мембранной пневмоавтоматики:

Давление питания пневматических мембранных средств измерения и автоматизации: $p_{\text{пит}} = 140 \text{ кПа}$ ($1,4 \text{ кгс/см}^2$).

Пределы изменения аналоговых сигналов (рабочий диапазон):
20...100 кПа (0,2...1 кгс/см²).

В пневматических средствах измерения и автоматизации, предназначенных для математических операций, в зависимости от их функционального назначения допускается устанавливать рабочий диапазон аналоговых сигналов менее 20...100 кПа.

В качестве дискретных сигналов применяются условные сигналы «0» и «1». Давление сжатого воздуха дискретных сигналов мембранной пневмоавтоматики для значения условного сигнала «0»: 0...10 кПа;

для значения условного сигнала «1»: 110...154 кПа.

- Унифицированные пневматические сигналы давления струйной пневмоавтоматики.

Согласно «ГОСТ 26.015-81 Средства измерений и автоматизации. Сигналы пневматические входные и выходные» установлены следующие давления питания, а также аналоговые и дискретные унифицированные пневматические сигналы давления струйной пневмоавтоматики:

Давление питания пневматических струйных средств измерения и автоматизации: $p_{\text{пит}} = 1...10 \text{ кПа}$ (0,01...0,1 кгс/см²).

Давление сжатого воздуха дискретных сигналов струйной пневмоавтоматики для значения условного сигнала «0»: $- 0,03 p_{\text{пит}} \dots + 0,03 p_{\text{пит}}$;

для значения условного сигнала «1»: не менее $0,25 p_{\text{пит}}$.

Значение давления дискретных сигналов струйной пневмоавтоматики при давлении питания свыше 10 кПа (0,1 кгс/см²) устанавливается в стандартах или технических условиях на изделия конкретных видов и групп.

- Унифицированные гидравлические сигналы.

В таблице 1 представлены значения гидравлических сигналов в зависимости от номинального давления питания рабочей жидкости согласно «ГОСТ 26.012–94 Приборы и средства автоматизации. Сигналы гидравлические входные и выходные».

Таблица 1

Значения унифицированных гидравлических сигналов

Номинальное давление питания, <i>кПа (кгс/см²)</i>	Диапазон изменения входных и выходных гидравлических аналоговых сигналов, <i>кПа (кгс/см²)</i>
160 (1,6)	20...100 (0,2...1)
250 (2,5)	100...200 (1...2)
400 (4,0)	200...300 (2...3)
630 (6,3)	300...500 (3...5)
1000 (10)	500...800 (5...8)

Согласно «ГОСТ 18910-96 Приборы и устройства гидравлические. Общие технические условия» допускается давление питания управляющих устройств исполнительных механизмов (гидравлических усилителей мощности), а также выходное значение давления масла для приборов и устройств, имеющих в качестве основного параметра выходное давление масла выбирать из ряда: 0,10; 0,16; 0,25; 0,40; 0,63; 1,00; 1,60; 2,50; 4,00; 6,30; 10,00; 12,50; 16,00; 20,00; 25,00; 32,00; 40,00; 50,00 МПа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шишмарёв В.Ю. Технические измерения и приборы. М.: «Академия», 2010.- 384 с.
2. ГОСТ 26.010-80. Государственный стандарт Союза ССР. Средства измерений и автоматизации. Сигналы частотные электрические непрерывные входные и выходные. М.: Изд-во стандартов, 1988. – 7 с.
3. ГОСТ 26.011-80. Государственный стандарт Союза ССР. Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные. М.: Изд-во стандартов, 1988. – 7 с.
4. ГОСТ 26.014-81. Государственный стандарт Союза ССР. Единая система стандартов приборостроения. Средства измерений и автоматизации. Сигналы электрические кодированные входные и выходные. М.: Изд-во стандартов, 1981. – 7 с.
5. ГОСТ 26.015-81. Государственный стандарт Союза ССР. Единая система стандартов приборостроения. Средства измерений и автоматизации. Сигналы пневматические входные и выходные. М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
6. ГОСТ 26.203-81. Государственный стандарт Союза ССР. Комплексы измерительно-вычислительные. Признаки классификации. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 1988. – 13 с.
7. МИ 2175-91. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Градуировочные характеристики средств измерений. Методы построения. Оценивание погрешностей. С-Пб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1997. – 55 с.
8. ГОСТ 26.012-94. Межгосударственный стандарт. Приборы и средства автоматизации. Сигналы гидравлические входные и выходные. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 4 с.
9. ГОСТ 26.013-81. Межгосударственный стандарт. Средства измерения и автоматизации. Сигналы электрические с дискретным изменением параметров входные и выходные. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 4 с.
10. ГОСТ Р 8.563-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. М.: Стандартинформ, 2011. – 20 с.
11. ГОСТ Р 8.596-2002 Государственный стандарт Российской Федерации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2008. – 15 с.

12. ГОСТ ISO 17511-2011. Межгосударственный стандарт. Изделия медицинские для диагностики *in vitro*. Измерение величин в биологических пробах. Метрологическая прослеживаемость значений, приписанных калибраторам и контрольным материалам (ISO 17511: 2003 IDT). М.: Стандартиформ, 2013. – 31 с.

13. РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартиформ, 2014. – 60 с.

14. ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).

15. ISO 5725 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods. Part 1—Part 6. First edition, ISO, 1994—1998.

16. ISO 17511 In vitro diagnostic medical devices — Measurement of quantities in biological samples — Metrological traceability of values assigned to calibrators and control materials.

17. JCGM 200:2008 - International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM3).

18. 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. Изд. 2-е, испр. — СПб.: НПО «Профессионал», 2010.—84 с.

Электронное учебное издание

Владимир Викторович **Корзин**
Андрей Георгиевич **Бурцев**

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ
Терминология, ГСП

Учебное пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Н.И. Матвеева

Темплан 2017 г. Поз. № 33.

Подписано к использованию 26.12.2017 г. Формат 60×84 1/16. Гарнитура Times. Усл.
печ. л. 4,88.

Волгоградский государственный технический университет
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.