

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет инфокоммуникаций

Кафедра защиты информации

М. Ю. Дерябина, С. В. Ляльков, О. И. Минченок

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники для специальностей
1-45 01 01 «Инфокоммуникационные системы (по направлениям)»,
1-45 01 02 «Инфокоммуникационные технологии (по направлениям)»,
1-98 01 02 «Защита информации в телекоммуникациях»
в качестве учебно-методического пособия*

Минск БГУИР 2017

УДК [006.91+006.1]:004(075)
ББК (30.10+30ц+32.973.202)я7
Д36

Рецензенты:

кафедра стандартизации, метрологии и управления качеством
учреждения образования «Белорусский государственный институт повышения
квалификации и переподготовки кадров по стандартизации,
метрологии и управлению качеством»
(протокол №1 от 06.01.2016);

заведующий кафедрой промышленного дизайна и упаковки
Белорусского национального технического университета,
доктор технических наук,
профессор В. В. Кузьмич

Дерябина, М. Ю.

Д36 Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях :
учеб.-метод. пособие / М. Ю. Дерябина, С. В. Ляльков, О. И. Минченок. –
Минск : БГУИР, 2017. – 112 с. : ил.
ISBN 978-985-543-283-9.

Излагаются основы метрологии, стандартизации и сертификации в инфокоммуникациях.

Может быть полезно при подготовке студентов различных специальностей, а также специалистов инженерно-технического профиля.

**УДК [006.91+006.1]:004(075)
ББК (30.10+30ц+32.973.202)я7**

ISBN 978-985-543-283-9

© Дерябина М. Ю., Ляльков С. В., Минченок О. И., 2017
© УО «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1 Основы метрологии	5
1.1 Метрология как наука об измерениях и ее значение в деятельности человеческого общества.....	5
1.2 Основные понятия в области метрологии	6
1.3 Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений».....	8
1.4 Величина как объект измерения	9
1.4.1 Основные понятия и классификация	9
1.4.2 Размерность, единица и система единиц величин.....	10
1.5 Понятие измерения. Виды, принципы и методы измерений	14
1.5.1 Измерение. Виды измерений	14
1.5.2 Принципы и методы измерений	18
2 Средства измерительной техники.....	20
2.1 Общая характеристика средств измерительной техники.....	20
2.2 Погрешности средств измерений	22
2.2.1 Определения и формы представления погрешностей СИ	22
2.2.2 Нормирование погрешностей СИ	24
2.2.3 Классы точности СИ	26
2.3 Основные характеристики средств измерений	27
2.3.1 Технические характеристики средств измерений	28
2.3.2 Метрологические характеристики СИ	28
3 Погрешности измерений и математическая обработка результатов измерений	31
3.1 Погрешности измерений. Причины их возникновения и формы представления	31
3.2 Систематические погрешности измерений	34
3.2.1 Классификация, способы обнаружения и оценки систематических погрешностей	34
3.2.2 Методы уменьшения систематических погрешностей	36
3.2.3 Суммирование неисключенных систематических погрешностей	38
3.3 Случайные погрешности измерений	39
3.3.1 Описание случайных погрешностей измерений	39
3.3.2 Оценка случайных погрешностей прямых многократных измерений.....	40
3.3.3 Оценка случайных погрешностей многократных косвенных измерений.....	43
3.3.4 Обработка результатов многократных измерений.....	46
3.3.5 Оценка погрешностей однократных измерений.....	48
3.3.6 Характеристики погрешности и формы представления результатов измерений	49

4	Метрологическое обеспечение	51
4.1	Основные положения метрологического обеспечения	51
4.2	Государственная система обеспечения единства измерений	52
4.2.1	Цели и задачи СОЕИ	52
4.2.2	Фундаментальные основы системы СОЕИ	53
4.2.3	Организационная структура СОЕИ	54
4.3	Общие сведения об эталонах и поверочных схемах	56
5	Тенденции развития и применения измерительной техники	59
5.1	Основные направления развития метрологии и средств измерительной техники.....	59
5.2	Автоматизация измерений	61
5.3	Цифровые измерительные приборы	63
5.4	Виртуальные приборы и компьютерные измерительные системы ...	66
6	Основы технического нормирования и стандартизации	69
6.1	Основные цели, принципы и задачи технического нормирования и стандартизации	69
6.2	Классификация и виды технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации	76
6.3	Международные организации по стандартизации	80
6.4	Методические основы стандартизации	83
6.4.1	Основные методы стандартизации	83
6.4.2	Ряды предпочтительных чисел и их основные свойства	85
7	Основы подтверждения соответствия	90
7.1	Общие положения Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь	90
7.2	Порядок проведения подтверждения соответствия	99
7.2.1	Общие правила и порядок сертификации продукции	101
7.2.2	Общие правила декларирования соответствия продукции	103
7.2.3	Общие правила и порядок сертификации работ, услуг	104
7.2.4	Основные положения и процедуры проведения сертификации систем менеджмента качества	105
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	111

1 Основы метрологии

1.1 Метрология как наука об измерениях и ее значение в деятельности человеческого общества

Измерения играют важнейшую роль в жизни человека и общества в целом. В том или ином виде измерения возникли с появлением человека. Достоверно установлено, что более чем за четыре тысячелетия до новой эры в Древнем Египте и Месопотамии уже проводились различные виды измерений, в том числе и астрономические.

Измерения – один из важнейших путей познания природы, объединяющий теорию с практической деятельностью человека. Измерения являются основой научных знаний, служат для учета материальных ресурсов и планирования, обеспечения требуемого качества продукции, взаимозаменяемости деталей и узлов, совершенствования технологий, автоматизации производства, охраны здоровья и окружающей среды, обеспечения безопасности. Измерения количественно характеризуют окружающий материальный мир, раскрывая действующие в природе закономерности. Недаром еще Галилео Галилей утверждал: «Надо измерять все измеримое и делать измеримым то, что не поддается измерению». Можно утверждать, что прогресс науки и техники определяется степенью совершенства измерений и средств измерений.

Измерениями занимались и существенно их развили многие ученые: Х. Гюйгенс, И. Ньютон, В. Вебер, О. В. Струве, Б. С. Якоби. Основателем метрологии как науки считается К. Гаусс, который вместе с В. Вебером разработал абсолютную систему электрических и магнитных величин. Основателем отечественной метрологии считается выдающийся русский ученый Д. И. Менделеев. Он так определял роль и значение измерений: « В природе – мера и вес суть главное оружие познания. Наука начинается с тех пор, как начинают измерять, точная наука немислима без меры».

Метрология имеет большое значение для развития естественных и технических наук, т. к. повышение точности измерений – один из основных путей совершенствования познания природы человеком, открытий и практического применения точных знаний. Точные измерения неоднократно позволяли делать фундаментальные открытия.

Современная метрология опирается на физический эксперимент высокой точности, использует достижения физики, химии и других естественных наук, но вместе с тем устанавливает свои специфические законы и правила, которые позволяют находить количественное выражение свойств объектов материального мира.

Метрология служит научной основой измерительной техники. При этом под измерительной техникой, в широком смысле слова, понимают как все технические средства, с помощью которых выполняют измерения, так и саму методику проведения измерений.

Сегодня всестороннее развитие различных направлений деятельности человеческого общества невозможно без совершенствования метрологического обеспечения и измерительной аппаратуры, создания новых методов измерений и средств контроля.

1.2 Основные понятия в области метрологии

Чтобы справиться с разнообразными проблемами измерений, надо освоить ряд общих принципов их решения, нужна единая научная и законодательная база, которая обеспечила бы высокое качество измерений независимо от того, с какой целью их проводят. Такой базой является метрология.

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Метрология включает общую теорию измерений физических величин, устанавливает и регламентирует единицы физических величин и их систем, порядок передачи размеров единиц от эталонов рабочим средствам измерений, методы и средства измерений, общие методы обработки результатов измерений и оценки их точности.

Предмет метрологии – измерения, их единство и точность. Метрология включает в себя методы выполнения практически всех измерительных работ на производстве, а также их теоретические и правовые основы.

Основной целью метрологии является извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

Средства метрологии – совокупность средств измерений (СИ) и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование.

Основными задачами метрологии являются:

- обеспечение единства измерений;
- установление единиц физических величин;
- обеспечение единообразия средств измерений;
- установление национальных (государственных) эталонов и рабочих средств измерений, контроля и испытаний, а также передачи размеров единиц от эталонов рабочим средствам измерений;
- установление номенклатуры, методов нормирования, оценки и контроля показателей точности результатов измерений и метрологических характеристик средств измерений;
- разработка оптимальных принципов, приемов и способов обработки результатов измерений и методов оценки погрешностей.

К задачам метрологии относятся не только теоретические вопросы обеспечения единства измерений и достижения требуемой точности, но и установление обязательных правил, требований и организационных мероприятий, направленных на достижение этих целей. В связи с этим различают: теоретическую (фундаментальную, научную); законодательную (правовую) и прикладную (практическую) метрологию.

Теоретическая метрология – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии. Ее содержанием является разработка и совершенствование теоретических основ измерений и измерительной техники, научных основ обеспечения единства измерений в стране. В более широком смысле это развитие общей теории измерений и теории погрешностей, в том числе создание новых методов и методик измерений и разработка способов исключения или уменьшения погрешностей; создание и совершенствование систем единиц физических величин; создание и совершенствование систем эталонов; создание и совершенствование научных основ передачи размеров единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений и т. д.

Законодательная метрология – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений. По своей сути правовые основы метрологии обеспечивают единообразие средств измерений и единство измерений посредством установленных государством правил. Ее основная задача – это создание и совершенствование системы государственных технических нормативных правовых актов (ТНПА) по обеспечению единства и точности измерений, а также организация и функционирование соответствующей государственной службы. Исходным документом законодательной метрологии являются законы Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» и «О техническом нормировании и стандартизации».

Прикладная метрология – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии. В ее ведении находятся все вопросы метрологического обеспечения.

Единообразие средств измерений – состояние средств измерений, характеризующееся тем, что они проградуированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства соответствуют нормам.

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.

Таким образом, для обеспечения единства измерений должны выполняться два основополагающих условия:

- выражение результатов измерений в узаконенных единицах;
- установление показателей точности результатов измерений и границ, за которые они не должны выходить при заданной вероятности.

1.3 Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений»

Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» определяет правовые и организационные основы обеспечения единства измерений в нашей стране и направлен на защиту прав и законных интересов граждан и государства от последствий неточных и неправильно выполненных измерений.

Закон устанавливает основные термины и определения в области метрологической деятельности, например: единство измерений, измерение, единица измерения, средство измерения, методика выполнения измерений, метрологический надзор и контроль. Все эти определения основываются на официальной терминологии Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ).

Основными принципами обеспечения единства измерений являются:

- приоритетное применение единиц измерений Международной системы единиц;
- применение национальных эталонов единиц величин;
- прослеживаемость результатов измерений до единиц измерений Международной системы единиц, воспроизводимых национальными эталонами единиц величин и (или) международными эталонами единиц величин;
- открытость и доступность информации в области обеспечения единства измерений;
- гармонизация национальных и международных требований об обеспечении единства измерений.

Государственное регулирование и управление в области обеспечения единства измерений, в соответствии с законом, осуществляются Президентом, Советом Министров, Комитетом по стандартизации (Госстандартом) Республики Беларусь и иными государственными органами. Соответствующие статьи закона определяют полномочия всех этих органов.

Закон определяет: организационную структуру и сферы деятельности метрологических служб всех уровней; объекты и порядок осуществления государственного метрологического надзора; структуру и порядок осуществления метрологического контроля; права и обязанности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и иных физических лиц в области Системы обеспечения единства измерений (СОЕИ Республики Беларусь).

СОЕИ – это комплекс мер по государственному регулированию и управлению, государственному метрологическому надзору и метрологическому контролю, осуществляемых государственными органами, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и иными физическими лицами в целях обеспечения единства измерений.

Координацию всей деятельности по метрологии в стране осуществляет Госстандарт, в структуре которого для этого созданы Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ), территориальные центры стандартизации и метрологии (ЦСМ), испытательные и поверочные центры и лаборатории, метрологические службы и другие органы.

1.4 Величина как объект измерения

1.4.1 Основные понятия и классификация

В окружающем человека мире существует большое количество различных объектов, явлений и процессов. Для отличия одного объекта от другого или нахождения их общности используют качественную философскую категорию, называемую **свойством** объекта. Для количественного описания свойств объектов используют понятие «величина».

Величина – это свойство чего-либо, которое может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно.

Величина не существует сама по себе, а только совместно с объектом, обладающим этими свойствами, выраженными данной величиной. Анализ величин позволяет делить их на идеальные и реальные.

Идеальные величины главным образом относятся к области математики и являются обобщением (моделью) конкретных реальных понятий. Они вычисляются определенным способом.

Реальные величины, в свою очередь, можно условно разделить на физические и нефизические.

Физические величины свойственны материальным объектам (процессам, явлениям, материалам), изучаемым естественными и различными техническими науками.

К **нефизическим** следует отнести величины, присущие общественным (философия, социология, экономика и т. д.) наукам.

Современную метрологию как объект измерения интересуют все величины, и поэтому в метрологии принято следующее определение понятия «величина»:

величина – это свойство материального объекта или явления, общее в качественном отношении для многих объектов или явлений, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Все электрические и радиотехнические величины являются характерными примерами величин материальных объектов. Так, например, сила тока как реальная величина в качественном отношении является характеристикой различных электрорадиоэлектронных изделий. Вместе с тем количественное значение силы тока, протекающего по цепям каждого изделия, может быть различным.

Для установления различия в количественном содержании данного свойства в анализируемых объектах (явлениях, процессах) введено понятие размера величины.

Размер величины – это количественная определенность величины, присущая конкретному материальному объекту или явлению. Размер величины существует объективно, независимо от того, знаем мы его или нет (например, сопротивление конкретного резистора, ток в конкретной цепи и т. п.).

Однако на практике понятие «размер величины» для количественного оценивания содержания величины не используется, т. к. не содержит прямой количественной оценки. Для этого применяют понятие «значение величины».

Значение величины – это выражение размера величины в виде некоторого числа принятых единиц или чисел, баллов по соответствующей шкале измерений.

Числовое значение величины – отвлеченное число, входящее в значение величины. Оно выражает отношение значения величины к соответствующей единице данной величины (например, 8 А – значение силы тока, при этом число 8 и есть числовое значение). Именно термин «значение» следует применять для выражения количественной стороны рассматриваемого свойства. Неправильно говорить и писать «величина тока», «величина напряжения» и т. д., поскольку ток и напряжение сами являются величинами. Правильными терминами являются «значение силы тока», «значение напряжения» и т. д.

Все величины можно разделить на измеряемые и оцениваемые.

Изменяемые величины – величины, подлежащие измерению. Их можно выразить количественно определенным числом установленных единиц измерения.

Для **оцениваемых величин** по каким-либо причинам нельзя ввести единицу измерения и их можно только оценить. Таким образом, **оценивание** – приписывание данной величине определенного числа принятых для нее единиц, проведенное по установленным правилам.

Величины в зависимости от множества размеров, которые они могут иметь при изменении в ограниченном диапазоне, подразделяются на **непрерывные (аналоговые)** и **квантованные (дискретные)**. Аналоговая величина может иметь в заданном диапазоне бесконечное множество размеров. Квантованная величина имеет в заданном диапазоне только счетное множество размеров.

Величины также могут быть **постоянными** или изменяться со временем (**переменными**). При измерении постоянной во времени величины достаточно определить одно ее мгновенное значение. Переменные во времени величины могут иметь квазидетерминированный, или случайный характер.

Квазидетерминированная величина – это величина, для которой известен характер зависимости от времени, но не известен измеряемый параметр этой зависимости.

Случайная величина – величина, размер которой изменяется во времени случайным образом.

1.4.2 Размерность, единица и система единиц величин

Согласованная совокупность величин и уравнений связи между ними, образованная в соответствии с принятыми принципами, образует систему величин, в которой имеются основные и производные величины.

Основная величина – это величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве не зависимой от других величин этой системы.

Производная величина – это величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы.

Важной характеристикой величины является ее размерность. Размерность обозначается символом \dim , происходящим от слова *dimension*, которое в зависимости от контекста может переводиться и как «размер», и как «размерность».

Размерность – это выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных величин в различных степенях и отражающее связь данной величины с величинами, принятыми в данной системе величин за основные, с коэффициентом пропорциональности, равным единице.

Размерность основной величины относительно самой себя равна единице, т. е. формула размерности основной величины совпадает с ее символом. Например: размерность длины $\dim l = L$; размерность массы $\dim m = M$; размерность времени $\dim t = T$.

Размерность производных величин можно выразить через размерность основных величин с помощью степенного одночлена:

$$\dim Z = L^\alpha \cdot M^\beta \cdot T^\gamma \cdot \dots, \quad (1.1)$$

где $\dim Z$ – размерность производной величины Z ;

L, M, T, \dots – размерности соответствующих основных величин;

$\alpha, \beta, \gamma, \dots$ – показатели размерности.

Показатель размерности величины – это показатель степени, в которую возведена размерность основной величины, входящая в размерность производной величины.

Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным числом, нулем.

Конкретная размерность производных величин определяется на основе соответствующих физических законов. Например, мощность – это величина (P), характеризующая скорость совершения работы A за интервал времени t : $P = A/t$. Учитывая, что работа A равна произведению силы F на элементарное перемещение l ($A = F \cdot l$), а сила $F = m a$, где m – масса, a – ускорение ($a = l/t^2$), получим, что

$$P = \frac{m \cdot l^2}{t^3}, \text{ а } \dim P = L^2 \cdot M \cdot T^{-3}. \quad (1.2)$$

Большинство величин являются **размерными**, т. е. такими, в размерностях которых хотя бы одна из основных величин возведена в степень с показателем, не равным нулю.

Величина называется **безразмерной**, если в ее размерность входят основные величины в степени, равной нулю. Она может быть относительной, если определяется как отношение одноименных величин (например, коэффици-

енты трансформации), и логарифмической, если определяется как логарифм относительной величины (например, логарифм отношения напряжений).

Таким образом, **размерность** является качественной характеристикой величины.

Теория размерностей повсеместно применяется для оперативной проверки правильности сложных формул. Если размерности левой и правой частей уравнения не совпадают, то в выводе формулы, к какой бы области знаний она ни относилась, следует искать ошибку.

Числовые значения измеряемых величин зависят от используемых единиц измерений этих величин.

Единица измерения величины – это величина фиксированного размера, которой присвоено числовое значение, равное единице, определяемая и принимаемая по соглашению для количественного выражения однородных с ней величин.

Чтобы избежать произвола в оформлении результатов измерений, т. е. обеспечить единство измерений, единицы величин устанавливаются по определенным правилам и закрепляются законодательным путем. Исторически сложилось так, что единицы величин объединяются в системы.

Система единиц величин – это совокупность основных и производных единиц, вместе с их кратными и дольными единицами, определенными в соответствии с установленными правилами для данной системы единиц.

В названии системы единиц величин применяются символы величин, принятых за основные. Например, международная система СИ (*SI*) обозначается символами *LMTIΘN_J*, которые соответствуют символам основных величин: длине (*L*), массе (*M*), времени (*T*), силе электрического тока (*I*), температуре (*Θ*), количеству вещества (*N*) и силе света (*J*).

В Республике Беларусь в установленном порядке допускаются к применению единицы величин Международной системы единиц СИ (*SI – System International*), которая была принята Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ) и рекомендована к применению Международной организацией законодательной метрологии (МОЗМ).

К основным характеристикам системы СИ относятся:

- универсальность, т. е. охват всех областей науки и техники;
- унификация всех областей и видов измерений;
- возможность воспроизведения единиц с высокой точностью в соответствии с их определением с наименьшей погрешностью;
- упрощение записи аналитических и расчетных формул и уменьшение числа допускаемых единиц;
- единая система образования кратных и дольных единиц.

Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные, системные и внесистемные единицы.

Основная единица системы единиц величин – единица измерения, принятая по соглашению для основной величины.

В системе СИ есть семь основных единиц: метр (м), килограмм (кг), секунда (с), ампер (А), кельвин (К), моль (моль) и кандела (кд).

Основные единицы СИ обеспечивают универсальность этой системы, т. к. являются единицами величин, отражающих основные свойства материального мира, и дают возможность образовывать производные единицы для любых других величин во всех отраслях науки и техники.

Производная единица системы единиц величин – единица измерения для производной величины.

Производные единицы СИ образуются на основании законов, устанавливающих связь между основными величинами, или на основании определений физических величин.

Производные единицы могут быть когерентными и некогерентными.

Когерентной называют производную единицу величины, которая для данной системы величин и для выбранного набора основных единиц представляет собой произведение основных единиц, возведенных в степень, с коэффициентом пропорциональности, равным единице. Например, скорость v равномерного прямолинейного движения связана с длиной пути l и временем t соотношением

$$v = l / t. \quad (1.3)$$

Следовательно, когерентной (производной) единицей скорости в системе единиц СИ является метр в секунду (1 м/с).

Единицы величин можно разделить на системные и внесистемные.

Системная единица величины – единица величины, входящая в принятую систему единиц. Все основные, производные, кратные и дольные единицы СИ являются системными.

Внесистемная единица величины – единица величины, не входящая в принятую систему единиц. Принято выделять несколько групп внесистемных единиц (по отношению к единицам СИ):

- единицы, допускаемые наравне с единицами СИ (минута, сутки, градус, тонна, литр и др.);
- единицы, применяемые в специальных областях науки и техники (световой год, парсек, диоптрия, электрон-вольт и др.);
- единицы, временно допускаемые к применению (миля, карат, непер и др.);
- единицы, изъятые из употребления (лошадиная сила).

На практике применение целых единиц не всегда удобно, т. к. в результате измерений получают очень большие или очень малые их значения. Поэтому в системе СИ установлены десятичные кратные и дольные единицы, образуемые с помощью множителей и приставок, которые пишутся слитно с наименованием основной и производной единицы: километр (км), милливольт (мВ); мегаом (МОм).

Кратная единица величины – единица величины, в целое число раз большая системной или внесистемной единицы, например килогерц (10^3 Гц).

Дольная единица величины – единица величины, в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы, например микрогенри (10^{-6} Гн).

Примеры наименования и обозначения множителей и приставок приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц СИ

Множитель	Приставка	Обозначение множителей и приставок	
		международное	русское
10^{12}	тера	<i>T</i>	Т
10^9	гига	<i>G</i>	Г
10^6	мега	<i>M</i>	М
10^3	кило	<i>k</i>	к
10^2	гекто	<i>h</i>	г
10^1	дека	<i>da</i>	да
10^{-1}	деци	<i>d</i>	д
10^{-2}	санти	<i>c</i>	с
10^{-3}	милли	<i>m</i>	м
10^{-6}	микро	μ	мк
10^{-9}	нано	<i>n</i>	н
10^{-12}	пико	<i>p</i>	п

Шкала измерений – упорядоченная совокупность значений величины, служащая для измерений данной величины.

1.5 Понятие измерения. Виды, принципы и методы измерений

1.5.1 Измерение. Виды измерений

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

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

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

Суть измерения описывают основным уравнением метрологии, которое связывает значение измеряемой величины A со значением этой величины, принятым за единицу измерения $[A]$:

$$A = n \cdot [A], \quad (1.4)$$

где n – числовое значение величины.

Например, за единицу измерения напряжения U электрического тока принят один вольт $[1 \text{ В}]$. Тогда значение напряжения бытовой электрической

сети $U = n \cdot U_0 = 220[1\text{В}] = 220 \text{ В}$, т. е. числовое значение напряжения равно 220. Если за единицу напряжения U принят один киловольт [1 кВ], и поскольку $1 \text{ В} = 10^{-3} \text{ кВ}$, то напряжение $U = n \cdot U_0 = 220[10^{-3} \text{ кВ}] = 0,220 \text{ кВ}$. Числовое значение напряжения будет 0,22.

Найденное в результате измерения измеренное значение величины с указанием соответствующего показателя точности называется **результатом измерения**. Если значение показателя точности измерений можно считать пренебрежимо малым для заданной цели измерений, то результат измерения может выражаться как одно измеренное значение величины. При рабочих измерениях это является обычным способом выражения результата измерения с указанием класса точности применяемого средства измерений.

Получаемую при измерениях информацию называют **измерительной**. Часто информация об объекте измерения известна до проведения измерений, что является важным фактором, обуславливающим их эффективность. Такую информацию называют **априорной** (полученной до проведения измерения). При полном отсутствии этой информации измерение в принципе невозможно, т. к. неизвестно, что необходимо измерить, а следовательно, и нельзя выбрать нужные средства измерений.

При наличии априорной информации об объекте в полном объеме, т. е. при известном значении измеряемой величины, измерения попросту не нужны. Априорная информация позволяет определить достижимую точность измерений, их качество и эффективность.

Совокупность измерений величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой, называют **областью измерений**.

Принято различать следующие основные области измерений: измерения геометрических величин; измерения механических величин; измерения параметров потока, расхода, уровня, объема веществ; физико-химические измерения; измерения времени и частоты; измерения электрических и магнитных величин на постоянном и переменном токе; измерения акустических величин; радиоэлектронные измерения и др.

Часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин, определяет **вид измерений**.

Наиболее близкими к области инфокоммуникаций являются следующие виды измерений: энергетических и силовых величин сигналов; параметров элементов радиотехнических устройств, параметров электромагнитных полей, параметров модулированных сигналов, параметров цепей и др.

Измерения классифицируются по виду измеряемой величины; по способу нахождения числового значения измеряемой величины; по способу выражения результатов измерений; по характеру зависимости измеряемой величины от времени и условий, определяющих точность измерений.

По виду измеряемой величины измерения подразделяются на измерения электрических величин (напряжения и силы тока); электрического сопро-

тивления; мощности электрического сигнала; частоты и времени; фазы; напряженности электромагнитного поля и др.

По способу получения числового значения измеряемой величины измерения делят на четыре основных вида: прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямым называют измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений. Например, измерение силы тока амперметром, напряжения – вольтметром и т. п. Математически прямые измерения можно выразить формулой (моделью)

$$Q = X, \quad (1.5)$$

где Q – искомое (называется также истинным) значение измеряемой величины;

X – измеренное значение величины.

Косвенным называют измерение, при котором искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других величин, функционально связанных с искомой величиной. Примерами косвенных измерений можно назвать измерение мощности постоянного тока при помощи амперметра и вольтметра, определение резонансной частоты колебательного контура по результатам прямых измерений емкости и индуктивности и т. п.

Математически косвенные измерения можно представить формулой

$$Q = F(X_1, X_2, \dots, X_m), \quad (1.6)$$

где X_1, X_2, \dots, X_m – результаты прямых измерений величин, связанных известной функциональной зависимостью F с искомым значением измеряемой величины Q .

Совокупные и совместные измерения характеризуются тем, что в первом случае одновременно производятся измерения нескольких одноименных, а во втором – разноименных величин. Искомое значение величины определяется путем решения системы уравнений, связывающей их.

Примером совокупных измерений может служить нахождение сопротивлений двух резисторов по результатам измерений сопротивлений последовательного и параллельного их соединений. Искомое значение сопротивлений находят из системы двух уравнений.

Примером совместных измерений является определение коэффициентов в формуле, связывающей сопротивление резистора и температуру:

$$R_t = R_{20} \left[1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2 \right], \quad (1.7)$$

где R_{20} – сопротивление резистора при $t = 20$ °С;

α, β – температурные коэффициенты.

Для определения R_{20}, α и β производят измерения R_{t1}, R_{t2}, R_{t3} при трех различных значениях температуры (t_1, t_2, t_3), а затем решают систему из трех уравнений.

По способу выражения результатов измерения подразделяются на абсолютные и относительные.

Абсолютные измерения – это измерения, основанные на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. Результат измерения выражается непосредственно в единицах измеряемой величины. Например, результат измерения сопротивления выражается в омах, силы тока – в амперах, длины – в метрах и т. д.

Относительные измерения – это измерения отношения одноименных величин или функций этого отношения. Характерными примерами таких измерений являются измерения коэффициентов усиления или ослабления, отношения напряжений и мощностей и т. д. Величина, полученная в результате относительных измерений, является безразмерной. Для таких величин допускается применение относительных логарифмических единиц (бел, октава, декада) и других относительных единиц (процент).

Если измеряемая величина остается в процессе измерения постоянной, такие измерения называют статическими. Если же она изменяется, измерения будут динамическими. Динамические измерения, в свою очередь, могут быть непрерывными (если применяемые средства измерений (СИ) позволяют непрерывно следить за значениями измеряемой величины) и дискретными (если значения измеряемой величины фиксируются только в отдельные моменты времени).

По условиям, определяющим точность результата, измерения подразделяются на три класса:

1) *измерения максимальной точности*, достижимой при существующем уровне развития науки и техники. Такие измерения проводят при создании эталонов, измерениях универсальных физических констант (заряда, массы электрона; скорости света и др.), астрономических измерениях. Характерными для таких измерений являются оценка погрешностей и анализ источников их возникновения, проводимых по специальным методикам;

2) *контрольно-поверочные измерения* – измерения, выполняемые службами метрологического надзора с целью определения метрологических характеристик СИ в специальных лабораториях (центрах). К таким измерениям относят измерения при метрологической аттестации СИ, при поверке и калибровке СИ, электронные измерения и др. Заданная точность обеспечивается применением специальных СИ и специальных методик измерений;

3) *технические измерения* – измерения, проводимые в заданных условиях по определенной методике, разработанной и исследованной заранее. К ним относятся все массовые измерения, проводимые во всех отраслях при производстве и эксплуатации различных объектов. При технических измерениях погрешность оценивают, как правило, по метрологическим характеристикам СИ с учетом применяемого метода измерений и условий их применения.

Важную роль в процессе измерения играют **условия измерения** – совокупность влияющих величин, описывающих состояние окружающей среды и средства измерений.

Влияющая величина – величина, непосредственно не измеряемая СИ, но при измерениях оказывающая влияние на результат измерения.

Различают нормальные, рабочие и предельные условия измерений. При **нормальных условиях измерений** влияющие величины имеют нормальные или находящиеся в пределах нормальной области значения. **Нормальная область значений влияющей величины** – область значений, в которой изменением результата измерений под воздействием влияющей величины можно пренебречь. **Рабочими** называются условия измерений, при которых влияющие величины находятся в пределах своих рабочих областей. **Предельные условия измерений** характеризуются экстремальными значениями измеряемой и влияющей величин, которые СИ может выдержать без разрушений и ухудшения его метрологических характеристик.

1.5.2 Принципы и методы измерений

Для измерения физических величин в метрологии разработаны приемы использования принципов и СИ, применение которых позволяет исключить из результатов измерения ряд систематических погрешностей и тем самым освобождает экспериментатора от необходимости определять многочисленные поправки для их компенсации, а в некоторых случаях вообще является предпосылкой получения сколько-нибудь достоверных результатов.

Принцип измерений – это явление материального мира, положенное в основу измерения. Например, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта; измерение расхода газа по перепаду давления в сужающем устройстве; применение эффекта Доплера для измерения скорости. Наличие в электроизмерительных приборах преобразователей измеряемых величин (например неэлектрических) в электрические позволяет повысить точность СИ и расширить их возможности.

Прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей или соотнесения со шкалой в соответствии с реализованным принципом измерений называется **методом измерений**. Метод измерения является основной характеристикой конкретных измерений.

Все без исключения методы измерений основаны на сравнении измеряемой величины с величиной, воспроизводимой мерой (однозначной или многозначной). При этом в зависимости от способа применения меры известной величины выделяют два метода измерений: прямой метод измерений и метод сравнения.

Прямой метод измерений – метод измерений, при котором значение измеряемой величины определяют непосредственно по показаниям средства измерений. Он основан на известной функциональной зависимости между показанием средства измерений и входным сигналом. Шкала прибора заранее градуируется с помощью многозначной меры в единицах измеряемой величины. Измерения с помощью этого метода проводятся очень быстро и просто и не требуют высокой квалификации оператора. Однако точность его невысока из-за погрешностей, связанных с необходимостью градуировки шкал приборов и воздействием влияющих величин (непостоянство температуры, влажности, не-

стабильность источников питания и т. д.) Пример: измерение тока амперметром. В литературе этот метод называют также методом непосредственной оценки.

Метод сравнения – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Сравнение может быть непосредственным или опосредованным через другие величины, однозначно связанные с первыми. Этот метод более точен, но несколько сложнее. Его отличительной чертой является непосредственное участие в процессе измерения меры известной величины, однородной с измеряемой.

Метод сравнения на практике реализуется в виде следующих основных модификаций: дифференциальный, нулевой, замещения, дополнения.

Дифференциальный метод – 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. Неизвестную величину определяют по известной величине и измеренной разности. Этот метод на практике может быть использован только в тех случаях, когда просто и точно реализуется операция вычитания величин. Его применяют при измерении параметров цепей (сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности, емкости), напряжения и др. Точность метода возрастает с уменьшением разности между значениями сравниваемых величин.

Нулевой метод – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на средство сравнения доводят до нуля. В этом случае компенсация воздействия влияющих величин оказывается наиболее полной. Значение измеряемой величины принимается равным значению меры. При высокой точности мер, воспроизводящих известную величину, и высокой чувствительности средства сравнения может быть достигнута высокая точность измерения. Примером средств измерений, в которых используется нулевой метод, являются измерительные мосты для измерения сопротивления, емкости и индуктивности.

Метод замещения – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины. Замещение может быть полным или неполным, в связи с этим говорят о методе полного и неполного замещения. При полном замещении показания средства измерения не изменяются и результат измерения принимается равным значению меры. При неполном замещении для получения значения измеряемой величины к значению меры необходимо прибавить величину, на которую изменилось показание средства измерения. Преимущество метода замещения заключается в последовательном сравнении во времени измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой. Точность данного метода выше, чем у других разновидностей метода сравнения. Метод замещения часто применяют при измерении параметров цепей, например, рабочего затухания с использованием образцового магазина затуханий, емкости, индуктивности и т. д. Применение метода замещения позволяет исключить ряд систематических погрешностей, возникающих в процессе измерения в некоторых средствах измерений.

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

В зависимости от метода измерений, свойств применяемых средств измерений, объекта исследования и других факторов измерения могут выполняться либо с **однократными**, либо с **многократными** измерениями.

Для получения результата измерения измеренные значения величины необходимо соответствующим способом обработать. От числа измерений зависит способ обработки экспериментальных данных и оценка погрешностей результатов измерений.

2 Средства измерительной техники

2.1 Общая характеристика средств измерительной техники

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

К средствам измерительной техники относят средства измерений, эталоны, измерительные системы, измерительные установки, измерительные принадлежности, средства сравнения, стандартные образцы и др.

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

СИ является обобщенным понятием, объединяющим самые разнообразные конструктивно законченные устройства, которые реализуют одну из двух функций:

1) воспроизводят величину заданного (известного) размера (например, гиря – заданную массу, магазин сопротивлений – ряд дискретных значений сопротивления);

2) вырабатывают сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины. Показания СИ либо непосредственно воспринимаются органами чувств человека (например, показания стрелочного или цифрового приборов), либо они недоступны восприятию человеком и используются для преобразования другими СИ.

По функциональному назначению СИ подразделяются на меры, измерительные приборы и измерительные преобразователи.

Мера – это СИ, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов с приписанными им значениями. Мера необходима при реализации всех модификаций метода сравнения, т. к. именно с помощью меры получают величину, значение которой известно. В качестве меры в радиоизмерениях, в частности, используются кварцевый генератор – мера частоты электрических колебаний, измерительный

резистор – мера электрического сопротивления, измерительный конденсатор – мера электрической емкости. Меры могут быть однозначными и многозначными.

Однозначная мера воспроизводит физическую величину одного определенного размера. Например, измерительный резистор, измерительный конденсатор постоянной емкости, ЭДС нормального элемента, образцовая катушка индуктивности.

Многозначная мера воспроизводит ряд одноименных величин различного размера. Например, потенциометр (переменный резистор), вариометр индуктивностей, конденсатор переменной емкости. Специально подобранный комплект мер, применяемых не только в отдельности, но и в различных сочетаниях с целью воспроизведения ряда одноименных величин различного размера, называется **набором мер**. Например, набор измерительных резисторов или конденсаторов.

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

В радиотехнике вообще и в радиоэлектронике и инфокоммуникациях в частности сигналом измерительной информации является, как правило, электрический сигнал, который функционально связан с измеряемой величиной, но недоступен для непосредственного восприятия. Измерительные приборы – самый распространенный и, можно сказать, основной вид СИ, применяемых на практике для конкретных измерений различных величин.

Измерительный преобразователь – СИ или его часть, служащее для получения и преобразования информации об измеряемой величине в форму, удобную для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи. Измерительные преобразователи могут как входить в состав измерительных приборов, так и применяться самостоятельно. Сопряжение со средствами измерений и использование в измерительных системах обычно предъявляет к измерительным преобразователям жесткие требования по унификации и стандартизации.

В зависимости от места в измерительной цепи различают первичные и промежуточные преобразователи.

Первичный преобразователь – измерительный преобразователь, на который непосредственно воздействует измеряемая величина, т. е. первый в измерительной цепи. Например, термопара в цепи термоэлектрического измерителя мощности. Если первичные преобразователи размещаются непосредственно на объекте исследования, удаленном от места обработки информации, то они иногда называются **датчиками**.

Промежуточный преобразователь – измерительный преобразователь, занимающий место в измерительной цепи после первичного преобразователя.

В зависимости от вида входного и выходного сигналов преобразователи подразделяются на **аналоговые**, **аналого-цифровые (АЦП)** и **цифро-аналоговые (ЦАП)**.

Широкое применение в средствах измерений получили масштабные измерительные преобразователи.

Масштабный преобразователь – измерительный преобразователь, который предназначен для изменения величины в заданное число раз. Например, измерительный трансформатор, делитель напряжения, измерительный усилитель, аттенуатор, шунт, добавочный резистор.

Для категории средств измерений, охватывающей измерительные приборы и измерительные преобразователи, допускается применять термин «**измерительные устройства**».

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

Вспомогательное средство измерений – СИ той величины, влияние которой на основное СИ или объект измерения необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности. К ним относятся, например, СИ, применяемые для контроля внешних условий (температуры, давления и т. п.) при выполнении измерений другими СИ или при их поверке.

В комплект некоторых СИ входят принадлежности, которые могут оказывать влияние на метрологические свойства СИ. К принадлежностям относятся градуировочные графики, таблицы, номограммы, соединительные кабели с нормированными коэффициентами отражения и затухания и др. Сами принадлежности средствами измерений не являются.

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных СИ (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей (ИП)) и других устройств (сопряжения, питания и др.), предназначенная для измерений одной или нескольких величин. Измерительные установки используют, например, для исследования электрических характеристик и параметров сложных электротехнических устройств.

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

2.2 Погрешности средств измерений

2.2.1 Определения и формы представления погрешностей СИ

При использовании СИ всегда имеют место погрешности, которые обусловлены несовершенством самих СИ. Так, показания измерительного прибора отличаются от действительного значения измеряемой величины, значение величины, воспроизводимой мерой, отличается от номинального значения меры, действительная характеристика преобразователя отличается от его номинальной. Это отличие и называют погрешностью средства измерения.

Таким образом, **погрешность СИ** – это разность между показанием СИ X_{Π} и известным опорным (действительного) значением измеряемой величины Q .

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).

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

Не следует отождествлять погрешность СИ и погрешность результата измерения. Погрешность СИ является свойством конкретного СИ, которое присуще только ему и которое регламентируется стандартами в виде нормируемых метрологических характеристик СИ. Знание этих характеристик позволяет при рабочих измерениях приближенно оценивать границы погрешности результата измерения, если другими ее составляющими можно пренебречь.

Погрешности СИ можно классифицировать по ряду признаков: по способу выражения (абсолютная, относительная, приведенная); по характеру проявления (случайная, систематическая). Погрешности измерений и погрешности СИ имеют одинаковую природу.

Абсолютная погрешность СИ – это погрешность СИ, выраженная в единицах измеряемой величины. Количественно она определяется как разность между показанием СИ X_{Π} и опорным (действительным) значением измеряемой величины Q :

$$\Delta_{\Pi} = X_{\Pi} - Q. \quad (2.1)$$

Относительная погрешность СИ – это погрешность СИ, выраженная отношением Δ_{Π} абсолютной погрешности СИ к опорному (действительному) значению измеряемой им величины:

$$\delta_{\Pi} = \frac{\Delta_{\Pi}}{Q}, \quad (2.2)$$

$$\delta_{\Pi} = \frac{\Delta_{\Pi}}{Q} \cdot 100 \%. \quad (2.3)$$

Приведенная погрешность СИ – погрешность СИ, представленная отношением абсолютной погрешности к нормирующему значению величины X_N , выражается в процентах:

$$\gamma_{\Pi} = \frac{\Delta_{\Pi}}{X_N}. \quad (2.4)$$

Приведенная погрешность введена в первую очередь для характеристики показателей точности СИ, диапазон измеряемых величин которых включает и нулевое значение, т. к. если измеряемая величина приближается к нулю, то δ_{Π} любого СИ независимо от точности стремится к бесконечности. Кроме того, γ_{Π} позволяет в отличие от Δ_{Π} и δ_{Π} выявить потенциальные возможности СИ в плане минимизации инструментальной составляющей погрешности результата измерения.

Нормирующее значение X_N – это условно принятое значение, которое может быть равным верхнему пределу измерений, диапазону измерений, длине шкалы и др. Правила выбора X_N регламентируются стандартом.

Погрешность СИ включает целый ряд систематических и случайных составляющих и зависит от условий его эксплуатации.

Причинами случайных погрешностей могут быть случайные изменения параметров конструктивных элементов СИ, случайное изменение отсчета по шкале прибора и др. Случайные составляющие погрешности СИ приводят к неоднозначности показаний. Поэтому случайные составляющие погрешности СИ стараются сделать незначительными. Серийные измерительные приборы обладают этим свойством.

Причинами возникновения систематических погрешностей могут быть, например, действие различных дестабилизирующих факторов в процессе измерения, технологические ошибки в процессе изготовления СИ, ошибки при подготовке измерительных приборов к проведению измерений, старение и износ конструктивных элементов СИ и др.

Погрешность СИ, используемого в нормальных условиях, называется **основной погрешностью СИ**. Изменение погрешности СИ, вызванное отклонением одной из влияющих величин от нормального значения или выходом за пределы нормальной области, называется **дополнительной погрешностью СИ**. Обычно дополнительная погрешность указывается отдельно для каждой из влияющих величин. Нормальные значения (нормальные области значений) влияющих величин и допускаемые отклонения от них установлены ТНПА.

2.2.2 Нормирование погрешностей СИ

Погрешности СИ нормируются установлением пределов допускаемых основной и дополнительной погрешностей. Способы нормирования и формы представления этих пределов должны быть установлены в стандартах и (или) технических условиях на конкретные СИ. Пределы допускаемых основных погрешностей выражают в форме абсолютной, относительной и приведенной погрешностей в зависимости от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения СИ конкретного вида. Пределы допускаемой дополнительной погрешности допускаются выражать в форме, отличной от формы выражения пределов допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины или условно в делениях шкалы, если погрешность имеет аддитивный характер, устанавливаются по формуле

$$\Delta_{\Pi} = \pm a, \quad (2.5)$$

или, если погрешность имеет соизмеримые аддитивную или мультипликативную составляющие, по формуле

$$\Delta_{\Pi} = \pm(a + b \cdot X), \quad (2.6)$$

где Δ_{Π} – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности;

a и b – положительные числа, не зависящие от X ;

X – значение измеряемой величины или число делений, отсчитанное по шкале.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются по формулам:

- если Δ_{Π} задается формулой (2.5), то

$$\delta_{\Pi} = \pm q; \quad (2.7)$$

- если Δ_{Π} задается формулой (2.6), то

$$\delta_{\Pi} = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{X} \right| - 1 \right) \right], \quad (2.8)$$

где δ_{Π} – пределы допускаемой относительной основной погрешности;

X_k – больший (по модулю) из пределов измерений;

q , c и d – положительные числа, выбираемые из ряда

$$(1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6) \cdot 10^n, \quad n = 1, 0, -1, -2, \dots \quad (2.9)$$

$$c = b + d; \quad d = \frac{a}{X_k}. \quad (2.10)$$

Соотношение между числами c и d устанавливают в стандартах на конкретные СИ. Кроме того, в них должно быть установлено минимальное значение X , равное X_0 , начиная от которого применим принятый способ выражения пределов допускаемой основной относительной погрешности.

В обоснованных случаях Δ_{Π} и δ_{Π} могут устанавливаться по более сложным формулам или в виде графика (таблицы). В частности, допускается значение δ_{Π} выражать в децибелах по формуле

$$\delta_{\Pi} = A \cdot \lg \left(1 + \frac{\Delta_{\Pi}}{X} \right), \quad (2.11)$$

где $A = 10$ при измерении мощности, энергии, плотности энергии и других энергетических величин и $A = 20$ при измерении напряжения, силы тока, напряженности электрического поля и других электрических величин.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности устанавливаются по формуле

$$\gamma_{\Pi} = \pm p, \quad (2.12)$$

где p – отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда (2.9).

Если границы абсолютных погрешностей можно полагать практически неизменными в диапазоне измерений, то пределы допускаемых основных погрешностей устанавливают по формулам (2.5), (2.7) и (2.12). Если же их можно полагать изменяющимися практически линейно, то по формулам (2.6) и (2.8), в которых первые слагаемые характеризуют аддитивную (не зависящую от X), а вторые – мультипликативную (зависящую от X) составляющие погрешности СИ.

Выражение пределов допускаемой основной погрешности в форме приведенных и относительных погрешностей является предпочтительным, т. к. они остаются одинаковыми для СИ одного уровня точности, но с различными верхними пределами измерений.

Пределы допускаемых дополнительных погрешностей устанавливают:

- в виде постоянного значения для всей рабочей области влияющей величины или в виде постоянных значений по интервалам рабочей области влияющей величины;

- путем указания отношения предела допускаемой дополнительной погрешности, соответствующего регламентированному интервалу влияющей величины, к этому интервалу;

- путем указания зависимости предела допускаемой дополнительной погрешности от влияющей величины (предельной функции влияния);

- путем указания функциональной зависимости пределов допускаемых отклонений от номинальной функции влияния.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности, как правило, устанавливают в виде долевого (кратного) значения предела допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемых основной и дополнительной погрешностей должны быть выражены не более чем двумя значащими цифрами, причем погрешность округления при вычислении пределов должна быть не более 5 %.

2.2.3 Классы точности СИ

Обобщенной характеристикой СИ является **класс точности**. Он определяется пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами СИ, влияющими на точность, значения которых устанавливают в стандартах на конкретные виды СИ.

В соответствии с приведенным определением класс точности в общем случае определяется основными и дополнительными погрешностями. Однако если изменения погрешности во всей рабочей области значений влияющих величин составляют менее половины основной, то дополнительная погрешность может не учитываться. Если же это условие не выполняется, то пределы допускаемых дополнительных погрешностей устанавливают в виде долевого (кратного) значения предела допускаемой основной погрешности.

Для обозначения классов точности используются прописные буквы латинского алфавита, римские и арабские цифры, которые наносят на шкалах или корпусах СИ и указывают в технической документации на эти средства. Способ обозначения класса точности определяется формой выражения основной погрешности.

Если СИ имеет два и более диапазонов измерений или оно способно измерять несколько величин, то такое СИ может иметь разные классы точности для различных диапазонов и для каждой измеряемой величины.

Примеры обозначения классов точности приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Примеры обозначения классов точности

Форма выражения погрешности	Способ нормирования основной погрешности	Предел допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
			в документации	на СИ
Абсолютная	По формулам (2.5) и (2.6) и другим более сложным формам	Указывается в нормативно-технической документации	Класс точности М Класс точности IV Класс точности В ₂	М IV В ₂
Относительная	По формуле (2.7)	$\delta_{\Pi} = \pm 2,5$	Класс точности 2,5	2,5
	По формуле (2.8)	$\delta_{\Pi} = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left \frac{X_k}{X} \right - 1 \right) \right]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01
	По одной из сложных форм	Указывается в нормативно-технической документации	Класс точности С Класс точности Н ₁ Класс точности II	С Н ₁ II
Приведенная	По формуле (2.12): X_N выражено в единицах измеряемой величины	$\gamma_{\Pi} = 1,5$	Класс точности 1,5	1,5
	X_N выражено в длине рабочего участка шкалы	$\gamma_{\Pi} = 4,0$	Класс точности 4,0	4,0

2.3 Основные характеристики средств измерений

Для оценки свойств СИ и определения возможности их применения при эксплуатации служат характеристики ИП, всю совокупность которых можно условно разбить на две группы:

- 1) технические характеристики – характеристики, не влияющие на точность измерений;
- 2) метрологические характеристики – это характеристики, влияющие на результаты и погрешность измерений.

2.3.1 Технические характеристики средств измерений

Назначение – это качественная характеристика, показывающая, для измерения каких физических величин предназначено СИ. Она является основной при классификации всех видов измерительных приборов.

Область применения – это количественная характеристика, определяемая диапазонами возможного изменения измеряемых величин, неизмеряемых величин (неинформативных параметров входного сигнала) и влияющих величин (климатических, механических и других воздействий), в которых нормированы метрологические характеристики.

Надежность – это количественная характеристика, определяющая свойства СИ выполнять заданные функции, сохраняя свои характеристики в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Основным показателем надежности является наработка на отказ.

2.3.2 Метрологические характеристики СИ

Совокупность метрологических характеристик СИ регламентируется ТНПА. В них метрологические характеристики представлены в общем виде. Поэтому на их основе конкретизируем основные характеристики СИ.

А. Характеристики для определения результатов измерений.

Функция преобразования (градуировочная характеристика, уравнение преобразования) – функциональная зависимость между информативными параметрами выходного Y и входного X сигналов средства измерений: $Y = F(X)$.

Функция преобразования позволяет определить значение измеряемой величины X в рабочих условиях по показаниям СИ Y , если оно имеет именованную шкалу или шкалу, проградуированную в единицах входной величины.

Функцию преобразования, применяемую для СИ и устанавливаемую в нормативной документации на данное средство измерения, называют **номинальной статической функцией преобразования средства измерения**. Она может быть представлена аналитически в виде уравнения, графически в виде графика или в виде таблицы. Для аналоговых измерительных приборов задание функции преобразования (градуировочной характеристики) означает градуировку шкалы прибора, т. е. нанесение отметок на шкалу прибора. Для цифровых измерительных приборов градуировочная характеристика представляется в виде последовательности чисел, высвечиваемых на табло. Идеальная функция преобразования представляет собой линейную зависимость, но под действием различных причин она становится нелинейной. Функция преобразования связывает конструктивные параметры СИ с его входным и выходным сигналами.

Чувствительность – это отношение изменения сигнала на выходе СИ ($\Delta\alpha$) к вызывающему его изменению измеряемой величины (ΔX). Различают **абсолютную**

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta X} \quad (2.13)$$

и **относительную** чувствительность

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta X / X}. \quad (2.14)$$

При линейной статической характеристике преобразования чувствительность постоянна $S = \text{const}$, шкала прибора равномерная, а при нелинейной характеристике S зависит от X . Величина, обратная чувствительности, называется постоянной прибора, или ценой деления его шкалы:

$$C = \frac{1}{S}. \quad (2.15)$$

Чувствительность и цена деления – величины именованные. Обычно говорят о чувствительности СИ к какой-нибудь величине (напряжению, току и т. д.). Например: $S = 5$ дел/В; $C = 0,2$ А/дел.

Если шкала неравномерная, то нормируется минимальная цена деления.

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

Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности СИ. Эта область ограничена **пределами измерений** – наибольшим (X_{max}) и наименьшим (X_{min}) значениями диапазона измерений. Часто в измерительных приборах с целью повышения точности измерений общий диапазон измерений может быть разбит на несколько поддиапазонов со своими нормированными допускаемыми погрешностями.

Диапазон показаний – область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы. Этот диапазон может быть шире диапазона измерений.

Отсчет – фиксация значения величины или числа по показывающему устройству СИ в заданный момент времени.

Показание СИ – значение величины, формируемое СИ. В некоторых случаях показания определяются с помощью отсчета по прилагаемой к прибору градуировочной характеристике, т. е. зависимости между отсчетом и значением величины на входе прибора, представленной в виде таблицы, графика или формулы.

Деление шкалы – промежуток между двумя соседними отметками шкалы СИ. Шкалы бывают равномерные, практически равномерные, степенные и существенно неравномерные.

Б. Характеристики погрешности.

Область рабочих частот (диапазон рабочих частот) – полоса частот, в пределах которой погрешность СИ, полученная при изменении частоты, не превышает допускаемого предела.

Время измерения – время, прошедшее с момента изменения измеряемой величины или начала принудительного цикла измерения до момента получения нового результата измерения на отсчетном устройстве с нормированной погрешностью.

Скорость измерения – максимальное число измерений в единицу времени, выполняемых с нормированной погрешностью.

Полное входное сопротивление $Z_{вх}$ – сопротивление измерительного прибора со стороны его входных зажимов, которое определяет реакцию входного сигнала на подключение прибора к источнику этого сигнала. За счет него возникает рассогласование по входу и, как следствие, методическая погрешность измерения. На сравнительно низких частотах входная цепь прибора, включаемого параллельно измеряемой цепи, может быть представлена ее эквивалентной схемой, состоящей из соединенных параллельно резистора сопротивлением $R_{вх}$ и конденсатора емкостью $C_{вх}$.

Полное выходное сопротивление $Z_{вых}$ – сопротивление измерительного прибора со стороны его выходных зажимов, которое определяет реакцию выходного сигнала прибора на подключение к его выходу фиксированной нагрузки. За счет него возникает рассогласование по выходу и, как следствие, погрешность измерения.

Вариация показаний – разность показаний СИ в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины. Вариация характеризует, насколько устойчиво повторяются показания прибора при измерениях одних и тех же значений измеряемой величины.

Время установления показаний (время успокоения) – промежуток времени, прошедший с момента изменения измеряемой величины до момента установления показаний. Для аналоговых приборов момент установления показаний определяется моментом, когда амплитуда колебаний указателя становится не больше, чем погрешность прибора.

Собственная потребляемая мощность $P_{соб}$ – мощность, потребляемая СИ от измеряемой цепи. Чем меньше $P_{соб}$, тем точнее измерения.

Погрешность – основная точностная характеристика СИ, определяющая инструментальную составляющую погрешности результатов измерений.

В. Динамические характеристики.

В зависимости от характера изменения измеряемой величины и свойств СИ они могут работать в статическом или динамическом режиме.

Если СИ реагирует на изменения измеряемой величины во времени и преобразовательные процессы, происходящие в нем, зависят от его динамических свойств, то такой режим работы называется **динамическим**. При медленном изменении измеряемой величины во времени или его отсутствии режим работы СИ считается **статическим**.

Динамические характеристики – это характеристики инерционных свойств СИ. Они определяют зависимость параметров выходного сигнала СИ от изменяющихся во времени величин (параметров входного сигнала, внешних влияющих величин, нагрузки).

Погрешности СИ, определяемые характером изменения величины, также разделяют на статические и динамические.

3 Погрешности измерений и математическая обработка результатов измерений

3.1 Погрешности измерений. Причины их возникновения и формы представления

Измеренное значение величины X , полученное в результате измерения, всегда отличается от истинного значения этой измеряемой величины Q .

Истинные значения величин – это значения, идеальным образом отражающие свойства данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Они не зависят от средств измерений и являются той абсолютной истиной, к которой стремятся при измерениях.

Напротив, измеренные значения, представляя собой приближенные оценки значений величин, найденные в результате измерения, зависят от метода измерений, средств измерений и других факторов.

Таким образом, любое измерение всегда выполняется с некоторой погрешностью, и поэтому можно записать, что

$$X = Q \pm \Delta X. \quad (3.1)$$

Как следует из выражения (3.1), **погрешностью результата измерения** (погрешностью измерения) называется разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

Тщательное выполнение измерений, использование более точных СИ, применение различных методов и приемов измерений может в лучшем случае только уменьшить погрешность измерения, но полностью исключить погрешность из результатов измерений невозможно. Поэтому в задачу каждого измерения обязательно входит оценка погрешности полученного результата.

Количественно погрешность измерения может быть выражена в формах абсолютной (Δ) и относительной (δ) погрешности.

Абсолютная погрешность измерения – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины. Она определяется как разность между измеренным и опорным значением измеряемой величины:

$$\Delta = X - Q. \quad (3.2)$$

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

$$\delta = \frac{\Delta}{Q}. \quad (3.3)$$

Чаще на практике относительную погрешность выражают в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta}{Q} \cdot 100\%. \quad (3.4)$$

Наряду с понятием «погрешность» на практике широко применяют понятие «точность». **Точность измерений** – это характеристика качества измерений, отражающая близость измеренного значения к опорному значению изме-

ряемой величины. Как правило, термин «точность» употребляют в сочетании со словами, характеризующими точность измерений качественно: «высокая точность измерений», «низкая точность измерений» и т. п.

Количественно точность измерений оценивают величиной, обратной модулю относительной погрешности:

$$\varepsilon = \frac{1}{|\delta|}. \quad (3.5)$$

Из (3.5) видно, что чем меньше погрешность, тем выше точность и наоборот.

Но поскольку опорное значение Q является принятым значением, которое должно быть известно, то для определения погрешности измерения в формулы (3.2)–(3.4) вместо него подставляют действительное значение величины X_d .

Под **действительным значением измеряемой величины** понимается ее значение, полученное экспериментально и настолько близкое к опорному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него. Более того, при малых значениях относительной погрешности измерения ($\delta \ll 1$, что обычно выполняется при рабочих измерениях на практике) в качестве X_d используют измеренное значение X . При поверках СИ за действительное принимают значение, полученное с помощью эталона.

Основными причинами возникновения погрешностей являются несовершенство методов измерений, средств измерений и органов чувств наблюдателя. В отдельную группу следует объединить причины, связанные с влиянием условий проведения измерений.

Таким образом, погрешность результата измерения может быть представлена как результат совместного воздействия различного рода факторов объективного и субъективного характера, что необходимо учитывать при классификации погрешностей.

В зависимости от характера проявления можно выделить две основные группы факторов, под влиянием которых складывается суммарная погрешность результата измерения.

К **первой группе** можно отнести факторы, проявляющиеся нерегулярно или проявляющиеся с интенсивностью, которую трудно предвидеть. К ним относятся, например, малые флуктуации влияющих величин (температуры, давления окружающей среды и т. п.), случайные изменения самой измеряемой величины, случайные погрешности СИ и др. Составляющая суммарной погрешности измерения, возникающая под действием факторов этой группы, определяет случайную погрешность измерения.

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

При создании средств измерений и организации процесса измерения в целом интенсивность проявления факторов, определяющих случайную погрешность измерения, удастся свести к общему уровню, так что все они влияют

более или менее одинаково на формирование случайной погрешности. Однако некоторые из них, например, внезапное падение напряжения в сети электропитания, могут проявиться неожиданно сильно, в результате чего погрешность примет размеры, явно выходящие за границы, обусловленные ходом измерительного эксперимента. Такие погрешности в составе случайной погрешности называются **грубыми**. С ними тесно связаны **промахи** – грубые погрешности, возникающие от неправильных действий наблюдателя и обусловленные, например, неправильным обращением со средствами измерений, неверным отсчетом показаний, ошибками при записи результатов измерений и др.

Ко **второй группе** можно отнести постоянные или закономерно изменяющиеся в процессе измерительного эксперимента факторы, например, плавные изменения влияющих величин. Составляющая суммарной погрешности измерения, возникающая под действием факторов этой группы, определяет систематическую погрешность измерения.

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

В процессе измерения описанные составляющие погрешности проявляются одновременно, и суммарную погрешность можно представить в общем случае в виде их суммы

$$\Delta = \overset{\circ}{\Delta} + \Delta_c, \quad (3.6)$$

где $\overset{\circ}{\Delta}$ – случайная погрешность;

Δ_c – систематическая погрешность.

В зависимости от характера влияния на результат измерения погрешности делят на аддитивные и мультипликативные.

Аддитивной называют погрешность, значение которой не зависит от значения измеряемой величины.

Мультипликативной называют погрешность, значение которой изменяется с изменением измеряемой величины. Оба эти вида погрешностей могут иметь как случайный, так и систематический характер. Кроме того, на практике погрешности измерения часто имеют как аддитивную, так и мультипликативную составляющие.

В зависимости от источника возникновения различают четыре основные составляющие погрешности измерения: методическая, инструментальная, внешняя и субъективная.

Методическая погрешность (погрешность метода измерения) – составляющая погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений.

В общем случае задача оценки методической погрешности достаточно сложна. Однако часто методические погрешности могут быть вычислены до проведения измерений (априорно) и исключены из результатов измерений. Напри-

мер, методическую погрешность, возникающую при измерении амплитуды сигнала вольтметром, который имеет шкалу, проградуированную в среднеквадратичных значениях, можно исключить путем пересчета результата измерения через коэффициент амплитуды исследуемого сигнала.

Как правило, методическая погрешность носит систематический характер.

Инструментальная погрешность – это составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений. Она является суммарной погрешностью, составляющие которой – погрешности функциональных узлов СИ – могут быть как систематическими, так и случайными.

С технической точки зрения различают три составляющих инструментальной погрешности: схемную, технологическую и эксплуатационную.

Схемная погрешность (погрешность схемы или конструкции) – это составляющая инструментальной погрешности, присущая самой структурной или кинематической схеме (конструкции) СИ. Эта погрешность не связана с недостатками изготовления СИ.

Технологическая погрешность – это составляющая инструментальной погрешности, возникающая в результате несовершенства технологии изготовления СИ. Например, к технологическим относятся погрешности неточного нанесения отметок шкалы.

Эксплуатационная погрешность – это составляющая инструментальной погрешности, возникающая в процессе эксплуатации СИ. Например, износ деталей, старение, неисправности отдельных узлов и т. д.

Внешняя погрешность – составляющая погрешности измерения, вызываемая отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормальных значений или выходом их за пределы нормальной области (например, влияние температуры, внешних электрических и магнитных полей, механических воздействий и т. п.). Как правило, внешние погрешности определяются дополнительными погрешностями применяемых средств измерений и являются систематическими. Однако при нестабильности влияющих величин они могут иметь случайный характер.

Субъективная (личная) погрешность – составляющая погрешности измерения, которая обусловлена индивидуальными особенностями экспериментатора и может быть как систематической, так и случайной. Ее причинами являются физиологические особенности организма, скорость реакции, укоренившиеся неправильные навыки и т. п. К субъективной погрешности следует отнести прежде всего погрешность из-за недостаточно точного отсчета показаний СИ.

3.2 Систематические погрешности измерений

3.2.1 Классификация, способы обнаружения и оценки систематических погрешностей

Систематической погрешностью называется составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при по-

вторных измерениях одной и той же величины. **В зависимости от характера изменения во времени** они подразделяются на постоянные и переменные. **В зависимости от характера изменения по диапазону измерений** они подразделяются на постоянные и пропорциональные.

Постоянные систематические погрешности – погрешности, которые в течение длительного времени, например, в течение времени выполнения всего ряда измерений остаются постоянными (или – неизменными). Они возникают, например, при неправильной установке начала отсчета, неправильной градуировке средств измерений и т. п. Они встречаются наиболее часто.

Переменные систематические погрешности в свою очередь делятся на прогрессирующие, периодические и изменяющиеся по сложному закону.

Прогрессирующими называются погрешности, которые в процессе измерений непрерывно убывают или возрастают. Например, причинами возникновения прогрессирующих погрешностей могут быть разрядка источников питания, старение резисторов, конденсаторов, деформация механических деталей и т. п.

Периодическими называют погрешности, значение которых является периодической функцией времени или перемещения указателя измерительного прибора. В качестве примера можно привести средства измерений с круговой шкалой (секундомеры, индикаторы часового типа и т. п.). Периодическая погрешность в показаниях таких устройств возникает в тех случаях, когда ось вращения стрелки не совпадает с центром окружности шкалы. Другой пример – наложение гармонической помехи, источником которой является напряжение сети, на измеряемое с помощью вольтметра напряжение постоянного тока.

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

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

Наличие систематических погрешностей устойчиво искажает результаты измерений. Отсутствие или близость их к нулю определяет **правильность измерений** – характеристику измерений, отражающую близость к нулю систематических погрешностей. Чтобы обеспечить правильность измерений, необходимо предусматривать обнаружение, оценку и уменьшение (либо полное исключение) систематических погрешностей. Те систематические погрешности, которые остались в результатах измерений после этих операций, называются **неисключенными систематическими погрешностями (НСП)**.

Задача обнаружения и оценки систематических погрешностей относится к числу достаточно сложных метрологических задач и не всегда разрешима. Применяемые способы обнаружения и оценки систематических погрешностей можно условно разбить на две группы: теоретические и экспериментальные.

Теоретические способы возможны и эффективны тогда, когда известно или может быть получено аналитическое выражение для искомой погрешности на основании определенной информации. Характерным примером является обнаружение и оценка методических погрешностей, которые возникают при введении различных упрощений.

Экспериментальные способы также предполагают наличие определенной априорной информации об исследуемых погрешностях, но эта информация носит лишь качественный характер. Обнаружение и оценка систематических погрешностей в таких случаях возможны после проведения специальных экспериментальных исследований и обработки их результатов.

Результаты измерений, полученные при наличии систематических погрешностей, называют **неисправленными**. В отличие от исправленных (не содержащих систематических погрешностей) они обозначаются следующим образом: X_1', \dots, X_n' .

Одним из наиболее действенных способов обнаружения систематических погрешностей в ряде результатов наблюдений является построение графика неисправленных значений случайных отклонений результатов наблюдений от средних арифметических. Разумеется, сделанные по результатам анализа таких графиков выводы носят лишь качественный характер и объективны лишь в тех случаях, когда сопутствующие случайные погрешности значительно меньше искомой систематической.

3.2.2 Методы уменьшения систематических погрешностей

Так как систематические погрешности являются детерминированными величинами, уменьшение или даже полное исключение их возможно на всех этапах измерительного эксперимента. Методы исключения систематических погрешностей можно разделить на три основные группы:

- 1) устранение источников систематических погрешностей до начала измерений (профилактика возникновения систематических погрешностей);
- 2) исключение систематических погрешностей в процессе измерения с использованием специальных методов (экспериментальное исключение систематических погрешностей);
- 3) внесение известных поправок в результат измерения (исключение систематических погрешностей математическим путем).

Рассмотрим эти методы.

Устранение источников систематических погрешностей до начала измерений. Этот метод исключения систематических погрешностей является наиболее рациональным, т. к. он полностью или частично освобождает от необходимости устранять погрешности в процессе измерения или вычислять результат с учетом поправок. Другими словами, устранение источников систематических погрешностей существенно упрощает и ускоряет процесс измерения.

Метод может включать в себя выбор таких методов, средств измерений, планов проведения экспериментов, которые обеспечивали бы минимальные систематические погрешности; тщательную установку нулевых показаний и калибровку средств измерений; прогревание средств измерений в течение времени, указанного в инструкции по эксплуатации; применение при сборке коротких соединительных проводов, а на сверхвысоких частотах – коаксиальных кабелей; применение в необходимых случаях экранирования и термостатирова-

ния; правильное размещение средства измерений (установка в рабочее положение, размещение вдали от источников тепла и электромагнитных полей и т. п.); применение только предварительно поверенных средств измерений и т. д.

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений.

Этот метод является эффективным путем исключения ряда систематических погрешностей. При этом нет необходимости применять какие-либо специальные установки и приспособления. Как правило, это методы измерений, позволяющие не только исключать систематические погрешности, но и оценивать их:

1 Метод замещения. Этот метод измерений является одной из модификаций метода сравнения и обеспечивает наиболее полную компенсацию постоянной систематической погрешности. Суть данного метода состоит в том, что вначале измеряют неизвестную величину X и фиксируют показание измерительного прибора. Затем эту величину X заменяют известной величиной, воспроизводимой мерой X_M . Регулируя величину меры, добиваются того же показания измерительного прибора, что и при измерении X , и отсчитывают значение X_M по показывающему устройству меры. В этом случае $X = X_M$, и за окончательный результат измерения принимают значение меры с погрешностью, возникающей при отсчете. Так как точность мер обычно выше точности измерительных приборов, данный метод во многих случаях позволяет существенно повысить точность измерения, даже используя недостаточно точные измерительные приборы.

2 Метод компенсации погрешности по знаку. Этот метод заключается в том, что измерения проводят дважды так, чтобы известная по природе, но не известная по размеру погрешность входила в результаты с противоположными знаками. Погрешность исключается при вычислении полусуммы показаний.

Этот метод применяется ограниченно. Его используют для исключения только таких погрешностей, источники которых имеют направленное действие.

3 Метод изменения знака входной величины. Этот метод основан на том, что величина и знак систематической погрешности не изменяются при смене знака измеряемой величины на противоположный. Так же как и в предыдущем методе, измерения проводятся дважды, и погрешность исключается при вычислении полусуммы двух показаний.

Метод, например, может применяться в компенсаторах постоянного тока для исключения погрешности от термо- и контактных ЭДС. Здесь используется то обстоятельство, что знак термо- и контактных ЭДС не зависит от знака измеряемого и питающего напряжений.

4 Метод симметричных наблюдений используется для исключения прогрессирующей погрешности, которая изменяется по линейному закону, например, пропорционально времени.

Такой характер имеет погрешность измерения напряжения с помощью потенциометра, если происходит заметное падение напряжения источника, создающего рабочий ток.

При точных измерениях целесообразно пользоваться алгоритмом исключения систематической составляющей, который состоит в том, что не-

сколько наблюдений выполняют через равные промежутки времени и затем вычисляют средние арифметические симметрично расположенных наблюдений.

5 Метод рандомизации. Эффективным способом уменьшения систематических погрешностей является их рандомизация, т. е. перевод в случайные.

Внесение известных поправок в результат измерения. Систематические погрешности являются детерминированными величинами, поэтому могут быть вычислены и исключены из результатов измерения. Для исправления результатов наблюдений их складывают с поправками, равными систематическим погрешностям по величине и обратными им по знаку:

$$X_i = X'_i + q_i, \quad (3.7)$$

где X_i, X'_i – соответственно исправленный и неисправленный результаты наблюдений.

В некоторых случаях результаты наблюдений умножают на поправочные множители (η):

$$X_i = X'_i \cdot \eta. \quad (3.8)$$

Поправки исключают аддитивную погрешность, а поправочные множители – мультипликативную.

Поправка, или поправочный множитель могут быть определены экспериментально, например, при поверке СИ или в результате специальных исследований. Они задаются в виде таблиц, графиков, номограмм или формул, отражающих связь погрешности с измеряемой или влияющей величиной.

3.2.3 Суммирование неисключенных систематических погрешностей

Систематические погрешности, которые остаются в результатах измерений после проведения операций обнаружения, оценки и исключения, называются неисключенными систематическими погрешностями (НСП). В принципе любой результат измерения содержит НСП, которые образуются из многих составляющих (метода, СИ, других источников). При обработке результатов измерений для определения погрешности измерений они суммируются со случайными. Однако прежде отдельные НСП должны быть просуммированы между собой для оценки доверительных границ суммарной НСП результата измерения.

При определении границы результирующей НСП ее отдельные составляющие рассматривают как случайные величины. Если известно, что распределение составляющих соответствует нормальному закону, то Δ_c вычисляется при прямых измерениях по формуле

$$\Delta_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2}, \quad (3.9)$$

где Δ_{ci} – граница i -й НСП;

m – количество суммируемых НСП.

При отсутствии данных о виде распределения составляющих НСП их распределения принимают за равномерные, а Δ_c определяют по формуле

$$\Delta_c = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2}, \quad (3.10)$$

где k – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью P_d и числом m НСП Δ_{ci} .

При $P_d = 0,9$ коэффициент $k = 0,95$; при $P_d = 0,95$ $k = 1,1$; при $P_d = 0,99$ значение k зависит от количества суммируемых НСП. Если $m > 4$, то $k = 1,45$, если же $m \leq 4$, то k определяют по графику зависимости $k = f(m, l)$, $l = \frac{\Delta'_{ci}}{\Delta''_{ci}}$, где

Δ'_{ci} – максимальная граница; Δ''_{ci} – граница, ближайшая к Δ'_{ci} . При практических расчетах, не требующих максимально возможной точности, можно принимать, что если $m = 4$, то $k = 1,4$; при $m = 3$ $k \approx 1,3$; при $m = 2$ $k \approx 1,2$.

При косвенных измерениях НСП, имеющие место при измерениях аргументов X_i , являются частными НСП результата косвенного измерения:

$$\Delta_{c\bar{Q}_i} = \frac{\partial F}{\partial X_i} \Delta_{cX_i}. \quad (3.11)$$

Они затем суммируются так же, как и при прямых измерениях, т. е. для определения Δ_c результата косвенного измерения в формулы (3.9) или (3.10) необходимо подставить вместо Δ_{ci} значения Δ_{cX_i} , вычисленные по формуле (3.11).

Доверительную вероятность для вычисления Δ_c принимают той же, что и при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

3.3 Случайные погрешности измерений

3.3.1 Описание случайных погрешностей измерений

Случайные погрешности в отличие от систематических проявляются случайным образом, т. е. они по своему значению и знаку неопределенны. Поэтому их нельзя исключить из результатов измерений подобно систематическим.

Наличие случайных погрешностей определяет такое понятие, как **достоверность измерений**. Под **достоверностью** понимают качественную характеристику измерений, отражающую близость к нулю случайных погрешностей. Следовательно, чтобы обеспечить достоверность измерений, необходимо оценить значения случайных погрешностей с некоторой вероятностью и благодаря этому учесть их влияние на оценку истинного значения измеряемой величины. Это можно сделать, используя теорию вероятностей и математическую статистику.

Для описания свойств случайной величины в теории вероятностей используют понятие функции (закона) распределения вероятностей случайной величины (в нашем случае случайной погрешности Δ).

Различают две формы описания функции распределения: интегральную и дифференциальную. В метрологии чаще применяют дифференциальную функцию распределения, называемую плотностью распределения вероятностей, т. к. она более наглядно описывает свойства случайной погрешности. Однако для определения функций распределения необходимо проведение весьма кропотливых научных исследований и обширных вычислительных работ. Значительно чаще бывает достаточно охарактеризовать случайные погрешности с помощью ограниченного числа специальных величин, называемых **моментами**. Моменты называются **начальными**, если величины усредняют, и **центральными**, если величины усредняют от центра распределения.

Из начальных моментов для оценки случайных погрешностей чаще всего используется **начальный момент первого порядка**, который является **математическим ожиданием** \hat{m}_x случайной величины X_i и определяется по формуле

$$\mu_1 = \hat{m}_x = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (3.12)$$

где n – количество наблюдений.

Из **центральных** моментов особенно важную роль играет **второй момент**, называемый **дисперсией** \hat{D}_x :

$$\mu_2 = \hat{D}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{m}_x)^2. \quad (3.13)$$

Дисперсия характеризует рассеяние погрешностей относительно математического ожидания. Она имеет размерность квадрата погрешности измерения, что не совсем удобно для характеристики погрешности. Поэтому обычно используют среднеквадратичное отклонение $\hat{\sigma}_x = \sqrt{\hat{D}_x}$, которое имеет размерность самой погрешности. Нормальное распределение полностью характеризуется значениями \hat{m}_x и $\hat{\sigma}_x$.

3.3.2 Оценка случайных погрешностей прямых многократных измерений

Приемы оценки случайных погрешностей результатов измерений с многократными наблюдениями различны для **равноточных** и **неравноточных измерений**. **Равноточными** называют измерения, измеренные значения которых получены одним оператором, в одинаковых условиях и с помощью одного и того же СИ. Однако в ряде случаев возникает необходимость нахождения оценки

измеряемой величины на основании измеренных значений, полученных разными операторами в различных условиях, с применением различных СИ (и даже различных методов измерений). Такие измерения называют **неравноточными**, т. к. измеренные значения будут иметь различную точность. При оценке случайных погрешностей будем полагать, что систематические погрешности тем или иным способом исключены из измеренных значений, т. е. результаты являются исправленными.

Приемы оценки случайных погрешностей прямых равноточных измерений регламентируются стандартом.

За результат измерения принимается значение оценки математического ожидания \hat{m}_x , называемой чаще средним арифметическим из n измеренных значений или показаний и обозначаемой \bar{X} . Это значение определяется по формуле

$$\bar{X} = \hat{m}_x = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}. \quad (3.14)$$

Оценка (3.14) является **состоятельной, несмещенной и эффективной оценкой** истинного значения измеряемой величины. **Состоятельной** называют оценку, которая приближается (сходится по вероятности) к истинному значению оцениваемой величины при $n \rightarrow \infty$. **Несмещенной** является оценка, математическое ожидание которой равно истинному значению оцениваемой величины. **Эффективной** является несмещенная оценка, для которой дисперсия \hat{D}_x минимальна.

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

Оценкой СКО является **выборочное стандартное отклонение**, определяемое по формуле

$$\hat{\sigma}_x = \sqrt{\hat{D}_x} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{m}_x)^2}. \quad (3.15)$$

Так как при практических расчетах вместо \hat{m}_x применяется его оценка \bar{X} , то мы можем определить лишь значения

$$V_i = X_i - \bar{X}, \quad (3.16)$$

где V_i – случайные отклонения результатов отдельных измеренных значений.

Следовательно, для расчета оценки СКО ($\hat{\sigma}_x$) вместо (3.15) должна применяться следующая формула:

$$\hat{\sigma}_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n V_i^2}. \quad (3.17)$$

Известно, что оценка стандартного отклонения распределения \bar{X} называется выборочным стандартным отклонением среднего арифметического и определяется по формуле

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}_x}{\sqrt{n}}. \quad (3.18)$$

С учетом (3.17) $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ будет определяться по формуле

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n V_i^2}. \quad (3.19)$$

Оценки \bar{X} и $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ называются точечными и всегда являются приближенными, т. к. получены на основании ограниченного числа измерений. Кроме того, они не содержат никаких сведений о вероятности этих оценок, хотя и позволяют оценить числовые значения результата измерения и его случайного отклонения. Поэтому необходимо перейти от точечных оценок к так называемым интервальным оценкам, которые связаны с определением **доверительных границ** случайной погрешности результата измерения.

Доверительные границы погрешности измерения – это верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью P_D находится значение погрешности измерений, а следовательно, и истинное значение измеряемой величины.

Для нахождения доверительных границ случайной погрешности необходимо умножить $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ на коэффициент t , зависящий в общем случае от доверительной вероятности P_D , числа наблюдений n и закона распределения случайных погрешностей, т. е.

$$\Delta = t \cdot \hat{\sigma}_{\bar{x}}. \quad (3.20)$$

Для наиболее универсального нормального распределения плотности вероятности случайных погрешностей (распределения Гаусса, для $n < 30$ – распределения Стьюдента) значения t определены численным решением интеграла вероятности, табулированы в зависимости от P_D и n и приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значение коэффициента t для распределения Стьюдента с $(n - 1)$ степенями свободы

$n - 1$	$P_D = 0,95$	$P_D = 0,99$	$n - 1$	$P_D = 0,95$	$P_D = 0,99$
3	3,182	5,841	16	2,120	2,921
4	2,776	4,604	18	2,101	2,878
5	2,571	4,032	20	2,086	2,845
6	2,447	3,707	22	2,074	2,819
7	2,365	3,499	24	2,064	2,797
8	2,306	3,355	26	2,056	2,779
10	2,228	3,169	28	2,048	2,763
12	2,179	3,055	30	2,043	2,750
14	2,145	2,997	∞	1,960	2,576

При технических измерениях значение $\hat{\Delta}$ следует определять для $P_d = 0,95$. В тех случаях, когда измерение нельзя повторить, помимо границ, соответствующих $P_d = 0,95$, допускается указывать границы для $P_d = 0,99$. В особых случаях, например при измерениях, результаты которых имеют значение для здоровья людей, допускается вместо $P_d = 0,99$ принимать более высокую доверительную вероятность.

При числе измеренных значений $n > 50$ для проверки принадлежности их к нормальному распределению предпочтительным являются критерии χ^2 Пирсона или ω^2 Мизеса – Смирнова. При $15 < n < 50$ предпочтительным является составной критерий. При $n \leq 15$ принадлежности результатов наблюдений к нормальному распределению не проверяют, а значение t выбирают из таблицы 3.1. При невозможности провести проверку принадлежности полученного ряда измеренных значений к нормальному распределению оно таковым

принимается, потому что в этом случае надежность оценки $\hat{\Delta}$ повышается, т. к. при $P_d > 0,85$ значения t для нормального распределения максимальны по сравнению со значениями t для других распределений.

В заключение рассмотрим так называемый критерий грубых погрешностей. Оказывается, что при $n \geq 30$ и $P_d = 0,9973$ значение коэффициента $t = 3$.

Это значение t считают предельно возможным при определении $\hat{\Delta}$ по формуле (3.20), т. к. вероятность появления большего значения очень мала (0,0027). Поэтому критерий «трех сигм» принят в качестве критерия грубых погрешностей.

Если модуль случайного отклонения $|V_i|$ окажется больше трех выборочных стандартных отклонений ряда измеренных значений, то такое измеренное значение содержит грубую погрешность и должно быть исключено из ряда при обработке ряда измеренных значений. Математически это выражается следующим образом:

$$|V_i| \geq 3 \cdot \hat{\sigma}_x . \quad (3.21)$$

Существуют и другие критерии, но этот наиболее широко применяется в метрологической практике из-за своей простоты и надежности.

3.3.3 Оценка случайных погрешностей многократных косвенных измерений

Так как результаты прямых измерений аргументов содержат погрешности, то и результат косвенного измерения также будет содержать погрешность. Поэтому, как и в случае прямых измерений, необходимо оценить принятое значение измеряемой величины Q и доверительные границы погрешности результата косвенного измерения.

За результат косвенного измерения принимается величина \bar{Q} . Она вычисляется при подстановке в формулу (1.6) средних арифметических значений аргументов, полученных с помощью формулы (3.14):

$$\bar{Q} = f(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m). \quad (3.22)$$

Свойства оценок \bar{Q} и \bar{X} аналогичны.

Выборочное стандартное отклонение результата косвенного измерения:

$$\hat{\sigma}_{\bar{Q}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \cdot \hat{\sigma}_{\bar{X}_i} \right)^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m \frac{\partial f}{\partial X_i} \cdot \frac{\partial f}{\partial X_j} \cdot \hat{\sigma}_{\bar{X}_i} \cdot \hat{\sigma}_{\bar{X}_j} \cdot \hat{R}_{ij}}, \quad (3.23)$$

где $\frac{\partial f}{\partial X_i}$, $\frac{\partial f}{\partial X_j}$ – частные производные, вычисляемые при $X_i = \bar{X}_i$ и $X_j = \bar{X}_j$;

\hat{R}_{ij} – оценка коэффициента корреляции между погрешностями измерения величин X_i и X_j .

Величина

$$\hat{E}_{xi} = \frac{\partial f}{\partial X_i} \hat{\sigma}_{\bar{X}_i} \quad (3.24)$$

называется частной случайной погрешностью результата косвенного измерения. Значение производной $\frac{\partial f}{\partial X_i}$ при $X_i = \bar{X}_i$ характеризует «вес» этой погрешности в оценке $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$, т. е. является **весовым коэффициентом** (иногда он называется также коэффициентом влияния).

Коэффициент корреляции определяет, как известно, степень статистической связи между случайными величинами, в нашем случае – между случайными погрешностями измерения величин X_i и X_j . Его возможные значения лежат в интервале

$$-1 \leq \hat{R}_{ij} \leq +1. \quad (3.25)$$

Как видно из (3.25), в процессе обработки результатов наблюдений при косвенных измерениях могут встретиться два частных случая.

Первый случай: $\hat{R}_{ij} = 0$ – случай независимых частных погрешностей.

Он имеет место, когда X_i и X_j измеряют с помощью различных СИ в разное время, разными операторами и т. п. В этом случае формула (3.23) упрощается и с учетом (3.24) принимает вид

$$\hat{\sigma}_{\bar{Q}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \hat{E}_{xi}^2}. \quad (3.26)$$

Второй случай: $\hat{R}_{ij} \neq 0$ – случай зависимых частных погрешностей. Он имеет место, когда X_i и X_j измеряют с помощью однотипных СИ, одним оператором, при одновременном изменении влияющих величин и т. п. В этом случае $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$ определяется из общей формулы (3.23), но предварительно определяется оценка \hat{R}_{ij} по формуле

$$\hat{R}_{ij} = \frac{1}{(n-1)\hat{\sigma}_{\bar{X}_i}\hat{\sigma}_{\bar{X}_j}} \sum_{k=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_i)(X_{jk} - \bar{X}_j), \quad (3.27)$$

где n – наименьшее из чисел наблюдений X_{ik} и X_{jk} .

Если $\hat{R}_{ij} > 0$ (положительная корреляция), то одна из погрешностей возрастает при увеличении другой, если же $\hat{R}_{ij} < 0$ (отрицательная корреляция) – тенденция будет обратной.

Доверительные границы случайной погрешности результата косвенного измерения определяются по формуле, аналогичной формуле при прямых измерениях:

$$\overset{\circ}{\Delta} = t \cdot \hat{\sigma}_{\bar{Q}}. \quad (3.28)$$

Коэффициент Стьюдента t выбирается следующим образом. Если $n \geq 30$, значение t определяется сразу из таблицы 3.1, как и при прямых измерениях. Если же $n < 30$, то предварительно необходимо определить так называемое «эффективное» число степеней свободы распределения Стьюдента, учитываемое затем при использовании таблицы 3.1:

$$n_{\text{эф}} - 1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^m \hat{E}_X \hat{\delta}_{\bar{X}_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{n_i - 1} \hat{E}_{\bar{X}_i}^2 \hat{\delta}_{\bar{X}_i}^2}, \quad (3.29)$$

где n_i – число наблюдений при прямых измерениях X_i ;

$\hat{\delta}_{\bar{X}_i}$ – относительное СКО результата измерения, равное $\hat{\delta}_{\bar{X}_i} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_i} / \bar{X}_i$.

В заключение рассмотрим так называемый критерий ничтожных погрешностей.

С учетом весовых коэффициентов не все частные погрешности косвенного измерения одинаково влияют на величину суммарной погрешности косвенного измерения. Некоторые из них могут быть значительно меньше других, а поскольку значение погрешности в большинстве случаев округляется до двух значащих цифр, они не будут оказывать заметного влияния на значение итоговой погрешности. Таким образом, с учетом правила округления частная погрешность считается ничтожной, если она изменяет суммарную погрешность не более чем на 5 %.

Если в равенстве (3.26) k -я частная погрешность ничтожна, то

$$1,05\hat{\sigma}_{\bar{Q}} > \sqrt{\sum \hat{E}_{\bar{X}_i}^2 + \hat{E}_k^2}. \quad (3.30)$$

Возведя обе части неравенства (3.30) в квадрат, с учетом (3.26) получим $1,1025\hat{\sigma}_{\bar{Q}}^2 > \hat{\sigma}_{\bar{Q}}^2 + \hat{E}_k^2$, откуда следует, что

$$\hat{E}_k < 1/3\hat{\sigma}_{\bar{Q}}. \quad (3.31)$$

Это неравенство в метрологии называется *критерием ничтожных погрешностей*, а сами погрешности, отвечающие условию (3.31), называют *ничтожными*, или *ничтожно малыми*.

Использование критерия ничтожных погрешностей при оценке погрешностей косвенных измерений позволяет найти те величины (аргументы), повышение точности измерения которых позволит уменьшить суммарную погрешность результата измерения, и те, точность измерения которых повышать не имеет смысла, т. к. их частные погрешности и без того ничтожно малы.

3.3.4 Обработка результатов многократных измерений

Рассмотренные основные положения теории погрешностей и расчетные формулы позволяют составить следующий алгоритм обработки результатов многократных измерений при равноточных прямых и косвенных измерениях:

1 Произвести обнаружение, оценку и исключение систематических погрешностей из измеренных значений (исправление измеренных значений). Неисключенные систематические погрешности должны быть просуммированы между собой для получения доверительных границ неисключенной систематической погрешности Δ_c .

2 Проверить принадлежность исправленных измеренных значений к нормальному распределению или принять его таковым.

3 При прямых измерениях по формуле (3.14) рассчитать значение \bar{X} , а при косвенных измерениях – значения \bar{X}_i и \bar{X}_j .

4 По формуле (3.16) вычислить случайные отклонения V_i и с помощью соотношения $\sum_{i=1}^n V_i \approx 0$ проверить правильность расчетов \bar{X} , \bar{X}_i , \bar{X}_j и V_i .

5 По формуле (3.17) вычислить выборочные стандартные отклонения $\hat{\sigma}_X$, $\hat{\sigma}_{X_i}$, $\hat{\sigma}_{X_j}$.

6 С помощью критерия (3.21) или другого проверить наличие грубых погрешностей. Измеренные значения, содержащие грубую погрешность, исключаются из ряда, и вычисления по пунктам 3–5 следует повторить.

7 По формуле (3.18) вычислить оценки $\hat{\sigma}_{\bar{X}}$, $\hat{\sigma}_{\bar{X}_i}$, $\hat{\sigma}_{\bar{X}_j}$.

8 Для косвенных измерений по формуле (3.22) рассчитать \bar{Q} и по формуле (3.23) – оценку $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$.

9 По заданной доверительной вероятности P_d и числу наблюдений n определить коэффициент Стьюдента t .

10 По формуле (3.20) для прямых измерений или по формуле (3.28) для косвенных рассчитать доверительные границы случайной погрешности результата измерения $\overset{\circ}{\Delta}$.

11 Определить доверительные границы суммарной погрешности результата измерения Δ . Сначала вычислить отношение $\frac{\Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{X}}}$. Если оно меньше 0,8, то

значением Δ_c можно пренебречь по сравнению с $\overset{\circ}{\Delta}$ и принять, что $\Delta = \overset{\circ}{\Delta}$. Если отношение больше 8, то можно пренебречь значением $\overset{\circ}{\Delta}$ и принять, что $\Delta = \Delta_c$. Если же эти неравенства не выполняются $\left(0,8 \leq \frac{\Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{X}}} \leq 8\right)$, то Δ определяется по формуле

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (3.32)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешности, определяемый по формуле

$$K = \frac{\overset{\circ}{\Delta} + \Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{X}} + \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2}}; \quad (3.33)$$

S_{Σ} – оценка суммарного среднеквадратичного отклонения результата измерения, определяемая по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_{ci}^2}{3} + \hat{\sigma}_{\bar{X}}^2}. \quad (3.34)$$

Таким образом, подставив (3.33) и (3.34) в (3.32), получим

$$\Delta = \frac{\overset{\circ}{\Delta} + \Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{X}} + \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_{ci}^2}{3} + \hat{\sigma}_{\bar{X}}^2}. \quad (3.35)$$

На практике пользуются упрощенной формулой вида

$$\Delta = \sqrt{\overset{\circ}{\Delta}^2 + \Delta_c^2}. \quad (3.36)$$

Доказано, что погрешность определения Δ по формуле (3.36) по сравнению с общей (3.35) не превышает 10 % и может считаться универсальной для всех видов измерений.

12 Записать окончательный результат измерений по одной из стандартных форм.

3.3.5 Оценка погрешностей однократных измерений

Число наблюдений при практическом проведении измерений всегда ограничено, и чем сложнее эксперимент и выше его стоимость, тем оно меньше. В практике измерений зачастую приходится ограничиваться измерениями с одним измеренным значением или показанием (однократные измерения). Характерным примером однократных измерений являются измерения, выполняемые с помощью рабочих СИ и не связанные с передачей единиц величин.

Для однократных измерений не нужна статистическая обработка измеренного значения или показания, и это значительно упрощает оценку погрешностей. Более того, при технических измерениях должна быть заранее установлена процедура, соблюдение которой обеспечивает получение результата измерения с погрешностью, не превышающей допустимую. Ожидаемую погрешность результата измерения оценивают перед измерением (априорная оценка), используя предварительные данные об измеряемой величине, применяемых методе измерения и СИ, а также об условиях проведения измерения. Именно эта априорная информация делает возможным проведение однократных измерений и обеспечивает их **сходимость** (близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях) и **воспроизводимость** (близость друг к другу результатов измерений, приведенных к одинаковым условиям).

Для априорной оценки ожидаемой погрешности результата однократного измерения рекомендуется следующий алгоритм:

1 Проводится анализ составляющих погрешности результата измерения по источникам возникновения. Методические погрешности оцениваются либо на основании изучения теоретических зависимостей, описывающих исследуемый объект и метод измерений, либо экспериментальным путем при измерении одной и той же величины разными методами. Для оценки инструментальных и внешних погрешностей используют данные об основных и дополнительных погрешностях применяемых СИ. Наконец, субъективные погрешности оцениваются, как правило, экспериментальным путем. При этом оценка систематических погрешностей дается их границами (пределами), а случайных – значениями оценок СКО.

2 Проводится исключение систематических погрешностей, а неисключенные погрешности суммируются для определения Δ_c .

3 Оценивается СКО измеренного значения (предполагается, что выявленные случайные погрешности являются независимыми). Поэтому для оценки $\hat{\sigma}_Q$ используется формула (3.26), а для оценки $\hat{\sigma}_X$ – (3.19).

4 С помощью коэффициента Стьюдента находятся доверительные границы случайной погрешности Δ . Для однократных измерений приняты следующие значения t : при $P_d = 0,95$ $t = 2$, а при $P_d = 0,99$ $t = 2,6$.

5 Проводится оценка доверительных границ ожидаемой погрешности результата измерения. Для прямых однократных измерений рекомендуется вы-

числитель отношения $\frac{\Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{x}}}$ (по аналогии с многократными измерениями). Если оно меньше 0,5, можно принять $\Delta = \overset{\circ}{\Delta}$, а при $\frac{\Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{x}}} > 8$ принимают $\Delta = \Delta_c$. Внутри этого интервала значение Δ можно вычислить по формуле

$$\Delta = 0,8 \left(\Delta_c + \overset{\circ}{\Delta} \right), \quad (3.37)$$

где коэффициент 0,8 учитывает малую вероятность того, что Δ_c и $\overset{\circ}{\Delta}$ одновременно будут иметь свои граничные значения. В случае косвенных измерений правильнее пользоваться универсальной формулой (3.36).

Если полученное значение Δ оказалось больше допустимой погрешности Δ_d , необходимо либо обратиться к другому методу измерений, либо заменить СИ (или уточнить их метрологические характеристики), либо, наконец, изменить определенным образом условия проведения измерения. Если же $\Delta < \Delta_d$, то установленная процедура обеспечивает получение результата измерения с требуемой точностью.

3.3.6 Характеристики погрешности и формы представления результатов измерений

Методические указания МИ 1317 устанавливают следующие группы характеристик погрешности измерений:

- **нормы погрешности измерений**, задаваемые в качестве требуемых или допускаемых характеристик погрешностей измерений (Δ_P);
- **приписанные характеристики погрешности измерений**, присваиваемые любому результату измерений из совокупности измерений, выполняемых по одной и той же аттестованной МВИ (Δ_M);
- **статистические оценки погрешности измерений**, отражающие близость отдельного экспериментально полученного результата измерений к истинному значению измеряемой величины ($\hat{\Delta}$).

При массовых технических измерениях (подготовка производства, разработка, испытания, производство, контроль, эксплуатация продукции, товарообмен и др.) в основном применяются нормы и приписанные погрешности измерений Δ_P и Δ_M .

При измерениях, выполняемых при проведении научных исследований и метрологических работ (определении физических констант, аттестации СИ и т. п.), часто применяются статистические оценки погрешности измерений $\hat{\Delta}$, которые представляют собой статистические (выборочные) характеристики случайной величины – погрешности измерений.

В качестве характеристик погрешностей, которые являются показателями точности измерений, установлены:

- СКО измеренного значения $\bar{\sigma}(\Delta)$;
- границы: нижняя Δ_H и верхняя Δ_B , в пределах которых погрешность измерений Δ находится с заданной вероятностью P ;
- характеристики случайной и систематической составляющих погрешности измерений.

В случаях, когда результаты измерений используются совместно с другими результатами измерений, а также при расчетах погрешностей величин, функционально связанных с результатами измерений (например, результатов косвенных измерений и др.), применяются в основном точечные характеристики и оценки, а когда результаты измерений являются окончательными – интервальные характеристики.

Характеристики погрешностей измерения представляются с указанием совокупности условий, для которых они действительны (диапазон значений измеряемой величины, диапазон скоростей ее изменения, частотные спектры, диапазоны значений влияющих величин и др.) совместно с результатом измерений, к которому они относятся.

Конкретный выбор характеристик погрешностей измерений и формы представления их результатов определяются назначением измерений и характером использования их результатов. В качестве примера формы представления результатов измерений без указания условий их проведения можно привести следующую, которая в основном используется в практике измерений.

Если погрешность измерений выражается доверительным интервалом, внутри которого с известной вероятностью находится принятое значение измеряемой величины, то используется следующая форма представления результата измерения:

$$A; \Delta \text{ от } \Delta_H \text{ до } \Delta_B; P,$$

где A – результат измерения, значение которого определяется видом измерений.

При одинаковых числовых значениях Δ_H и Δ_B (без учета знаков) результат измерения записывается в виде

$$A \pm \Delta; P.$$

Если числовые значения Δ_H и Δ_B неодинаковы, то они должны указываться каждое отдельно со своим знаком.

При выражении результатов измерений в числовой форме должны обязательно выполняться следующие правила округления результатов:

- характеристики погрешности и их статистические оценки выражаются числом, содержащим не более двух значащих цифр; допускается выражать их числом, содержащим одну значащую цифру, если старший значащий разряд равен трем и более;
- числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются;

- если первая из отбрасываемых (или заменяемых нулями) цифр меньше пяти, то последняя остающаяся цифра не изменяется; если же первая из отбрасываемых цифр равна или больше пяти, то последняя остающаяся цифра увеличивается на единицу.

4 Метрологическое обеспечение

4.1 Основные положения метрологического обеспечения

Метрологическое обеспечение (МО) – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Таким образом, МО имеет научную, техническую и организационную основы.

Научной основой МО является метрология.

Технической основой МО являются следующие системы:

- система государственных эталонов единиц физических величин, обеспечивающая воспроизведение единиц с наивысшей точностью;
- передачи размеров единиц физических величин от эталонов рабочим СИ;
- разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих СИ, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов;
- обязательных государственных испытаний СИ, предназначенных для серийного или массового производства;
- система обязательной государственной и ведомственной поверки и калибровки или метрологической аттестации СИ, обеспечивающая единообразие СИ при их изготовлении, эксплуатации и ремонте;
- система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, обеспечивающая достоверными данными научные исследования, разработку конструкции изделий и технологических процессов их изготовления и т. д.;
- разработки, стандартизации и аттестации методик выполнения измерений.

Перечисленные выше системы МО измерений регламентированы комплексом стандартов Системы обеспечения единства измерений (СОЕИ). Основными объектами стандартизации СОЕИ являются:

- термины и определения в области метрологии;
- единицы физических величин;
- нормы точности измерений и формы представления результатов измерений;
- номенклатура нормируемых метрологических характеристик СИ;
- методики выполнения измерений;
- государственные эталоны и поверочные схемы, а также методы и средства поверки и калибровки СИ;
- организация и порядок проведения государственных испытаний, поверки, калибровки и метрологической аттестации СИ и т. д.

Организационной основой МО является метрологическая служба Республики Беларусь.

Метрологическая служба (МС) – это совокупность организационно и (или) функционально связанных между собой юридических лиц, их структурных подразделений либо структурное подразделение юридического лица, деятельность которых направлена на обеспечение единства измерений.

Метрологическое обеспечение измерений – это деятельность метрологических и других служб, направленная на создание в стране необходимых эталонных образцов и рабочих средств измерений, на правильный их выбор и применение, на разработку и применение метрологических правил и норм, на выполнение других метрологических работ, которые необходимы для обеспечения требуемого качества измерений на конкретном рабочем месте, на предприятии, в министерстве, ведомстве и в стране в целом.

4.2 Государственная система обеспечения единства измерений

4.2.1 Цели и задачи СОЕИ

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь (СОЕИ) – это согласованная, официально признанная организационная и научно-техническая система, представляющая собой совокупность законов и норм, правил и положений, эталонов и рабочих СИ, органов и служб, деятельность которых направлена на достижение единства и требуемой точности измерений.

Основными целями СОЕИ являются:

- обеспечение единства измерений как одного из важнейших элементов единого рынка продукции, работ и услуг в стране ;
- защита интересов населения и государства от последствий неточных и неправильных измерений;
- повышение качества товаров и услуг и обеспечение конкурентоспособности изделий на внутреннем и международном рынках;
- содействие безопасности государства, в том числе экономической безопасности;
- развитие техники измерений в соответствии с уровнем технико-экономического развития в стране;
- достоверный учет материальных, энергетических и природных ресурсов;
- правильная (сопоставимая) оценка параметров среды обитания;
- установление должной степени доверия в международных экономических отношениях к результатам измерений при проведении калибровки, поверки и испытаний средств измерений.

Основными задачами СОЕИ являются:

- разработка научно-методических, правовых и организационных основ деятельности;
- стандартизация основных положений, правил, требований и норм этой деятельности;

- организация и проведение научных исследований по использованию новейших достижений науки и техники для создания и совершенствования методов и средств измерений высшей точности (эталонов) и определения значений физических констант; создание, хранение и сличение национальных и исходных эталонов; установление порядка передачи размеров единиц от эталонов рабочим СИ;

- разработка новых методов, средств и методик выполнения измерений;

- разработка требований к порядку, организации и проведению испытаний, поверки, калибровки и метрологической аттестации СИ, метрологической аттестации методик выполнения измерений, метрологической экспертизы конструкторской, технической и проектной документации и т. п.;

- создание системы государственного надзора и контроля за производством, состоянием, применением и ремонтом СИ, а также за соблюдением метрологических норм и правил при выполнении этих операций;

- организация и осуществление подготовки и повышения квалификации специалистов в области метрологии;

- организация работы по международному сотрудничеству в области метрологии для обеспечения единства и требуемой точности измерений, которые необходимы для международной торговли, научно-технического и экономического сотрудничества.

4.2.2 Фундаментальные основы системы СОЕИ

СОЕИ представляет собой сложный объект со сложной внутренней структурой и разнообразным взаимодействием с внешней средой. Поэтому его можно представить в виде совокупности взаимосвязанных, взаимодействующих и взаимодополняющих друг друга элементов, которые составляют законодательную, теоретическую, техническую и организационную основу функционирования системы.

Законодательной основой СОЕИ являются: закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений», указы Президента страны, постановления правительства («О единицах измерений, применяемых в Республике Беларусь», «Об исчислении времени в Республике Беларусь», «О лицензировании изготовления, ремонта, поверки, калибровки, продажи и проката средств измерений», «О государственном надзоре за выполнением требований стандартов, обеспечением единства измерений и контроле за соблюдением правил обязательной сертификации в Республике Беларусь» и др.), а также нормативные документы, утвержденные Госстандартом Республики Беларусь.

Теоретической основой СОЕИ являются: теория измерений; система единиц измерений; система терминов и определений; методы и принципы измерений; передачи размера единиц и воспроизведения размера; методы оценки и расчета метрологических характеристик; фундаментальные исследования, направленные на создание национальных и исходных эталонов величин и стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.

Технической основой СООИ являются: подсистема воспроизведения единиц (система национальных эталонов); подсистемы передачи размера единицы (используются для передачи размера от эталонов, используемых при проведении проверок, метрологической аттестации, калибровок, к рабочим средствам измерений и т. п.); организация в стране производства СИ, включая разработку и государственные испытания собственных СИ и собственных стандартных образцов (СО) состава и свойств веществ и материалов; подсистема передачи стандартов времени и частоты, включая ее создание и функционирование.

Организационная основа СООИ включает в себя создание принципов и структуры построения метрологической службы в стране; организацию государственного метрологического надзора и контроля; подготовку метрологических кадров, а также правил и норм их функционирования; разработку нормативных документов, которые обеспечивают слаженное взаимодействие всех органов структуры СООИ. На государственном уровне предусмотрен алгоритм взаимодействия СООИ с международными метрологическими организациями, а также с государственными системами Республики Беларусь: национальной системой подтверждения соответствия (НСПС), системой технического нормирования и стандартизации (ТНис), национальной системой аккредитации (НСА) и др.

4.2.3 Организационная структура СООИ

СООИ строится по иерархическому принципу. Основу ее составляет государственная метрологическая служба (ГМС), которая координирует все работы по МО в стране на всех уровнях и согласовывает свою деятельность с рекомендациями ведущих международных организаций в области метрологии.

ГМС координирует работу метрологических служб государственных органов управления, ведомств, министерств (ВМС), а они, в свою очередь, – метрологических служб юридических лиц (подведомственных им предприятий) (МСП), как показано на рисунке 4.1.

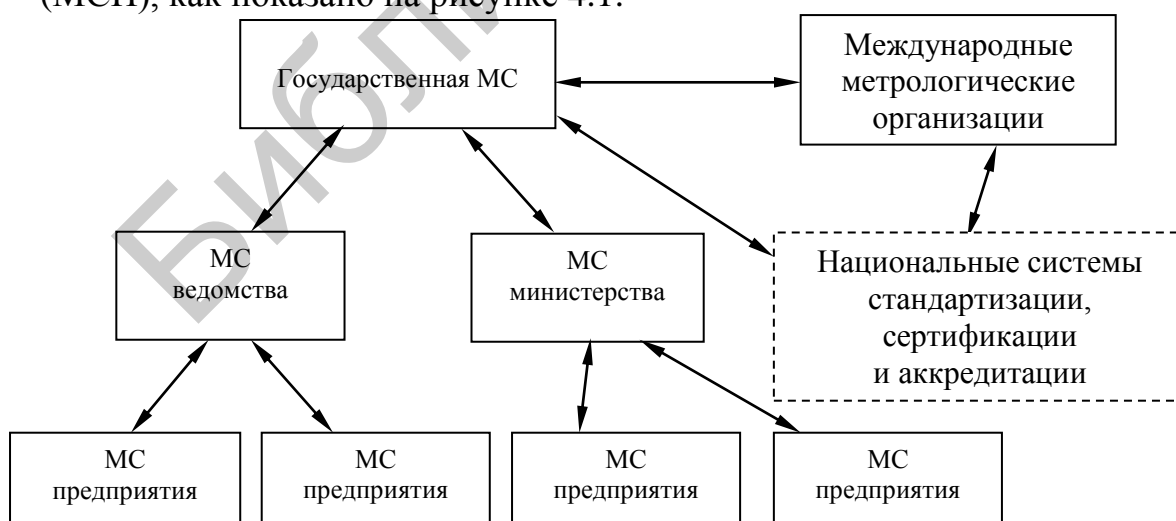


Рисунок 4.1 – Упрощенная организационная структура СООИ Республики Беларусь

По отдельным видам деятельности метрологические службы (ГМС, ВМС и МСП) активно взаимодействуют с системой ТНиС, НСПС и НСА Республики Беларусь и т. п. Координацию таких видов деятельности осуществляет Комитет по стандартизации Республики Беларусь.

Среди основных международных организаций, с которыми взаимодействует государственная метрологическая служба Республики Беларусь, можно назвать следующие:

1) международные организации:

- МОЗМ (Международная организация законодательной метрологии);
- МБМВ (Международное бюро мер и весов);
- МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии);
- ИСО (Международная организация по стандартизации);
- МЭК (Международная электротехническая комиссия);
- ИМЕКО (Международная конфедерация по измерительной технике и приборостроению);
- ИЛАК (Международная организация по аккредитации лабораторий);

2) региональные организации:

- МГС СНГ (межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации СНГ);
- *CEN* (Европейский комитет по стандартизации);
- *CENELEC* (Европейский комитет по стандартизации в электротехнике);
- *ETSI* (Европейский институт телекоммуникационных стандартов);
- ЕВРОМЕТ (Европейская организация по метрологии);
- КООМЕТ (Евро-Азиатское сотрудничество государственных метрологических учреждений).

Таким образом, метрологическая служба Республики Беларусь включает в себя органы государственной, ведомственной метрологических служб и МСП. Государственную метрологическую службу возглавляет Госстандарт Республики Беларусь.

Ведомственную МС образуют отделы министерств (ведомств), на которые возлагается руководство МС, головные и базовые организации МС. Отделы главных метрологов или другие подразделения, которые организуют работы по МО непосредственно на предприятиях и в организациях, образуют МСП.

К основным задачам МС в части МО измерений относятся: осуществление метрологического надзора и метрологического контроля, создание комплекса стандартов СОЕИ и контроль за выполнением их требований.

Метрологический надзор – деятельность по проверке соблюдения физическими лицами, индивидуальными предпринимателями и иными физическими лицами требований законодательства Республики Беларусь об обеспечении единства измерений.

Метрологический надзор, осуществляемый органами государственной МС, называют государственным, а органами ведомственных МС – ведомственным контролем.

Государственный метрологический надзор включает в себя надзор за применением единиц измерений; рабочих СИ; методик выполнения измерений; проведением государственных испытаний средств измерений, осуществлением метрологической аттестации СИ, поверки, калибровки; метрологического подтверждения пригодности методик выполнения измерений; за деятельностью юридических лиц и индивидуальных предпринимателей по производству СИ, их ремонту, реализации, передачи в аренду.

Метрологический контроль – совокупность работ, в ходе выполнения которых устанавливаются или подтверждаются метрологические, технические характеристики СИ, определяется соответствие СИ, методик выполнения измерений требованиям законодательства Республики Беларусь об обеспечении единства измерений, а также соответствие МВИ своему назначению.

Метрологический контроль включает в себя утверждение типа СИ; метрологическую аттестацию СИ; поверку; калибровку; метрологическое подтверждение пригодности МВИ.

4.3 Общие сведения об эталонах и поверочных схемах

Эталонная база является основой государственной метрологической службы, без которой невозможно создавать, хранить и передавать единицы величин, а следовательно, невозможно обеспечить единство и точность измерений.

В ТКП 8.002–2012 (03220) «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Эталоны единиц величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения» регламентирована классификация эталонов единиц величин.

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

Эталоны, **применяемые в Республике Беларусь**, по статусу можно разделить на следующие виды:

- национальные эталоны;
- исходные эталоны Республики Беларусь;
- рабочие эталоны.

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

Национальные эталоны создают для воспроизведения единиц величин и обеспечения прослеживаемости результатов измерений к единицам Международной системы единиц. Воспроизведению подлежат единицы величин, узаконенные для применения в Республике Беларусь в соответствии с ТР 2007/003/ВУ.

Под метрологической прослеживаемостью понимают свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть соотнесен с основой для сравнения через документированную непрерывную цепь калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерения.

Национальный эталон может быть предназначен для воспроизведения одной единицы величины или нескольких взаимосвязанных единиц величин.

С целью подтверждения метрологических характеристик НЭ единиц величин сличают с международными эталонами или национальными эталонами других государств.

В состав национальных эталонов включаются СИ, при помощи которых воспроизводят и хранят единицу, осуществляют передачу размера единицы и контролируют условия измерения и неизменность размера хранимой единицы. Можно утверждать, что любой национальный эталон является комплексным СИ.

Эталон, который признан всеми государствами, подписавшими международное соглашение, и предназначен для всего мира, называется **международным эталоном**.

Исходный эталон (ИЭ) – 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.

ИЭ Республики Беларусь создают для хранения и передачи размеров единиц величин рабочим эталонам и средствам измерений, а также для обеспечения прослеживаемости результатов измерений к единицам Международной системы единиц.

Исходные эталоны делятся на **эталон для хранения** и **эталон для передачи единицы**. Их создают с целью защиты национальных эталонов от повреждения, а также для обеспечения единства в той области измерений, где в качестве первичного используется международный эталон. В состав этого эталона входит комплекс средств, при помощи которых осуществляется хранение единицы и передача ее размера нижестоящим СИ, а также СИ, которые контролируют условия измерений и неизменность размера хранимой единицы.

Рабочий эталон (РЭ) – эталон, предназначенный для передачи размера единицы величины или шкалы измерений средствам измерений.

РЭ применяют для передачи размеров единиц величин другим эталонам и средствам измерений посредством проведения поверки или калибровки и обеспечения прослеживаемости результатов измерений к единицам величин, воспроизводимым и (или) хранимым НЭ или ИЭ Республики Беларусь.

Каждая из операций, которая выполняется эталоном, имеет строгое определение.

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

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

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.

Сличение с эталоном – это совокупность операций, с помощью которых устанавливается соотношение между значением величины, которую получают с помощью данного поверяемого СИ, и известным значением величины, которое получают с помощью вышестоящих эталонов.

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

Содержание эталона – это совокупность операций, необходимых для обеспечения выполнения обязательных метрологических и технических требований к эталонам, а также требований к их содержанию и применению.

Ученый хранитель эталона – это специальная категория должностных лиц из числа ведущих специалистов-метрологов, которая осуществляет работы по хранению эталонов.

Поверочные схемы (ПС) представляют собой утвержденные в установленном порядке документы, которые регламентируют средства, методы и точность передачи размера единицы величины от государственного эталона (национального или исходного) к рабочим эталонам и рабочим СИ. В настоящее время эти документы составляются на основании ГОСТ 8.061–80 «Поверочные схемы, содержание и построение».

В зависимости от области распространения поверочные схемы подразделяются на государственные ПС, ведомственные ПС и локальные ПС.

Государственная поверочная схема распространяется на все виды СИ, применяемые в стране. Государственные поверочные схемы определяют передачу размера от эталонов наивысшей точности (первичных, национальных) ко вторичным эталонам (рабочим эталонам), которые, в свою очередь, являются исходными эталонами для ведомственных метрологических служб. Эти схемы разрабатывает Госстандарт, он же утверждает их. Государственные поверочные схемы документируются в виде государственных стандартов.

Ведомственные поверочные схемы распространяются на все СИ, подлежащие поверке в данном ведомстве. Поверочные схемы разрабатывает ведомственная метрологическая служба; они оформляются в виде отраслевого стандарта, согласовываются с региональным органом или непосредственно с Госстандартом. Ведомственная поверочная схема определяет передачу размера от исходного эталона, принадлежащего ведомству, к рабочему эталону, который применяется на предприятии.

Локальные поверочные схемы распространяются на СИ, подлежащие поверке, как правило, в метрологической службе предприятия. Эти схемы определяются тем, какой рабочий эталон имеется на предприятии, какова точность рабочих СИ и т. д. Локальные поверочные схемы разрабатываются метрологическими службами предприятий, они обычно документируются в виде стандарта предприятия и действуют только на нем. При этом локальная пове-

рочная схема должна быть согласована с вышестоящей метрологической службой (ведомством, министерством и другим государственным органом управления).

Методы передачи размера (поверки), указанные в поверочной схеме, должны соответствовать одному из общих методов:

- непосредственное сличение (т. е. без применения средств сравнения);
- сличение при помощи компаратора или других средств сравнения;
- метод прямых измерений;
- метод косвенных измерений.

В зависимости от условий, при которых происходит передача размера, поверочные схемы делятся на два класса: **централизованные** и **децентрализованные**.

Централизованная поверочная схема предполагает, что все нижеследующие эталоны, которым передается размер, должны быть привезены в центр, где хранятся эталоны высшей точности.

Децентрализованная поверочная схема применяется в тех случаях, когда необходимо привезти эталонные СИ в места концентрации рабочих СИ или когда рабочее СИ нельзя привезти к эталону. Для применения децентрализованной поверочной схемы необходимо разрабатывать специальные эталоны, которые называются установками высшей точности.

РЭ, используемые для поверки, подразделяют на разряды через отнесение их к конкретной ступени поверочной схемы.

Решение об утверждении эталона в качестве национального или исходного эталона Республики Беларусь принимают на заседании научно-технической комиссии по метрологии Госстандарта на основании заключения комиссии о возможности утверждения эталона.

НЭ и ИЭ применяются для калибровки или поверки рабочих эталонов и высокоточных СИ, а также участвуют в сличениях и обеспечивают метрологическую прослеживаемость.

Функции по хранению и применению НЭ и ИЭ возлагают на ученых-хранителей эталонов.

5 Тенденции развития и применения измерительной техники

5.1 Основные направления развития метрологии и средств измерительной техники

На всех этапах исследования, разработки, производства и эксплуатации устройств и систем работа инженера связана с большим числом измерений различных величин. От того, насколько правильно и быстро проводятся измерения, зависят сроки разработки, качественные показатели и надежность аппаратуры, а также затраты на ее создание и использование. В этой связи для метрологии характерно следующее:

- повышение точности измерений и расширение пределов измеряемых величин;

- разработка новых методов измерений и средств измерений с использованием новейших физических принципов действия и технологий, необходимых для перспективных направлений науки и технологии;

- создание и внедрение автоматизированных средств измерений, характеризующихся высокой точностью, быстродействием и надежностью.

Следует обратить внимание на то, что на современном этапе научно-технического развития в метрологии и, в частности, в измерительной технике происходят значительные качественные изменения. Измерения практически полностью переходят на цифровые методы, реализованные в средствах измерений с цифровым отсчетом и регистрацией; существенно расширяются диапазоны измеряемых величин, например, по мощности – от долей микроватт до сотен и даже тысяч киловатт, по напряжению – от долей микровольт до сотен тысяч вольт, по частоте – от 10^{-2} до $3 \cdot 10^{12}$ Гц и более, по величине сопротивления – от 10^{-6} до 10^{12} Ом и т. д.

В измерительных системах широко применяется цифровая микроэлектроника и компьютерная техника; возникла необходимость в измерении характеристик случайных процессов, что влечет увеличение доли статистических измерений. Все это требует нового подхода к состоянию средств измерений, к соответствию их метрологических характеристик и свойств установленным нормам.

Функциональные возможности традиционных измерительных приборов задаются при проектировании, и затем перестроить их или изменить число каналов измерения и анализа достаточно проблематично. Измерительные автоматизированные приборы и системы снимают это ограничение.

Информационные технологии вывели измерительную технику на новый уровень, позволяющий быстро и с меньшими затратами разрабатывать информационно-измерительные приборы и системы различной сложности: от измерения параметров до ввода и обработки видеоизображений с передачей результатов через внешнюю сеть на любые расстояния.

Появление измерительных информационных комплексов и систем, а также приборов с применением специализированных микропроцессорных, компьютерных и виртуальных технологий вызвано следующими аспектами:

- широким распространением специализированных многофункциональных микропроцессоров и персональных компьютеров, имеющих высокое быстродействие, большие объемы памяти, стандартные интерфейсы, практически неограниченные графические возможности, что позволяет создать функционирующие в реальном масштабе времени виртуальные измерительные устройства, воспроизводящие поведение тех или иных физических приборов и систем с высокой степенью подобия;

- созданием автоматизированных информационно-измерительных систем различного назначения, таких, как автоматизированные системы научных исследований и комплексных испытаний, физические и космические объекты и др.;

- возможностью реализации в весьма компактной форме измерительных приборов и модулей;

- появлением измерительного программирования, под которым понимается программирование для информационно-измерительной техники и систем, позволяющее ей проводить измерения, контроль, диагностирование или распознавание образов, включая функции сбора, передачи, обработки, представления измерительной информации и управления измерительным экспериментом.

5.2 Автоматизация измерений

Развитие научных исследований, разработка новых устройств и систем с использованием современных технологий, усложнение их производства, а также повышение требований к точности измерений и их быстродействию привели к необходимости измерять и контролировать одновременно от сотен до нескольких тысяч различных величин. Автоматизация процесса измерений дает значительный выигрыш во времени и в большинстве случаев значительно повышает точность измерений.

В настоящее время все большее распространение получают два типа средств измерений:

- 1) автоматизированные, позволяющие провести в автоматическом режиме одну или часть измерительных операций;
- 2) автоматические, способные провести в автоматическом режиме измерения и все операции, связанные с обработкой их результатов, регистрацией, передачей, хранением данных и выработкой управляющих сигналов.

Автоматизированные СИ – это автономные микропроцессорные измерительные приборы, предназначенные для измерения заданных величин, а также параметров сигналов и цепей. Это цифровые приборы, в которых часть операций осуществляется автоматически с помощью специализированного микропроцессора. Для таких измерительных приборов можно выделить следующие характерные положительные особенности:

1 Микропроцессорные измерительные приборы сравнительно легко реализуются как многофункциональные. В отличие от традиционных многофункциональных приборов с жесткой логикой эти СИ являются программно-управляемыми, и их функциональные возможности в основном определяются набором программ, хранящихся в программируемом запоминающем устройстве (ПЗУ). Упрощается процесс управления прибором, т. к. все или большинство функций прибора реализуются в соответствии с заданной оператором программой. В результате уменьшается число органов управления на передней панели прибора.

2 Появляются широкие возможности для выполнения вычислительных процедур в процессе проведения, например, косвенных или совокупных измерений. Необходимые в этих случаях вычисления погрешностей косвенных измерений или решение систем уравнений при совокупных измерениях возлагаются на микропроцессор. За счет этого существенно повышается производительность измерительных работ, а сложная процедура измерений воспринимается как прямое измерение.

3 Применение микропроцессоров позволяет накапливать результаты промежуточных измерений и использовать их по определенному алгоритму для получения статистических характеристик исследуемых процессов или для получения метрологических характеристик измерительных приборов, например, за счет снижения (исключения) систематических, случайных или грубых погрешностей.

4 Использование в измерительных приборах микропроцессоров позволило не только расширить возможности и улучшить метрологические характеристики измерительных приборов, но и создавать на их основе информационно-измерительные системы. Это возможно благодаря тому, что цифровые микропроцессорные приборы и ПЭВМ построены по одинаковым принципам, имеют многие идентичные узлы, объединяемые с помощью специальных технических устройств и программных средств (интерфейсов) в единую программно-управляемую систему: объект контроля, СИ и компьютер.

Автоматические СИ – это измерительные системы (ИС) различного назначения. Назначение любой измерительной системы, ее необходимые функциональные возможности, технические параметры и характеристики в решающей степени определяются объектом исследования, для которого она создана.

В простейших ИС преобладают функции измерения, а функции обработки и хранения незначительны или отсутствуют совсем. Классификация таких ИС приведена на рисунке 5.1. В соответствии с этой классификацией ИС подразделяются на системы прямых и статистических измерений. При прямых измерениях измерительная информация представляется в виде именованных чисел или отношений измеряемых величин и выдается, как правило, оператору.

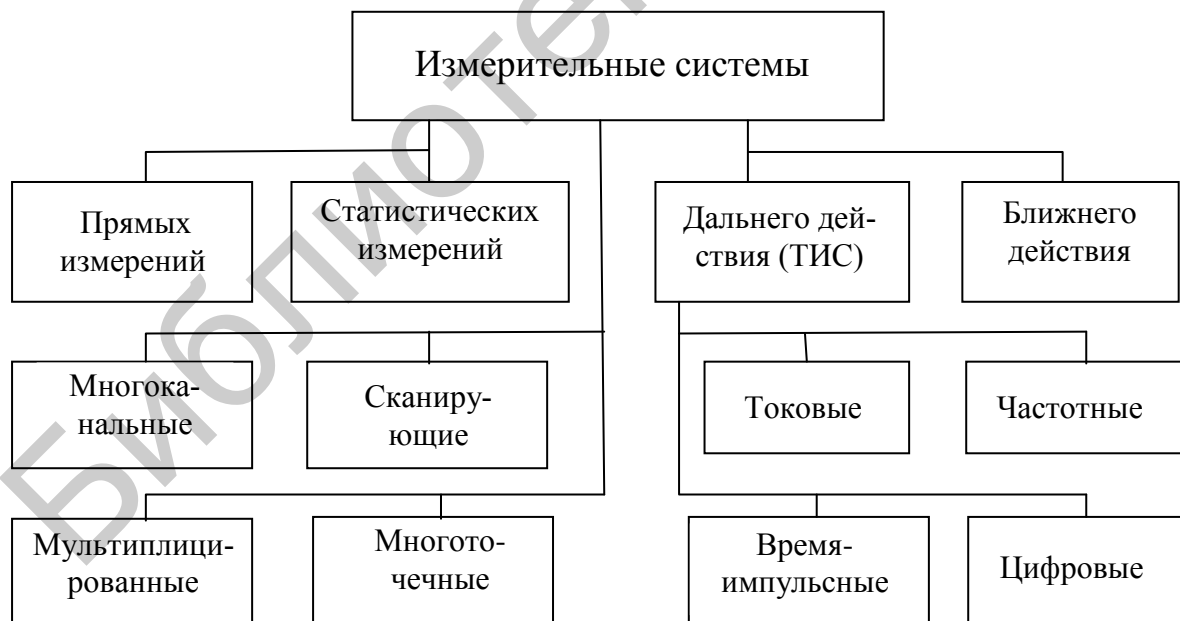


Рисунок 5.1 – Классификация измерительных систем

В статистических системах измерительная информация может подвергаться математической обработке, в результате чего выдаются результаты косвенных, совместных или совокупных измерений, а также параметры распределений вероятностей случайных величин.

В зависимости от вида и числа элементов, содержащихся в схеме измерений, ИС разделяются следующим образом: многоканальные (с параллельной структурой); сканирующие (с последовательной структурой); мультиплицированные (с общей мерой) и многоточечные (с параллельно-последовательной структурой).

ИС делят также на системы ближнего и дальнего действия. В системах дальнего действия (телеизмерительных системах) объекты измерения находятся на значительном удалении от средств отображения или обработки информации. Поэтому телеизмерительные системы (ТИС), в отличие от систем ближнего действия, для передачи информации имеют канал связи. В зависимости от параметра сигнала, несущего измерительную информацию, ТИС подразделяются на токовые, частотные, времяимпульсные и цифровые.

Наиболее широко в настоящее время разрабатываются и внедряются прямые ИС, самым широким классом которых являются **информационно-измерительные системы** (иногда их обозначают термином «измерительные информационные системы», ИИС).

5.3 Цифровые измерительные приборы

В цифровых измерительных приборах (ЦИП) автоматически вырабатываются дискретные сигналы измерительной информации, а показания представляются в цифровой форме. Благодаря этому их применение имеет ряд преимуществ по сравнению с применением аналоговых приборов: измерения становятся более удобными; точность измерений значительно возрастает, а промахи практически полностью исключаются; на базе ЦИП удобно и целесообразно проектировать многофункциональные измерительные приборы – мультиметры, которые измеряют несколько величин (как электрических, так и неэлектрических); возможна автоматизация процессов измерения и обработки измерительной информации, что позволяет создавать на их основе ИИС и ИВК; наконец, именно в ЦИП широко внедряются микропроцессоры, и это придает им новые возможности и качества. Все эти достоинства позволяют считать, что разработка ЦИП еще долгое время будет одним из самых перспективных направлений измерительной техники.

Обобщенная структурная схема ЦИП приведена на рисунке 5.2.

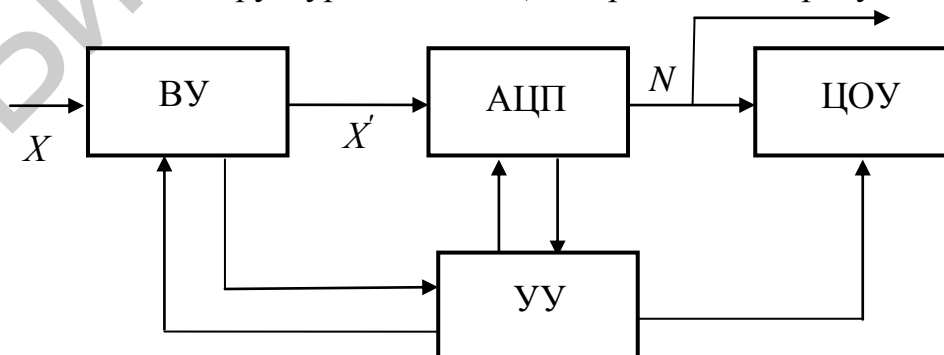
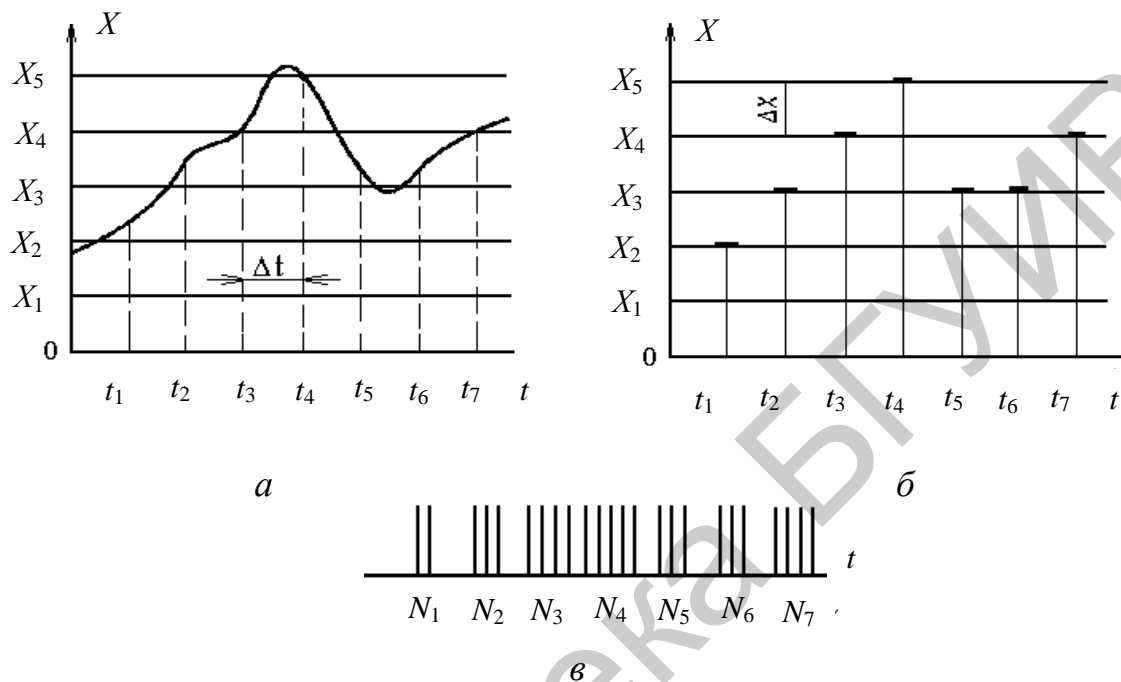


Рисунок 5.2 – Обобщенная структурная схема ЦИП

Измеряемая величина X подается на входное устройство (ВУ), с помощью которого она выделяется из помех и масштабно преобразуется.

Основным функциональным узлом любого ЦИП является аналого-цифровой преобразователь (АЦП); в некоторых типах ЦИП – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). АЦП преобразует измеряемую непрерывную (аналоговую) величину X в цифровой код N . Процесс преобразования включает в себя три стадии (рисунок 5.3).



- a* – дискретизация измеряемой величины во времени (1-я стадия);
б – квантование измеряемой величины по уровню (2-я стадия);
в – цифровое кодирование (3-я стадия)

Рисунок 5.3 – Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой код

Под **дискретизацией** измеряемой величины $X(t)$ во времени понимают преобразование ее в дискретную величину путем сохранения мгновенных значений $X(t)$ только в определенные моменты времени ($t_1 - t_n$) (см. рисунок 5.3, *a*). Промежуток времени между двумя ближайшими моментами дискретизации Δt называют **шагом дискретизации**, который может быть как постоянным (равномерная дискретизация), так и переменным (неравномерная дискретизация).

Под **квантованием** измеряемой величины $X(t)$ по уровню понимают операцию замены ее истинных мгновенных значений ближайшими фиксированными величинами из некоторой совокупности дискретных значений, называемых **уровнями квантования** ($X_1 - X_n$) (см. рисунок 5.3, *б*). Уровни квантования представляются соответствующими числами, поэтому операция квантования аналогична с математической точки зрения округлению чисел. Разность

ΔX между двумя соседними уровнями квантования называют **шагом (ступенью) квантования**. Значение ΔX , как и Δt , может быть постоянным (равномерное квантование) и переменным (неравномерное квантование).

Цифровое кодирование квантованных уровней заключается в формировании дискретных сигналов, несущих информацию об их значениях (см. рисунок 5.3, в). Обычно это последовательность кратковременных импульсов, число которых (N_i) пропорционально квантованному значению (унитарный код). После АЦП код N подается на цифровое отсчетное устройство (ЦОУ), где обрабатывается и индицируется в виде ряда цифр, воспроизводящих результаты измерения. Цифровые коды могут выводиться и во внешние устройства, например в компьютер, для дальнейшей обработки и хранения. Управляет работой ЦИП устройство управления (УУ), которое вырабатывает и подает командные сигналы во все функциональные узлы прибора.

В ЦИП могут быть реализованы различные методы аналого-цифрового преобразования и структурные схемы АЦП.

В зависимости от метода аналого-цифрового преобразования измеряемого сигнала ЦИП подразделяются на следующие виды:

- ЦИП, реализующие времяимпульсный метод преобразования;
- ЦИП, реализующие частотно-импульсный метод преобразования;
- ЦИП, реализующие кодово-импульсный метод преобразования.

В зависимости от типа АЦП, т. е. способа преобразования входного сигнала, ЦИП подразделяются на две группы:

- приборы прямого преобразования;
- приборы сравнения (уравновешивающего (компенсационного) преобразования), которые, в свою очередь, в зависимости от характера изменения во времени компенсирующей величины X_K делят на приборы развертывающего и следящего уравновешивания.

В зависимости от значения измеряемого параметра различают следующие ЦИП:

- неинтегрирующие, измеряющие мгновенное значение входного сигнала;
- интегрирующие, измеряющие среднее за выбранный интервал времени значение входного сигнала.

Наиболее важными характеристиками ЦИП, определяющими возможность их использования для конкретной измерительной задачи, являются пределы измерения, разрешающая способность, цена единицы наименьшего разряда кода, входное сопротивление, быстродействие, помехоустойчивость, надежность и погрешность.

Разрешающая способность – это изменение цифрового отсчета на единицу младшего разряда.

Класс точности ЦИП определяет **цена единицы наименьшего разряда кода**, или **номинальная ступень квантования**, если она больше цены единицы наименьшего разряда кода.

Быстродействие определяется максимальным интервалом времени, необходимым для выполнения одного полного цикла измерения входной величины (это время измерения и время индикации). Для ЦИП с равномерной временной дискретизацией этот интервал измерения определяется шагом дискретизации Δt , а быстродействие – количеством измерений за 1 с, т. е. $\frac{1}{\Delta t}$.

Помехоустойчивость ЦИП – способность сохранять необходимую точность измерения при наличии различных возмущающих воздействий (помех).

Устранить влияние помех, появляющихся вместе с измеряемым сигналом на входных зажимах ЦИП, нельзя. Поэтому помехоустойчивость численно характеризуется степенью подавления помех на входе ЦИП. Оценку помехоустойчивости ЦИП обычно вычисляют по отношению к аддитивным помехам, т. е. суммирующимся с полезным сигналом.

Операции дискретизации и квантования всегда связаны с потерей части исходной измерительной информации и поэтому являются источником погрешности, характерной только для ЦИП. Эта погрешность называется **погрешностью дискретности** и, как следует из вышесказанного, имеет две составляющие. Составляющая погрешности дискретности за счет дискретизации измеряемой величины во времени минимизируется за счет правильного выбора шага дискретизации Δt . Составляющая погрешности дискретности за счет квантования по уровню, по сути, погрешность округления, определяется шагом квантования ΔX .

С другой стороны, т. к. ΔX определяет младший разряд числа, представляющего результат измерения, то погрешность округления можно нормировать как единицу младшего разряда счета. Совершенно ясно, что при правильном выборе числа разрядов погрешность дискретности может быть установлена весьма малой, что не является каким-то дополнительным принципиальным ограничением для ЦИП по сравнению с аналоговыми приборами. Более того, в реальных ЦИП погрешность дискретности принимают равной единице младшего разряда счета. Основная погрешность ЦИП определяется пределом допускаемой основной относительной погрешности (выраженной в процентах от показания прибора) по формуле

$$\delta_{\Pi} = \pm \left[c + d \cdot \left(\frac{X_k}{X} - 1 \right) \right]. \quad (5.1)$$

Таким образом, ЦИП наиболее полно удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к измерительной аппаратуре в настоящее время: высокой точности и быстродействию, автоматизации процессов измерения и обработки их результатов.

5.4 Виртуальные приборы и компьютерные измерительные системы

Понятие «виртуальные приборы» (*Virtual Instruments*) появилось на стыке измерительной, информационной и компьютерной техники. Виртуальный

прибор (иногда его называют виртуальный инструмент) представляет собой комбинацию компьютера, универсальных аппаратных средств ввода-вывода сигналов и специализированного программного обеспечения, которое, собственно, и определяет конфигурацию и функционирование законченной системы. По сути, в руках создателя системы имеется конструктор (набор), из которого даже не очень искушенный в компьютерных технологиях инженер (исследователь) может построить измерительный виртуальный прибор практически любой сложности.

Практическим воплощением концепции виртуального инструмента стала среда разработки программ *LabVIEW*. Существенным отличием этой среды программирования от большинства существующих, где используются тесто-ориентированные языки, является использование в ней языка графического программирования. Кроме того, в *LabVIEW* имеется большая библиотека функций и процедур, универсальных для большинства прикладных задач управления средствами измерения, сбора и обработки данных. В целом *LabVIEW* во-брал в себя наиболее перспективные подходы и решения современной технологии автоматизации измерений.

Программы, созданные в среде *LabVIEW*, имеют три основные составные части: переднюю панель, блок-диаграмму и пиктограмму. Передняя (лицевая) панель виртуального инструмента (ВИ) может содержать графическое изображение кнопок, клавиш, регуляторов и других органов управления и индикации. Конструирование лицевой панели в среде *LabVIEW* сводится к составлению картинки из различных индикаторов и управляющих элементов, находящихся в меню. Управление системой осуществляется путем изменения положений переключателей, поворота ручек управления и введения значений с клавиатуры.

Блок-диаграмма представляет собой графическое решение задачи. Она составляется на графическом языке программирования. Затем встроенный в *LabVIEW* компилятор транслирует программу в машинный код. Функциональными блоками, выбираемыми из меню, могут быть блоки элементарных алгебраических операций, функций сбора и анализа данных; сетевые операции и др.

Пиктограмма является графическим представлением ВИ в блок-диаграмме. Пиктограмма позволяет «свернуть» ВИ в «объект», который можно использовать в блок-диаграммах других ВИ в качестве функций.

Аппаратная составляющая виртуальных измерительных приборов, обеспечивающая ввод реальных сигналов измерительной информации, может реализоваться в виде встраиваемых в компьютер сменных плат или в виде внешних устройств.

Сменная встраиваемая плата сбора данных и управления (ПСДУ) (рисунок 5.4) содержит обычно следующие основные элементы: мультиплексор, обеспечивающий параллельный ввод сигналов; устройство выборки и хранения (УВХ); аналогово-цифровой преобразователь (АЦП); цифровой сигнальный микропроцессор (МП). Обмен данными между ПСДУ и компьютером происходит либо через механизм прерываний, либо в режиме прямого доступа к памяти.

Информационный сигнал поступает с датчиков (Дат.) на ПСДУ через устройства согласования сигналов (УСС), которые могут выполнять различные функции: усиление, питание датчиков, переключение реле, электрическую реализацию, фильтрацию сигналов и др.

Внешние устройства сбора данных и управления (УСДУ) (рисунок 5.5) начали разрабатывать и внедрять с появлением переносных портативных компьютеров. В таких устройствах преобразование сигнала в цифровую форму проводится несколькими полностью синхронизированными АЦП, реализованными обычно в виде единой матрицы логических элементов. Такие устройства наиболее удобны для использования в полевых условиях.

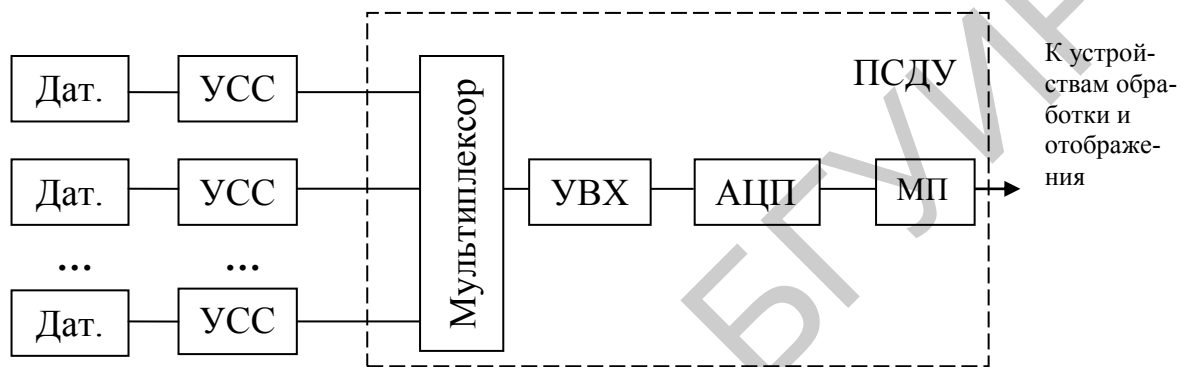


Рисунок 5.4 – Структура встраиваемой платы сбора данных и управления

Таким образом, набор аппаратных и программных средств, добавленных к обычному компьютеру и образующих ВИ, можно рассматривать как основу компьютерных измерительных систем (КИС). Взаимодействие между отдельными элементами системы в КИС осуществляется с использованием внутренней шины персонального компьютера, а стандартные измерительные приборы могут заменяться виртуальными приборами.

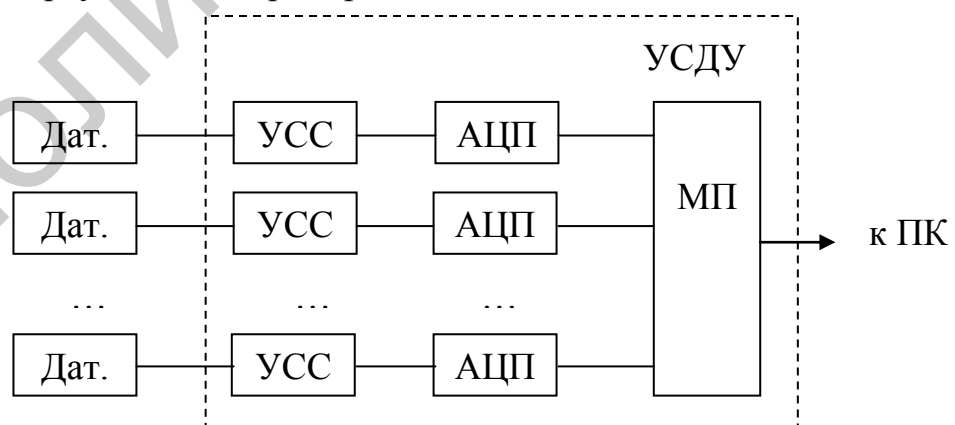


Рисунок 5.5 – Структура внешнего устройства сбора данных и управления

Характерной особенностью КИС является их открытость. Так, при использовании среды программирования *LabVIEW* имеется возможность созда-

вать ВИ, работающие с реальным сигналом не только через плату сбора данных, но и с функционально-модульными интерфейсами *VXI*, *CAMAC*, *RS-232*. Для работы с указанными интерфейсами используют приборные драйверы, т. е. программы, которые управляют отдельными приборами. *LabVIEW* имеет свою библиотеку приборных драйверов, но это не исключает возможности создания любых других необходимых драйверов.

Виртуальный прибор (система) имитирует органы управления реального прибора и выполняет его функции, что позволяет инженеру, который умеет работать с этим прибором, продолжить работу с его виртуальным аналогом. Виртуальный прибор может содержать только те индикаторы и органы управления, которые необходимы для решения поставленной задачи. При этом обучение специалистов можно проводить на виртуальных аналогах реального оборудования, сохраняя его ресурс и не подвергая риску выхода из строя из-за ошибок оператора (обучающегося).

Несколько лет назад на пути развития технологии программирования и создания виртуальных приборов появилось новое многообещающее направление. Оно называется *IVI (Interchangeable Virtual Instruments* – взаимозаменяемые виртуальные инструменты). Основная идея такова. Все приборы одного класса имеют большую, общую для всех приборов группу функций, например, все цифровые мультиметры (*DMM*) измеряют постоянное и переменное напряжение, сопротивление, а также выполняют другие общие функции. Если эти функции выделить в *IVI Class Driver* для класса *DMM Class*, то часть программы, которая отвечает за управление цифровыми мультиметрами, не будет зависеть от конкретного прибора и его драйвера.

И конечно, современные программные системы немислимы без удаленного доступа. Трудно себе представить ответственную современную систему, которая не имела бы выхода в Интернет.

6 Основы технического нормирования и стандартизации

6.1 Основные цели, принципы и задачи технического нормирования и стандартизации

Стандартизация в ее современном понимании началась именно с электротехники во времена второй промышленной революции, когда эпоху паровых машин и газовых светильников сменила эпоха электричества.

«Представьте себе мир, в котором ваша кредитная карта не подходила бы для каждого банкомата или в котором вы бы не могли бы просто зайти в магазин и приобрести лампочку для вашего светильника. Мир без телефонных кодов, кодов стран и кодов валют, без доступа к сети Интернет. Если бы у нас не было стандартов, то связь между людьми, машинами, деталями и изделиями была бы крайне затруднена». (Джунджи Номура, Президент МЭК, Чжан Сяоган, Президент ИСО, Хоулинь Чжао, Генеральный секретарь *ITU*).

По пути стандартизации следует все мировое сообщество, включая страны Евразийского экономического сообщества (ЕАЭС). Повышение конкурентоспособности и расширение экспортного потенциала отечественной продукции невозможно без широкого применения международных требований, воплощенных в стандартах ИСО и МЭК.

Стандарты устанавливают общие правила и показатели, чтобы обеспечить взаимную совместимость продукции. Такие стандартные форматы файлов, как *MPEG* или *JPEG*, позволяют обмениваться видеоизображениями и фотографиями с родными и друзьями, используя технологии, предоставленные различными поставщиками.

В переводе с английского **стандарт** (*standard*) означает мерило, норму, образец, критерий, класс, уровень.

Стандартизация – это деятельность по установлению для всеобщего и многократного применения технических требований (технических норм, правил и характеристик) в отношении постоянно повторяющихся задач, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в области разработки, производства, реализации, транспортирования, хранения и утилизации продукции и оказания услуг.

Стандарт является нормой общественно необходимых требований к качеству и безопасности продукции; в нем должны быть отражены передовой опыт в промышленности и новейшие достижения науки и техники, связанные с перспективами развития производства.

Стандартизации подлежат продукция, процесс, услуга, которые в равной степени относятся к любому материалу, компоненту, оборудованию, системе, их совместимости, правилу, процедуре, функции, методу или деятельности.

Стандартизация как наука о методах и средствах унификации выявляет, обобщает и формулирует закономерности деятельности в целом и по отдельным направлениям. Развитие стандартизации как науки помогает улучшать систему организации этой деятельности и способствует совершенствованию практических работ в этой области. Практическое направление стандартизации заключается в установлении и применении правил, норм и требований, обеспечивающих оптимальное решение повторяющихся задач в сферах общественного производства и социальной жизни.

Стандартизация как *система управления* практической деятельностью осуществляется в Республике Беларусь на основе системы технического нормирования, являющейся частью системы планового государственного управления. Она опирается на комплекс технических нормативных правовых актов (ТНПА), устанавливающих взаимоувязанные требования по организации и методике выполнения практических работ. В социальной жизни объектами стандартизации являются охрана труда и здоровья населения, охрана и улучшение природной среды обитания человека, рациональное использование природных ресурсов, средства информации и взаимодействия людей.

Под **техническим нормированием** понимают деятельность по установлению обязательных для соблюдения технических требований, связанных с без-

опасностью продукции и ее жизненного цикла. Результатом проведения работ по техническому нормированию и стандартизации являются **технические нормативные документы и технические нормативные правовые акты**.

Технический нормативный документ (ТНД) – документ, подготовленный в установленном порядке, имеющий соответствующее обозначение, являющийся результатом технического нормирования или стандартизации.

Совокупность технических нормативных правовых актов (ТНПА), субъектов, а также правил и процедур функционирования системы технического нормирования и стандартизации в целом составляет **Систему технического нормирования и стандартизации (ТНиС)**.

Правовыми основами работ по стандартизации и техническому нормированию в Республике Беларусь являются международные нормативные документы; региональные нормативные акты и документы; законодательство Республики Беларусь о техническом нормировании и стандартизации (на основе Конституции и нормативных правовых актов). Основу законодательства Республики Беларусь в области стандартизации составляют законы Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законы Республики Беларусь по вопросам технического нормирования, стандартизации и оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации».

Эти документы регулируют отношения, возникающие при разработке, утверждении и применении технических требований к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказании услуг, определяет правовые и организационные основы ТНиС. Они направлены на обеспечение единой государственной политики в этой области.

Целью ТНиС является обеспечение защиты жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды; повышения конкурентоспособности продукции (услуг); технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции; единства измерений; национальной безопасности; устранения технических барьеров в торговле; рационального использования ресурсов.

Стандартизация осуществляется на различных уровнях:

- **международная** стандартизация – это стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов всех стран мира;
- **региональная** стандартизация – стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов стран только одного географического, политического или экономического района;
- **межгосударственная** стандартизация – региональная стандартизация, проводимая на уровне СНГ и ЕАЭС;
- **национальная** стандартизация – стандартизация, которая проводится в рамках одной конкретной страны.

В свою очередь национальная стандартизация может осуществляться на разных уровнях: государственном, отраслевом, на уровне организации (отдельного предприятия, фирмы, юридического лица или индивидуального предпринимателя).

В основу системы технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь положены следующие международные принципы:

- обязательность технических регламентов (ТР) и добровольность государственных стандартов;
- приоритетное применение международных и межгосударственных (региональных) стандартов;
- использование современных достижений науки и техники;
- обеспечение права участия всех заинтересованных сторон (изготовителей, потребителей, научных организаций, государственных органов и др.) в разработке технических регламентов и стандартов;
- доступность этих документов.

Техническое регулирование в Республике Беларусь осуществляет государство, и его задачами в этой области являются:

- определение и реализация единой государственной политики в области ТНиС;
- формирование и реализация программ разработки технических регламентов и взаимосвязанных с ними государственных стандартов;
- установление единого порядка разработки и утверждения ТР, ТКП, государственных стандартов и ТУ;
- координация разработки и утверждение ТР и государственных стандартов;
- установление порядка официального издания ТР и государственных стандартов, а также порядка опубликования информации о действующих ТНПА;
- установление порядка официального толкования вопросов применения ТР, ТКП и государственных стандартов.

Основными задачами системы ТНиС являются:

- вовлечение всех заинтересованных сторон (изготовителей продукции, потребителей, научных организаций, государственных органов и др.) к процессу разработки стандартов для учета их мнений;
- определение приоритетных направлений стандартизации для разработки стандартов;
- разработка стандартов для реализации требований ТР и оценки соответствия;
- активизация деятельности в сфере международной (региональной) стандартизации;
- совершенствование подготовки специалистов в области стандартизации;
- повышение информированности общественности о стандартизации и ее возможностях.

Для эффективного функционирования системы ТНиС необходимо участие в этом процессе всех заинтересованных сторон.

Сегодня в республике действует 43 национальных комитета по стандартизации. Область их деятельности охватывает основные отрасли промышленности: автомобиле- и тракторостроение, легкую, пищевую промышленность. Ряд технических комитетов работает по вопросам стандартизации в сфере услуг (оценка стоимости, услуги автосервиса, оценка соответствия).

Государственное регулирование и управление в области ТНиС осуществляются следующими субъектами хозяйствования:

- Президентом Республики Беларусь;
- Советом Министров Республики Беларусь;
- Государственным Комитетом по стандартизации Республики Беларусь (Госстандартом).

Структура системы Госстандарта Республики Беларусь представлена на рисунке 6.1.

Библиотека БГУИР

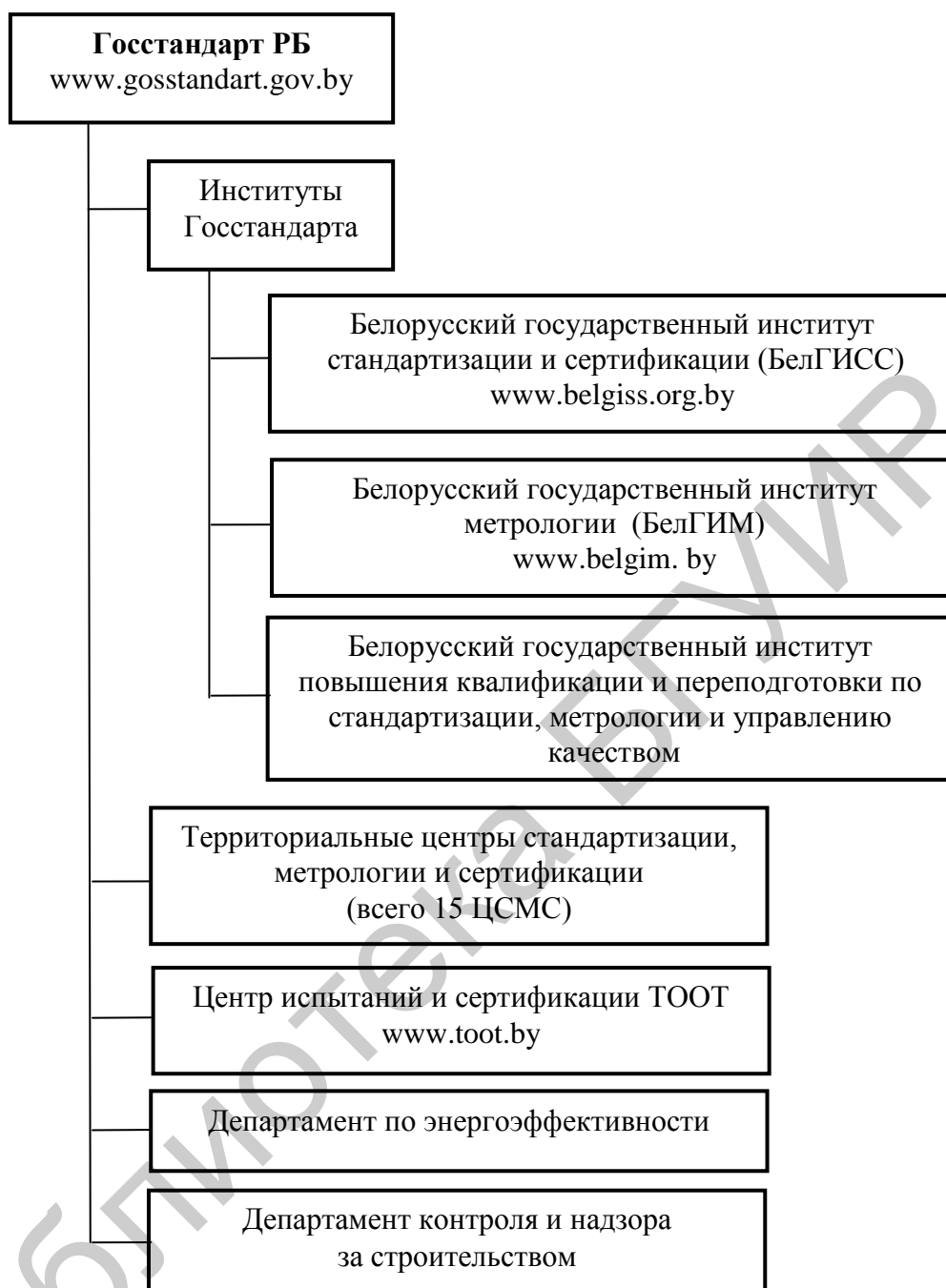


Рисунок 6.1 – Структура Госстандарта Республики Беларусь

Основным структурным подразделением Госстандарта Республики Беларусь является Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС).

Институт занимается разработкой государственных и межгосударственных стандартов практически для всех отраслей экономики, за исключением строительной сферы; проводит научно-техническую экспертизу всех разрабатываемых в стране стандартов; осуществляет техническое сопровождение процессов планирования деятельности по ТНиС, а также разработки, проверки, изменения и отмены государственных и межгосударственных стандартов; обес-

печивает функционирование и комплектование Национального фонда ТНПА; издает стандарты; проводит регистрацию ТУ и ведет их фонд.

Кроме того, он осуществляет разработку проектов ТР ЕАЭС, готовит техническую позицию по разрабатываемым другими странами регламентам и изменениям к ним, участвует в рассмотрении документов для реализации Договора о ЕАЭС, является членом подкомитетов и рабочих групп Евразийской экономической комиссии (ЕЭК).

За институтом закреплено техническое администрирование работ с международными и межгосударственными (региональными) организациями по стандартизации.

Специалисты БелГИСС обеспечивают функционирование Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации Республики Беларусь, обеспечивая поддержку трети действующих стране общегосударственных классификаторов, и Государственной системы каталогизации продукции – систематизированного информационного ресурса о выпускаемой в стране продукции и ее изготовителях.

Специалисты института проводят испытания и сертификацию продукции, услуг и систем менеджмента в рамках деятельности аккредитованных органов по сертификации, анализируют современные знания и подходы к менеджменту качества, продвигая их внедрение на предприятиях страны.

БелГИСС ведет активную деятельность во всех интеграционных образованиях, в которых участвует Республика Беларусь, защищая интересы страны, вырабатывая меры по эффективному решению актуальных задач в сфере ТНЦ: участие в работе по гармонизации технического законодательства в рамках ЕАЭС и СНГ; разработке проектов международных правовых актов и реализующих их документов; подготовке замечаний и предложений по ним; разработке и применению единых обязательных норм на региональном уровне.

БелГИСС были разработаны вступившие в силу ТР ТС по безопасности низковольтного оборудования, тракторов, игрушек, электромагнитной совместимости технических средств, маркировки пищевой продукции. Совместно с ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» ведет разработку проектов ТР ТС в области энергоэффективности электрических энергопотребляющих устройств и их энергомаркировки.

Сегодня деятельность по стандартизации можно рассматривать как один из ключевых факторов социально-экономического развития государства. Ведь ее основной задачей является содействие решению проблем, имеющих общегосударственное значение. Стандартизация задает тот уровень, на который должны ориентироваться производители продукции и услуг, совершенствуя свои продукцию, технологии и процессы.

Разработка стандартов направлена на повышение конкурентоспособности продукции и услуг, их экспортного потенциала, выпуск инновационных видов продукции, поддержку и развитие интеграционных процессов в рамках ЕАЭС и СНГ, гармонизацию с международными и европейскими стандартами, а также стандартами стран – членов ВТО.

6.2 Классификация и виды технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации

К ТНПА в области ТНиС относятся:

- технические регламенты (ТР);
- технические кодексы установившейся практики (ТКП);
- государственные (РБ) и межгосударственные (стран СНГ) стандарты (СТБ, ГОСТ);
- стандарты организаций (СТП);
- технические условия (ТУ).

Технический регламент – это ТНПА, разработанный в процессе технического нормирования, устанавливающий непосредственно и (или) путем ссылки на технические кодексы установившейся практики и (или) государственные стандарты Республики Беларусь, обязательные для соблюдения технические требования, связанные с безопасностью продукции на всех стадиях жизненного цикла продукции или безопасностью оказания услуг.

ТР разрабатываются только в следующих целях:

- защиты жизни, здоровья и наследственности человека;
- защиты имущества;
- охраны окружающей среды;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции и услуг относительно их назначения, качества или безопасности.

ТР **должен** содержать следующие положения:

- обязательные для соблюдения технические требования, связанные с безопасностью на всех этапах жизненного цикла продукции;
- исчерпывающий перечень объектов технического нормирования, в отношении которых устанавливаются эти требования;
- административные положения, соответствие которым является обязательным.

ТР также **может** содержать:

- правила и формы подтверждения соответствия (включая методики контроля, испытаний, измерений) каждого объекта технического нормирования требованиям ТР;
- правила маркировки объектов технического нормирования, подтверждающие соответствие их ТР;
- требования к порядку осуществления государственного надзора за соблюдением положений, приведенных в ТР.

ТР разрабатываются на укрупненные объекты технического нормирования, к которым отнесены следующие группы однородной продукции:

- машиностроительная (механические транспортные средства, прицепы, тракторы, транспорт, оборудование, лифты, электромагнитная совместимость технических объектов, средства электросвязи, медицинское оборудование, средства индивидуальной защиты и т. п.);
- пищевая и сельскохозяйственная;

- химическая и фармацевтическая;
- продукция деревообработки;
- строительная;
- продукция легкой промышленности;
- парфюмерно-косметическая продукция;
- упаковка;
- услуги;
- общетехническая группа продукции, включающая в себя обеспечение единства измерений и подтверждения соответствия).

ТР применяется одинаковым образом и в равной степени независимо от страны происхождения продукции. Требования утвержденного ТР являются обязательными для соблюдения всеми субъектами ТНис.

Применение ТР осуществляется путем включения его требований в техническую документацию; ссылки на него; выполнения требований ТР с последующим заявлением об этом в технической документации.

Государственная регистрация ТР осуществляется Госстандартом, в процессе которой регламенту присваивают обозначение, состоящее из индекса «ТР», года утверждения регламента (четыре цифры), порядкового регистрационного номера (три цифры), принадлежности к стране – ВУ. Каждая позиция отделена косой чертой: ТР/2007/003/ВУ «Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь».

Технический кодекс установившейся практики (ТКП) – ТНПА, разработанный в процессе стандартизации, содержащий основанные на результатах установившейся практики технические требования к процессам ЖЦП или оказанию услуг.

ТКП разрабатываются в следующих целях:

- реализации требований ТР;
- повышения качества процессов на всех этапах жизненного цикла продукции (ЖЦП) или оказания услуг.

Разработка ТКП осуществляется республиканскими органами государственного управления либо по их поручению уполномоченными ими организациями, техническими комитетами по стандартизации. В разработке ТКП могут принимать участие юридические и физические лица, включая иностранных граждан. Технические требования, содержащиеся в ТКП, не должны противоречить требованиям ТР.

Обязательность применения ТКП устанавливают органы государственного управления.

В процессе государственной регистрации кодексу присваивают обозначение, состоящее из индекса «ТКП», порядкового регистрационного номера, года утверждения и в скобках кода республиканского органа государственного управления, утвердившего ТКП. Код органа государственного управления соответствует Общегосударственному классификатору ОКРБ 004-2001 «Органы государственной власти и управления»: ТКП 43-2004 (09170) или ТКП 11.05.01-2004 (02300).

Стандарт – это ТНПА, разработанный в процессе стандартизации, на основе согласия большинства заинтересованных субъектов ТНиС и содержащий технические требования к ЖЦП и оказанию услуг.

Государственный стандарт Республики Беларусь – это стандарт, утвержденный Госстандартом Республики Беларусь.

Государственные стандарты основываются на современных достижениях науки и техники; международных и межгосударственных стандартах, правилах, нормах и рекомендациях по стандартизации, прогрессивных стандартах других государств, за исключением случаев, когда такие документы могут быть непригодными или неэффективными для обеспечения национальной безопасности, защиты жизни, здоровья и наследственности человека, охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и энергосбережения, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции и услуг относительно их назначения, качества или безопасности.

Разработку государственных стандартов осуществляют, как правило, технические комитеты (ТК) по стандартизации, головные и базовые организации по стандартизации, ведущие научно-исследовательские институты, организации, любые заинтересованные юридические и физические лица, включая иностранные, имеющие опыт работы в конкретной области деятельности. Требования, приведенные в государственных стандартах, не должны противоречить требованиям ТР.

Государственные стандарты имеют добровольный характер применения, за исключением следующих случаев:

- если в ТР дана ссылка на государственный стандарт, то положения этого стандарта становятся обязательными для соблюдения всеми субъектами ТНиС;

- если производитель или поставщик продукции в добровольном порядке применил государственный стандарт и заявил о соответствии ему своей продукции, то соблюдение требований этого государственного стандарта для них становится обязательным;

- если продукция сертифицирована на соответствие требованиям государственного стандарта, в том числе добровольного, то соблюдение требований этого стандарта для производителя становится обязательным.

В свою очередь стандарты в зависимости от уровня их принятия можно разделить следующим образом:

- международные;
- региональные (включая межгосударственные);
- государственные (включая предварительные);
- стандарты предприятий.

Утверждение и государственную регистрацию стандарта осуществляет Госстандарт. Он присваивает ему обозначение, состоящее из индекса «СТБ», отделенного от него пробелом порядкового регистрационного номера, и через три года утверждения стандарта: СТБ 1248-2000. Если государственный стан-

дарт входит в систему стандартов, то первые цифры с точкой обозначают порядковый номер системы стандартов: СТБ 4.227-2003 или СТБ 50.13-2003.

Для целей конкретного предприятия разрабатывается стандарт организации (СТП). Порядок разработки, утверждения, введения в действие, учета, изменения, отмены и издания стандартов организаций, а также опубликования информации о них устанавливается руководством организации. Технические требования, приведенные в СТП, распространяются и являются обязательными **только** в пределах данного предприятия, они не должны противоречить требованиям ТР: СТП 01-2013 «Дипломные проекты (работы). Общие требования».

Технические условия (ТУ) – это ТНПА, разработанный в процессе стандартизации, утвержденный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем и содержащий технические требования к конкретному типу, марке, модели, виду реализуемой им продукции, включая правила приемки и методы контроля.

Объектом ТУ является конечный продукт, в отличие от стандарта, который может распространяться не только на конечный продукт, но и на отдельные его аспекты – маркировку, правила приемки, отдельные требования (требования безопасности и т. д.). Наиболее широко ТУ применяются в рамках договорных отношений между товаропроизводителями и потребителями продукции, а также торгующими организациями.

В ТУ отражаются особенности конкретной марки, модели, вида продукции и конкретной технологии ее изготовления.

ТУ, как правило, появляются в результате разработки новой продукции, требования к которой еще не регламентированы в стандартах. Но впоследствии эти ТУ могут служить основой для разработки государственных стандартов.

В результате государственной регистрации, которую осуществляет Госстандарт, ТУ присваивается обозначение, включающее индекс вида ТНПА – «ТУ»; международный буквенный код Республики Беларусь «ВУ» (в соответствии с ИСО 3166-1:1997 «Коды для представления названий стран и их подразделений. Часть 1 – «Коды стран»); код держателя подлинника ТУ по Единому государственному регистру юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (девять знаков); порядковый регистрационный номер ТУ у держателя подлинника (три знака); четыре цифры года утверждения.

Например: ТУ ВУ 300393175.008-2005.

Особую значимость стандартизация приобрела при решении вопросов технического нормирования.

В основу требований ТР РБ, ТС, ЕАЭС, как правило, положены международные и европейские нормы, Регламенты и директивы Европейского союза. Реализация требований ТР, которые содержат только общие требования безопасности и учитывают специфику группы продукции и объекта регулирования, а также оценка соответствия осуществляются с помощью стандартов.

Только для реализации обязательных требований действующих ТР ЕАЭС применяются более 7000 стандартов.

6.3 Международные организации по стандартизации

Присоединение Республики Беларусь ко Всемирной торговой организации (ВТО) – важнейший этап интеграции в мировую экономику, который предоставит стране следующие преимущества:

- получение более благоприятных условий доступа на мировые рынки товаров и услуг на основе предсказуемости и стабильности развития торговых отношений со странами-членами ВТО, включая открытость их внешне-экономической политики;

- устранение дискриминации в торговле путем доступа к механизму ВТО по разрешению споров, обеспечивающему защиту национальных интересов в случае, если они ущемляются партнерами;

- возможность реализации своих текущих и стратегических торгово-экономических интересов путем эффективного участия в международной торговой политике при разработке новых правил международной торговли.

На сегодняшний день ВТО регулируется более 95 % всей мировой торговли.

Основная задача ВТО – содействие беспрепятственной международной торговле, т. е. без барьеров, не допуская при этом злоупотреблений и отрицательных последствий.

Основные условия участия в ВТО по вопросам ТНиС, применения санитарных и фитосанитарных мер определены документами ВТО:

- Соглашением по техническим барьерам в торговле (Соглашение ТБТ);

- Соглашением по санитарным и фитосанитарным мерам (Соглашение по СФС).

Начало международной стандартизации было положено в 1875 г., когда согласно подписанной в Париже Конвенции были организованы Международная комиссия мер и весов, Международное бюро мер и весов и Международная конференция мер и весов.

На международном уровне процесс добровольной стандартизации координируют три организации:

- Международная организация по стандартизации *ISO* (ИСО);

- Международная электротехническая комиссия *IEC* (МЭК);

- Международный союз электросвязи *ITU* (МСЭ).

Эти три организации образуют обширную инфраструктуру, которая охватывает стандартизацию на национальном, региональном и международном уровнях.

Международная организация по стандартизации (*International Organization for Standardization, ISO, www.iso.org*) представляет собой самое крупное объединение стран всего мира. В ее работе принимает участие 158 национальных органов по стандартизации промышленно развитых и развивающихся стран всех регионов мира. Штаб-квартира расположена в Швейцарии. *ISO* является крупнейшей неправительственной организацией по разработке стандартов.

Международная организация по стандартизации (ИСО) создана в 1945 г. двадцатью пятью национальными организациями по стандартизации. СССР был одним из основателей организации, постоянным членом руководящих органов.

ИСО является самым крупным в мире разработчиком стандартов во всех областях, кроме электротехники и электроники. С 1947 г. по настоящее время ИСО разработано более 16 000 международных стандартов. По своему содержанию стандарты ИСО отличаются тем, что лишь около 20 % из них включают требования к конкретной продукции. Основная масса стандартов касается требований безопасности, взаимозаменяемости, технической совместимости, методов испытаний и других общих и методических вопросов. Использование большинства стандартов ИСО предполагает, что конкретные технические требования к товару устанавливаются путем договорных отношений. Официальные языки, на которых публикуются стандарты ИСО, – английский, французский и русский.

Основной задачей организации является повсеместное содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности с целью международного обмена товарами и услугами, укрепления сотрудничества в сфере интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

Совету ИСО подчиняются три комитета, обеспечивающих разработку генеральной политики организации: *CASCO* (комитет по оценке соответствия); *COPOLCO* (комитет по защите интересов потребителей); *DEVCO* (комитет по оказанию помощи развивающимся странам).

В структуре ИСО разработку руководств по вопросам стандартных образцов (эталонов) осуществляет комитет *REMCO* (*Committee on reference materials*).

Крупнейшим партнером ИСО в разработке стандартов является **Международная электротехническая комиссия** (*International Electrotechnical Commission, IEC, www.iec.ch*). *IEC* (МЭК) – это неправительственная научно-техническая организация, ответственная за стандартизацию в области электротехники, электроники и телекоммуникаций, в том числе используемых для работы в сфере информационных технологий. В настоящее время в состав *IEC* входит 67 стран (на их территории проживает около 85 % населения Земли и сосредоточены мощности, обеспечивающие 95 % мирового производства электроэнергии).

Основная цель *IEC* определена ее уставом и заключается в содействии международному сотрудничеству путем разработки международных стандартов в следующих областях:

- электрорадиотехники и электроники;
- радиосвязи;
- приборостроении;
- производства и распределения энергии;
- терминологии и символов;
- электромагнитной совместимости;
- измерений;
- безопасности и защиты окружающей среды.

Объектами стандартизации *IEC* являются:

- материалы для электротехнической промышленности (жидкие, твердые, газообразные диэлектрики, медь, алюминий, их сплавы, магнитные материалы);
- электротехническое оборудование производственного назначения (сварочные аппараты, двигатели, светотехническое оборудование, реле, низковольтные аппараты, кабель и др.);
- электроэнергетическое оборудование (паровые и гидравлические турбины, линии электропередачи, генераторы, трансформаторы);
- изделия электронной промышленности (интегральные схемы, микропроцессоры, печатные платы и т. д.);
- электронное оборудование бытового и производственного назначения;
- электроинструменты;
- оборудование для спутников связи;
- терминология.

Большое значение *IEC* уделяет эффективному распространению и использованию современных наукоемких технологий:

- автоматизированные системы контроля и управления производственными процессами и оборудованием;
- безопасность производственных процессов и оборудования;
- системы автоматизированного сопровождения электронной и электротехнической продукции на всех этапах ЖЦП (*CALS*-технологии):
- системы моделей, языков и библиотек описаний продукции в электронной форме и сетевые информационные базы на их основе;
- системы безбумажного электронного проектирования (*hard&soft*), изготовления, автоматизированных испытаний продукции и документации на нее, проверки соответствия, осуществления торговых операций и т. п.;
- системы автоматизированного проектирования технологических схем производственных процессов.

Международный союз электросвязи (*International Telecommunication Union, ITU, www.itu.int*) – это организация, в рамках которой правительствами государств и частным сектором экономики координируются глобальные сети и услуги электросвязи. Основанный в Париже в 1865 г. как Международный телеграфный союз, *ITU* получил свое нынешнее название в 1934 г. Сейчас *ITU* является ведущим учреждением ООН в области информационно-коммуникационных технологий. Штаб-квартира *ITU* находится в Женеве (Швейцария).

Деятельность *ITU* охватывает следующие направления:

- в технической области: содействие развитию и продуктивной эксплуатации средств телекоммуникаций в целях повышения эффективности услуг электросвязи и их доступности для населения;
- в области политики: содействие распространению телекоммуникаций в глобальной информационной экономике и обществе;
- в области развития: содействие и оказание технической помощи развивающимся странам в сфере электросвязи, содействие расширению доступа к преимуществам новых технологий для населения всей Земли.

В состав *ITU* входят представители 191 государства. Это преимущественно крупнейшие американские, западноевропейские и транснациональные корпорации, работающие в сферах производства компьютерной техники, программного обеспечения, телекоммуникационных средств и предоставления телекоммуникационных услуг.

Непосредственную работу по созданию международных стандартов ведут ТК (*TC*) по конкретным направлениям деятельности, в работе которых принимают участие национальные органы по стандартизации.

Правила построения и разработки международных стандартов определены директивами *ISO/IEC* по технической работе и направлены на обеспечение унификации построения международного стандарта для удобства их использования. Целью международных стандартов является определение точных и однозначных положений, обеспечивающих содействие торговле и обмену информацией.

Всемирная служба стандартов (*Word Standards Services Network, WSSN, www.wssn.net*) представляет собой сеть общедоступных в Интернете серверов организаций по стандартизации. *WSSN* была разработана и поддерживается исключительно для информационных целей.

Через веб-сайты своих членов *WSSN* предоставляет информацию об органах международной, региональной и национальной стандартизации, их взаимодействиях и услугах. В *WSSN* установлены прямые связи с сайтами *ISO, IEC, ITU*, региональных организаций по стандартизации, национальных комитетов-членов *ISO/IEC* и других международных и региональных организаций, участвующих в стандартизации.

6.4 Методические основы стандартизации

6.4.1 Основные методы стандартизации

Основными методами стандартизации являются методы ограничения, типизации, агрегатирования и унификации. В радиоэлектронике как отрасли народного хозяйства, отличающейся большим многообразием и номенклатурой комплектующих изделий и используемых материалов, находят широкое применение все эти методы.

Ограничение (симплификация) – метод стандартизации, заключающийся в отборе из существующей совокупности и рациональном ограничении номенклатуры объектов, разрешенных для применения в данной отрасли на данном предприятии или в каком-либо объекте (изделии). Применение метода ограничения сохраняет определенный ряд уже существующих объектов и резко сокращает общее количество их типов.

Во многих случаях разрабатываются и используются ограничительные перечни, которые разрешают применение в данной области определенных типов и видов изделий, нормативно-технических документов и т. д. Примером может служить ограничительный перечень радиодеталей и радиоэлементов, разрешенных в отрасли для разработки и модернизации радиоэлектронной ап-

паратуры. Такие же перечни разработаны для разрешенных материалов, которые используются при проектировании новых приборов и устройств.

Типизация – метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении видов объектов путем установления некоторых типовых, выполняющих большинство функций объектов данной совокупности и принимаемых за основу (базу) для создания других объектов, аналогичных или близких по функциональному назначению. Этот метод часто называют методом «базовой конструкции».

Эффективность метода заключается в том, что при проектировании нового изделия используется проверенный путь, метод, конструкция или базовая модель, исключающая поиски и возможные ошибки; обеспечивается преемственность в производстве при смене моделей устройств, создаваемых на одной базе; значительно ускоряется подготовка производства и снижаются расходы на ее выполнение; значительно облегчаются условия эксплуатации и ремонта техники, имеющей много общих конструктивных элементов или принципов действия; вокруг типовых (базовых) изделий легко могут создаваться различные модификации.

Агрегатирование – метод стандартизации, заключающийся в создании объектов частного функционального назначения на основе функциональной взаимозаменяемости их составных частей. Его характерными чертами являются отбор и создание многих объектов частого функционального назначения на основе различных сочетаний, определенной совокупности объектов с частными функциями, имеющими размерную функциональную взаимозаменяемость и нормированные параметры. При агрегатировании в конечном изделии применяются агрегаты в виде самостоятельных изделий, и при их соединении образуются комплексы.

Можно выделить следующие признаки агрегатирования:

- функциональная законченность составных частей (узлов, механизмов, отделочных деталей и т. д.);
- конструктивная обратимость, т. е. возможность повторного использования составных частей (агрегатов);
- изменение функциональных свойств изделия при перестановке составных частей внутри него.

Как один из эффективных приемов агрегатирования широкое распространение получило блочно-модульное конструирование.

Унификация – метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении существующей номенклатуры объектов путем отбора или создании новых объектов широкого применения, выполняющих большинство функций объектов данной совокупности, но не исключающих использование других объектов аналогичного назначения. Унификация основана на использовании метода ограничения. В результате применения метода унификации становится возможным использование унифицированных изделий в составе различных устройств или систем различного функционального назначения, единообразие в конструктивном оформлении изделий и т. д.

Унификация приводит к сокращению количества видов изделий в пределах устройства, класса устройств или целых групп. Этот метод направлен на рациональное сокращение существующей номенклатуры объектов.

6.4.2 Ряды предпочтительных чисел и их основные свойства

В ходе производства узлов радиоэлектронной и инфокоммуникационной аппаратуры широко применяются комплектующие изделия различных типоразмеров: резисторы, конденсаторы, платы, разъемы, переключатели и т. д. Термин «типоразмер» означает определенное изделие с конкретными параметрами и размерами. Большое разнообразие типоразмеров экономически невыгодно, поэтому параметры комплектующих изделий и конечной продукции назначаются в соответствии с некоторой общей системой, которая получила название **системы предпочтительных чисел**. Она используется при проведении унификации, типизации и при разработке стандартов на изделия широкого применения, решении задач рационального выбора и установления градации количественных значений параметров изделий.

Система основывается на использовании рядов предпочтительных чисел, которые используются для выбора типоразмеров деталей и типовых соединений, рядов допусков, посадок и других параметров, стандартизуемых одновременно для многих отраслей промышленности.

Ряды предпочтительных чисел, их свойства и правила применения определены в ГНПА в соответствии с рекомендациями ИСО.

Исследования показали, что целям стандартизации в наибольшей степени соответствуют геометрические прогрессии, включающие единицу.

В конце XIX в. французский инженер Ш. Ренар построил ряд, приняв знаменатель прогрессии q таким, чтобы каждый пятый член ряда увеличивался в 10 раз. В результате после округления получен ряд, условно обозначенный $R5$ и включающий в себя числа 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0. По аналогии с рядом $R5$ впоследствии были образованы и другие ряды, которые в литературе называют рядами Ренара, рядами ИСО, однако чаще – рядами R .

В радиотехнике и радиоэлектронике наиболее распространенными являются стандартные ряды номинальных значений емкостей конденсаторов и сопротивлений резисторов. В технической литературе эти ряды иногда называют рядами МЭК, чаще – рядами E .

Правила составления рядов предпочтительных чисел (на примере рядов R) заключаются в следующем:

1 Предпочтительные числа получают на основе геометрической прогрессии, i -й член которой равен $g_i = \pm 10^{\frac{i}{R}}$.

Знаменатель прогрессии равен $Q = \sqrt[R]{10}$, где $R = 5, 10, 20, 40, 80, 160$; i принимает целые значения в интервале от 0 до R .

Значение R определяет число членов прогрессии в одном десятичном интервале. Предпочтительные числа представляют собой округленные значения членов ряда данной прогрессии. Члены ряда, расположенные в интервале от 1 до 10, составляют исходный ряд.

2 Ряды предпочтительных чисел не ограничиваются в обоих направлениях, при этом предпочтительные числа менее 1 и более 10 получают делением или умножением членов исходного ряда на числа 10, 100, 1000 и т. д.

3 Предпочтительные числа одного ряда могут быть либо только положительными, либо только отрицательными.

4 Произведение или частное двух предпочтительных чисел, а также положительные или отрицательные степени чисел ряда дают предпочтительное число этого же ряда с относительной ошибкой от $-1,01\%$ до $+1,26\%$.

5 Куб любого числа ряда $R10$ в два раза больше куба предыдущего числа, а квадрат в 1,6 раза больше квадрата предыдущего числа с относительной ошибкой до $0,1\%$.

6 Члены ряда $R10$ удваиваются через каждые 3 числа, ряда $R20$ – через каждые 6 чисел, ряда $R40$ – через каждые 12 чисел и т. д.

7 В рядах, начиная с $R10$, находится число 3,15, которое приблизительно равно числу π , т. е. длины окружностей и площади круга примерно равны предпочтительным числам, если диаметр – предпочтительное число.

8 Ряд $R40$ включает предпочтительные числа 3000, 1500, 750 и 375, представляющие собой синхронные частоты вращения валов электродвигателей (об/мин).

9 Основные и дополнительные ряды предпочтительных чисел содержат все целые степени десяти.

Основные ряды предпочтительных чисел и их члены в интервале от 1 до 10 представлены в ГОСТ 8032–84.

При необходимости ограничения основных рядов в их обозначениях указываются предельные члены, которые всегда включаются в ограниченные ряды. Например:

- $R10(1,25\dots)$ – это ряд $R10$, ограниченный членом 1,25 (включительно) в качестве нижнего предела;

- $R20(\dots 45)$ – ряд $R20$, ограниченный числом 45 (включительно) в качестве верхнего предела;

- $R40(75\dots 300)$ – ряд $R40$, ограниченный членами 75 и 300 и включающий оба члена.

Обозначение и знаменатели предпочтительных чисел приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Ряды предпочтительных чисел R

Обозначение основного ряда	Знаменатель ряда	
	округленное значение Q_0	точное значение Q_T
$R5$	1,6	$\sqrt[5]{10}$
$R10$	1,25	$\sqrt[10]{10}$
$R20$	1,12	$\sqrt[20]{10}$
$R40$	1,06	$\sqrt[40]{10}$

Выборочные ряды предпочтительных чисел получают отбором каждого второго, третьего, четвертого, ..., n -го члена основного или дополнительного ряда, начиная с любого числа ряда.

Обозначение выборочного ряда состоит из обозначения исходного основного ряда, после которого ставится косая черта и число 2, 3, 4, n соответственно. Если ряд ограничен, обозначение должно содержать члены, ограничивающие ряд. Если ряд не ограничен, то должен быть указан хотя бы один его член. Например:

- $R5/2(1...1000000)$ – выборочный ряд, состоящий из каждого второго члена основного ряда $R5$, ограниченный членами 1 и 1 000 000;

- $R10/3(...80...)$ – выборочный ряд, состоящий из каждого третьего члена основного ряда $R10$, включающий член 80 и неограниченный в обоих направлениях;

- $R20/4(112...)$ – выборочный ряд, состоящий из каждого четвертого члена основного ряда $R20$, ограниченный по нижнему пределу членом 112;

- $R40/5(...60)$ – выборочный ряд, состоящий из каждого пятого члена основного ряда $R40$ и ограниченный по верхнему пределу членам 60.

Выборочные ряды предпочтительных чисел применяются, когда уменьшаются числа градации, создается дополнительный эффект по сравнению с использованием полных рядов.

Составные ряды предпочтительных чисел получают путем сочетания, разложения основных и (или) выборочных рядов. Составной ряд при этом в различных интервалах имеет не одинаковый знаменатель. Количество основных и выборочных рядов, используемых для получения составного ряда, должно быть минимальным. Конечные и начальные члены смежных рядов, образующих составной ряд, должны быть одинаковыми. Например: $R20(1...2)R10(2...10)R5/2(10...1000)$.

Составные ряды предпочтительных чисел должны применяться, если требуемая плотность значений параметра в рассматриваемом интервале не одинакова.

Производные предпочтительные ряды чисел устанавливаются для случаев, в которых из-за естественной закономерности не могут быть применены геометрические ряды. Производные ряды получают путем преобразования основных и дополнительных рядов предпочтительных чисел, и в соответствии с этим производные ряды предпочтительных чисел также делятся на основные и дополнительные.

Производные ряды предпочтительных чисел классифицируются следующим образом:

- убывающие;
- комплементарные;
- арифметические.

Убывающие ряды положительных предпочтительных чисел получают на основе убывающей геометрической прогрессии, i -й член которого равен

$$\downarrow g_i = \frac{1}{g_i} = 10^{-\frac{i}{R}}.$$

Эти ряды чисел применяются для установления значений параметров, асимптотически приближающихся к нулю (например, загрязнение веществ).

Обозначение убывающего ряда положительных предпочтительных чисел получают добавлением к обозначению каждого основного или дополнительного ряда предпочтительных чисел знака \downarrow . Например: $\downarrow R5$, $\downarrow R10(\dots 1,25)$, $\downarrow R20(45\dots)$, $\downarrow R40(300\dots 75)$.

Для убывающих рядов положительных предпочтительных чисел справедливы правила обозначения составных и выборочных рядов.

Комплементарные предпочтительные ряды получают на основе убывающей геометрической прогрессии. Выражение для i -го члена комплементарного ряда имеет вид

$$\bar{g}_i = 10^m - \downarrow g_i,$$

где m – целое число или нуль.

Для образования комплементарных рядов следует брать предпочтительные числа и вычитать их из 10^m . Комплементарные предпочтительные ряды чисел следует использовать для установления значений параметров, асимптотически стремящихся к 10^m (например: чистота вещества, коэффициент полезного действия, вероятность безотказной работы). Члены комплементарного ряда, за исключением некоторых, не являются предпочтительными числами.

Обозначение комплементарного ряда:

$$\bar{R}5, \bar{R}10, \bar{R}10(0,845\dots), \bar{R}20(\dots 0,99955), \bar{R}40(0,700\dots 0,925).$$

Обозначения рядов E и их знаменатели приведены в таблице 6.2.

Свойства рядов R и E аналогичны. Тожественны следующие выборочные ряды:

$$R20/5 \equiv E12/3; R40/5 \equiv E24/3; R80/5 \equiv E48/3; R160/5 \equiv E96/3.$$

Практика стандартизации предусматривает применение арифметических предпочтительных рядов чисел, которые представляют собой арифметическую прогрессию, i -й член которой определяется выражением

$$a_i = a_0 \pm 10^m \cdot l_0 \cdot g_i = a_0 \pm \frac{10^m}{R} \cdot i.$$

Это выражение справедливо при условиях, когда a_0 кратно $\frac{10^m}{R}$ или

$$\left| a_i \cdot \frac{10^m}{R} \right| \leq 100, \text{ где } m \text{ – целое число или нуль. Поэтому арифметические пред-}$$

почтительные ряды чисел ограничены в обоих направлениях.

Таблица 6.2 – Ряды предпочтительных чисел E

Обозначение основного ряда	Знаменатель ряда	
	округленное значение Q_0	точное значение Q_T
E_6	1,48	$\sqrt[6]{10}$
E_{12}	1,21	$\sqrt[12]{10}$
E_{24}	1,10	$\sqrt[24]{10}$
E_{48}	1,05	$\sqrt[48]{10}$
E_{96}	1,02	$\sqrt[96]{10}$

Арифметические предпочтительные ряды чисел представляют собой арифметическую прогрессию с разностью $D = \frac{10^m}{R}$, причем сама разность и члены ряда имеют точные значения.

Арифметические ряды предпочтительных чисел должны применяться при установлении следующих параметров:

- сумма и разность параметров должна принадлежать тому же ряду (например, при блочном проектировании и модульной координации размеров);
- лежащих в ограниченных пределах, в которых целесообразна линеаризация (например, интервалы температур окружающего воздуха, определяющие нормы, размеры обуви и одежды);
- когда равномерная градация обусловлена удобством использования (например, значения аргументов в таблицах, градуирование шкал приборов);
- когда нужны точные целые значения (например, эталонные значения параметров);
- выраженных в значениях логарифмов или децибелов, например, нормы на уровень шума.

В обозначениях арифметических предпочтительных рядов чисел должны указываться их разность и числа, ограничивающие ряд. Например: $A_2(-10 \dots 10)$, $A_{0,5}(0 \dots 40)$, $A_{1250}(5 \cdot 10^3 \dots 2 \cdot 10^4)$. Для арифметических предпочтительных рядов сохраняются положения выборочных арифметических рядов. В случаях, когда ряды чисел, рассмотренные ранее, применены из-за естественной закономерности изменения значения параметров, используются специальные ряды чисел.

Рассмотрим некоторые специальные ряды чисел, приведенные в ГОСТ 8032–84:

1 Двоичный ряд чисел представляет собой ряд, i -й член которого находится из выражения $f_i = 2^i$. Применяется в вычислительной технике.

2 Арифметические ряды времени и углового размера. В тех случаях, когда для измерения времени используются секунды и минуты или минуты и часы, а для измерения угловых размеров – угловые градусы, минуты и секунды,

могут использовать предпочтительные специальные арифметические ряды, имеющие разности 3 и 1,5.

3 Стандартные ряды номинальной емкости электрических конденсаторов и номинального сопротивления резисторов.

Предпочтительные ряды и их числа должны использоваться в следующих случаях:

- при установлении стандартных значений и рядов стандартных значений величин;

- при нормировании значений исходных параметров продукции, условия ее существования и процессов, а также разрешающих и допускающих их отклонений;

- при нормировании значений параметров продукции, связанных логарифмической зависимостью с исходными параметрами, значения которых нормируются посредством предпочтительных чисел;

- при приведении значений параметров предметов и процессов (в том числе природных констант), если использование предпочтительных чисел не влечет выхода за пределы допускаемого отклонения.

7 Основы подтверждения соответствия

7.1 Общие положения Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь

Оценка соответствия (испытания, измерения, подтверждение соответствия, аккредитация, контроль) – это инструмент, позволяющий государству в максимальной степени оградить промышленность и своих граждан от приобретения и потребления опасной и недоброкачественной продукции, создать условия для обеспечения свободного перемещения продукции на внутреннем и внешнем рынках, а также обеспечить участие республики в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле.

Деятельность по подтверждению соответствия в Республике Беларусь основывается на законах РБ «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации», «О техническом нормировании и стандартизации», «О защите прав потребителей». Основным документом, регулирующим правовые и организационные основы оценки соответствия в Республике Беларусь, является закон «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации».

К техническим нормативным правовым актам в области технического нормирования и стандартизации, на соответствие требованиям которых осуществляется оценка соответствия, относятся технические регламенты и государственные стандарты Республики Беларусь.

Оценка соответствия – это деятельность по определению соответствия объектов оценки соответствия требованиям технических нормативных право-

вых актов в области технического нормирования и стандартизации (ТНПА). Виды оценки соответствия приведены на рисунке 7.1.

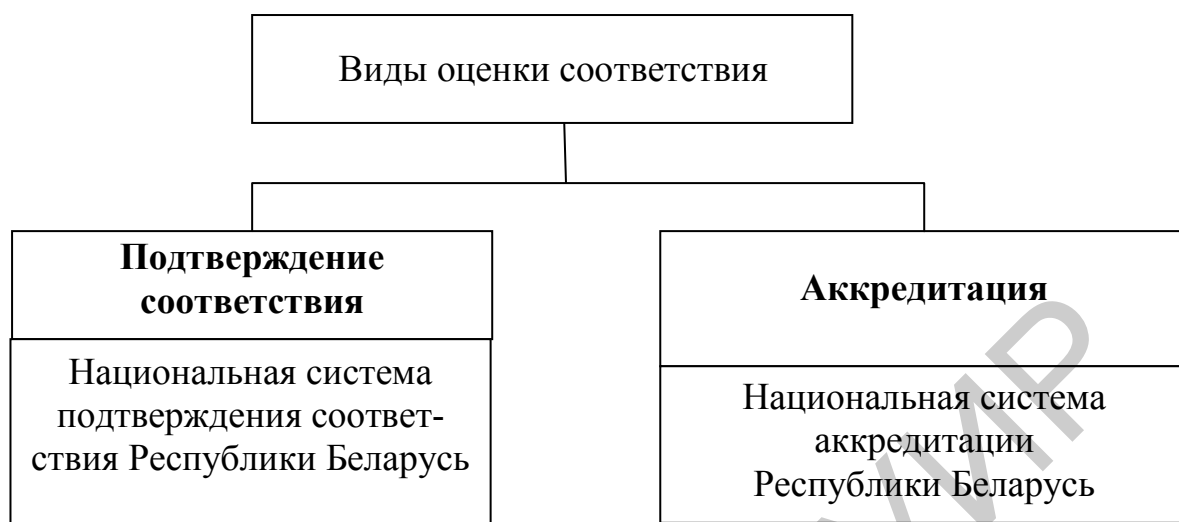


Рисунок 7.1 – Виды оценки соответствия

Аккредитация – вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является подтверждение компетентности юридического лица Республики Беларусь или иностранного юридического лица в выполнении работ по подтверждению соответствия или проведении испытаний объектов оценки соответствия.

Целями аккредитации являются:

- подтверждение компетентности юридических лиц в выполнении работ по подтверждению соответствия или проведении испытаний объектов оценки соответствия в определенной области аккредитации;
- обеспечение доверия заявителей на подтверждение соответствия, заявителей на проведение испытаний и потребителей продукции (работ, услуг) к деятельности аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров);
- создание условий для взаимного признания результатов деятельности аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров) на международном уровне.

Национальная система аккредитации Республики Беларусь – это совокупность уполномоченных государственных органов, органа по аккредитации, аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров), нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, определяющих процедуры аккредитации и функционирование системы в целом.

Подтверждение соответствия – это вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является документальное удостоверение соответствия объекта оценки соответствия требованиям ТНПА.

Деятельность по подтверждению соответствия осуществляется в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь.

НСПС Республики Беларусь – это установленная совокупность субъектов оценки соответствия, нормативных правовых актов, в том числе ТНПА, определяющих правила и процедуры подтверждения соответствия и функционирования системы в целом.

Целями НСПС Республики Беларусь (далее – Системы) являются:

- удостоверение соответствия объектов оценки соответствия требованиям ТНПА;
- содействие потребителям в компетентном выборе продукции (услуг);
- защита отечественного рынка от недоброкачественной и небезопасной продукции;
- снижение технических барьеров в торговле;
- содействие повышению качества и конкурентоспособности отечественной продукции.

Общее руководство НСПС Республики Беларусь, организацию и координацию работ по реализации целей Системы осуществляет Национальный орган по оценке соответствия Республики Беларусь – Госстандарт Республики Беларусь.

Системой предусматриваются следующие виды работ:

- сертификация продукции;
- декларирование соответствия продукции;
- сертификация услуг;
- сертификация систем управления качеством (систем менеджмента качества, систем качества на основе принципов анализа риска и критических контрольных точек (НАССР), принципов надлежащей производственной практики (*GMP*), систем управления окружающей средой (систем экологического менеджмента) и других систем управления);
- сертификация профессиональной компетентности персонала (сертификация персонала);
- инспекционный контроль за сертифицированной продукцией, услугами, системами управления и персоналом;
- подготовка и сертификация экспертов-аудиторов по качеству;
- подготовка и сертификация экспертов-энергоаудиторов;
- организационно-методическая помощь в области подтверждения соответствия;
- ведение реестра НСПС Республики Беларусь (реестра Системы);
- ведение Государственного кадастра служебного и гражданского оружия и боеприпасов (кадастра).

Подтверждение соответствия в рамках Системы может носить обязательный или добровольный характер. Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в форме обязательной сертификации продукции, выполнения работ, оказания услуг, профессиональной компетентности персонала, а также декларирования соответствия продукции.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации. Добровольная сертификация проводится по тем же правилам и процедурам, что и обязательная.

Обязательная и добровольная сертификация осуществляется аккредитованными органами по сертификации в соответствии с их областью аккредитации.

Декларирование соответствия осуществляется изготовителем (продавцом).

Объекты оценки соответствия, подлежащие обязательному подтверждению соответствия, и формы обязательного подтверждения соответствия устанавливаются техническими регламентами, а также (до разработки и введения в действие технических регламентов) Перечнем продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь (далее – Перечень). Изготовитель (продавец) может вместо принятия декларации о соответствии на продукцию, включенную в Перечень, провести обязательную сертификацию в аккредитованном органе по сертификации с получением сертификата соответствия.

Обязательное подтверждение соответствия проводится на соответствие требованиям технических регламентов, а для продукции, включенной в Перечень, – на соответствие требованиям установленных в нем государственных стандартов.

Подтверждение соответствия продукции, выполнения работ, оказания услуг проводится по схемам, устанавливающим совокупность и последовательность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательств соответствия объекта оценки соответствия требованиям ТНПА.

Схемы подтверждения соответствия, применяемые при сертификации определенных видов продукции, работ, услуг и декларировании соответствия продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом, а в случае если схемы подтверждения соответствия в нем не установлены, либо технический регламент отсутствует, – в ТКП 5.1.02 – ТКП 5.1.04.

Подтверждение соответствия импортируемой продукции проводится по тем же правилам и процедурам, что и производимой в Республике Беларусь.

Правила и процедуры Системы едины и обязательны для выполнения всеми субъектами оценки соответствия.

В рамках Системы предусмотрена ответственность за соблюдение конфиденциальности информации, получаемой в результате взаимодействия участников подтверждения соответствия, кроме случаев, когда продукция, услуга, деятельность персонала представляют опасность для жизни, здоровья и наследственности людей, имущества и окружающей среды. Такая продукция должна быть в соответствии с законодательством Республики Беларусь исключена из обращения, а услуга или деятельность персонала запрещены.

Структуру НСПС Республики Беларусь образуют (рисунок 7.2):

- Национальный орган по оценке соответствия Республики Беларусь;
- Совет Системы;
- Комиссия по апелляциям;
- аккредитованные органы по сертификации продукции, услуг, систем управления, персонала;

- методические центры по подтверждению соответствия;
- центр подготовки экспертов-аудиторов по качеству;
- штат экспертов-аудиторов по качеству;
- аккредитованные испытательные лаборатории (центры).

Основными функциями **Национального органа по оценке соответствия Республики Беларусь** являются:

- реализация единой государственной политики в области подтверждения соответствия и осуществление регулирования и управления в этой сфере;
- участие в установленном порядке в разработке проектов законодательных и иных нормативных правовых актов по вопросам подтверждения соответствия;
- в пределах своей компетенции обеспечение создания, функционирования и развития Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь;
- разработка и утверждение правил и процедур Системы, изменений и (или) дополнений к ним;
- установление схем подтверждения соответствия, если в техническом регламенте такие схемы не установлены либо технический регламент отсутствует;
- разработка на основе предложений государственных органов проекта Перечня продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь, изменений и (или) дополнений к нему;
- установление с учетом предложений государственных органов номенклатуры показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия;
- организация, проведение и координация работ, обеспечивающих функционирование Системы;
- утверждение трудоемкости выполняемых работ по подтверждению соответствия;
- представление в пределах своих полномочий Республики Беларусь в международных и межгосударственных (региональных) организациях, занимающихся вопросами оценки соответствия;
- заключение в пределах своих полномочий международных договоров Республики Беларусь межведомственного характера;
- ведение реестра Системы;
- ведение кадастра;
- рассмотрение жалоб и апелляций сторон, принимающих участие в подтверждении соответствия;
- пропаганда целей и задач подтверждения соответствия;
- информационное обеспечение в области подтверждения соответствия.



Рисунок 7.2 – Структура НСПС Республики Беларусь

Совет Системы. В Совет Системы входят руководители и специалисты Национального органа по оценке соответствия Республики Беларусь, руководители методических центров по подтверждению соответствия и представители органов государственного управления.

В работе Совета Системы могут участвовать представители аккредитованных органов по сертификации, аккредитованных испытательных лабораторий (центров), обществ защиты прав потребителей, общественных объединений производителей и предпринимателей и других заинтересованных организаций.

Возглавляет Совет Системы руководитель Национального органа по оценке соответствия.

Основные функции Совета – оценка функционирования, мониторинг реализации целей и выработка рекомендаций по деятельности и развитию Системы.

Комиссия по апелляциям состоит из руководителей и специалистов Национального органа по оценке соответствия Республики Беларусь. Для участия в ее работе могут привлекаться представители уполномоченных государственных органов, методических центров по подтверждению соответствия, аккредитованных органов по сертификации, аккредитованных испытательных лабораторий (центров), обществ защиты прав потребителей, общественных объединений производителей и предпринимателей и других заинтересованных организаций.

Основная функция комиссии – рассмотрение поступивших в ее адрес апелляций по вопросам подтверждения соответствия и принятие по ним обоснованных решений.

Основными функциями **уполномоченных государственных органов** в области подтверждения соответствия являются:

- участие в реализации единой государственной политики в области подтверждения соответствия;
- участие в разработке ТНПА, на соответствие требованиям которых осуществляется подтверждение соответствия;
- разработка предложений по включению объектов оценки соответствия в Перечень и обоснование к таким предложениям;
- осуществление взаимодействия с Национальным органом по оценке соответствия;
- внесение в Национальный орган по оценке соответствия предложений по номенклатуре показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия.

Основные функции **аккредитованных органов по сертификации**:

- предоставление заявителю информации о процедурах подтверждения соответствия;
- проведение подтверждения соответствия в соответствии с областью аккредитации;
- выдача заявителям зарегистрированных сертификатов соответствия (сертификатов компетентности), их дубликатов (при необходимости) на сертифицированные объекты оценки соответствия, изготовление их копий;
- осуществление регистрации деклараций о соответствии в соответствии с областью аккредитации (для аккредитованного органа по сертификации продукции);
- проведение работ по признанию сертификатов соответствия (сертификатов компетентности), протоколов испытаний, полученных за пределами Республики Беларусь вне требований Системы на основании международных договоров Республики Беларусь в рамках области аккредитации;
- ведение учета выданных ими сертификатов соответствия (сертификатов компетентности), их копий, дубликатов;
- ведение учета зарегистрированных деклараций о соответствии (для аккредитованного органа по сертификации продукции);

- осуществление инспекционного контроля за сертифицированными объектами оценки соответствия, если это предусмотрено соответствующей схемой сертификации;

- приостановление либо отмена в установленном порядке действия выданных ими сертификатов соответствия (сертификатов компетентности) в случае выявления несоответствия объектов оценки соответствия, на которые они выданы, требованиям технических регламентов или ТНПА и нормативных правовых актов;

- отмена в установленном порядке регистрации деклараций о соответствии (для аккредитованного органа по сертификации продукции);

- возобновление действия приостановленных ими сертификатов соответствия (сертификатов компетентности) по положительным результатам корректирующих мероприятий по устранению выявленных несоответствий, проведенных заявителем;

- внесение изменений и (или) дополнений в выданные ими сертификаты соответствия (сертификат компетентности);

- продление сроков действия выданных ими сертификатов соответствия (сертификатов компетентности);

- предоставление в уполномоченную организацию данных о выданных ими сертификатах соответствия (сертификатах компетентности) и зарегистрированных декларациях о соответствии, о внесении в них изменений и (или) дополнений, приостановлении, возобновлении, отмене, продлении срока их действия, выдаче дубликатов для внесения в реестр Системы;

- осуществление взаимодействия с Национальным органом по оценке соответствия, органами государственного надзора за соблюдением требований технических регламентов и стандартов, аккредитованными органами по сертификации и аккредитованными испытательными лабораториями (центрами).

Методические центры по подтверждению соответствия назначаются Национальным органом по оценке соответствия Республики Беларусь. Их основными функциями являются:

- разработка и актуализация ТНПА, методических документов и оказание методической помощи в закрепленной области деятельности;

- подготовка предложений по совершенствованию ТНПА Системы;

- взаимодействие с Национальным органом по оценке соответствия и заинтересованными организациями (органами государственного надзора за соблюдением требований технических регламентов и стандартов, аккредитованными органами по сертификации, аккредитованными испытательными лабораториями (центрами), общественными организациями, изготовителями (продавцами), исполнителями работ, услуг и другими заинтересованными) по вопросам подтверждения соответствия.

Центр подготовки экспертов-аудиторов по качеству выполняет следующие основные функции:

- организация и проведение обучения экспертов-аудиторов требованиям Системы;

- организация и проведение повышения квалификации экспертов-аудиторов, специалистов аккредитованных органов по сертификации в области подтверждения соответствия;

- разработка учебно-программной документации и представление ее на согласование в Национальный орган по оценке соответствия.

Основные положения сертификации и декларирования соответствия продукции установлены в ТКП 5.1.02 и ТКП 5.1.03 соответственно; сертификации выполнения работ, оказания услуг – в ТКП 5.1.04; сертификации систем управления – в ТКП 5.1.05; сертификации профессиональной компетентности персонала – в ТКП 5.1.06.

Положительные результаты процедур сертификации или декларирования соответствия удостоверяются сертификатом соответствия (сертификатом компетентности), выдаваемым заявителю аккредитованным органом по сертификации, или зарегистрированной аккредитованным органом по сертификации декларацией о соответствии, принятой изготовителем (продавцом).

Юридическим лицам всех форм собственности и индивидуальным предпринимателям, подтвердившим соответствие объектов оценки соответствия в рамках Системы, предоставляется право применять знаки соответствия Системы.

К знакам соответствия Системы относятся:

- знак соответствия техническому регламенту, свидетельствующий о проведении всех необходимых процедур подтверждения соответствия и о соответствии маркированных им объектов оценки соответствия требованиям всех распространяющихся на эти объекты технических регламентов (рисунок 7.3). Применение знака соответствия техническому регламенту является обязательным;

- иные знаки соответствия, свидетельствующие о проведении всех необходимых процедур подтверждения соответствия и о соответствии маркированных ими объектов оценки соответствия установленным требованиям (см. рисунок 7.3). Применение указанных знаков соответствия осуществляется на добровольной основе.

Данные о выданных сертификатах соответствия, сертификатах компетентности, зарегистрированных декларациях о соответствии, внесении в них изменений и (или) дополнений, приостановлении, возобновлении, отмене, прекращении, продлении сроков их действия, выдачи дубликатов содержатся в реестре Системы.

Работы по подтверждению соответствия в Системе проводятся экспертами-аудиторами, профессиональная компетентность которых сертифицирована в соответствии с процедурами, установленными в ТКП 5.1.09.



a – знак соответствия техническому регламенту;
б – знак, применяемый при обязательном подтверждении соответствия продукции, выполнения работ, оказания услуг; *в* – знак, применяемый при добровольной сертификации продукции, выполнения работ, оказания услуг;
г – знак, применяемый при сертификации систем менеджмента качества на соответствие требованиям СТБ ISO 9001; *д* – экологический знак соответствия, применяемый при сертификации системы управления окружающей средой на соответствие требованиям СТБ ИСО 14001

Рисунок 7.3 – Знаки соответствия

7.2 Порядок проведения подтверждения соответствия

Подтверждение соответствия осуществляется в целях:

- удостоверения соответствия объектов оценки соответствия требованиям ТНПА;
- обеспечения защиты жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции (работ, услуг) относительно ее назначения, качества и безопасности.

Принципами подтверждения соответствия являются:

- открытость и доступность процедур подтверждения соответствия;
- независимость аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров) от заявителей на подтверждение соответствия и заявителей на проведение испытаний объектов оценки соответствия;
- минимизация сроков проведения и затрат заявителей на подтверждение соответствия и заявителей на проведение испытаний на прохождении процедур подтверждения соответствия;
- защита имущественных интересов заявителей на подтверждение соответствия и заявителей на проведение испытаний, в том числе путем соблюдения требований конфиденциальности сведений, полученных в процессе прохождения процедур подтверждения соответствия;
- недопустимость ограничения конкуренции аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров) при выполнении работ по подтверждению соответствия и проведении испытаний объектов оценки соответствия.

Подтверждение соответствия может носить обязательный или добровольный характер.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в форме:

- обязательной сертификации;
- декларирования соответствия.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

Объектами оценки соответствия при подтверждении соответствия являются:

а) продукция, процессы разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции;

б) выполнение работ;

в) оказание услуг;

г) профессиональная компетентность персонала в выполнении определенных работ, оказании определенных услуг, в том числе экспертов-аудиторов аккредитованных органов по сертификации;

д) системы управления:

- система управления качеством (системы менеджмента качества);

- система обеспечения качества на основе принципов надлежащей производственной практики (*GMP*);

- система управления энергопотреблением;

- система управления окружающей средой;

- система управления безопасностью продукции (система менеджмента безопасности пищевых продуктов, система менеджмента безопасности пищевых продуктов на основе анализа опасностей и критических контрольных точек (*HACCP*));

- система менеджмента информационной безопасности;

- система управления охраной труда;

- система лесопользования и лесопользования.

Субъектами подтверждения соответствия являются:

- Национальный орган по оценке соответствия Республики Беларусь;

- уполномоченные государственные органы;

- аккредитованные органы по сертификации;

- аккредитованные испытательные лаборатории (центры);

- эксперты-аудиторы;

- методические центры по подтверждению соответствия;

- центр подготовки экспертов-аудиторов;

- заявители на подтверждение соответствия;

- заявители на проведение испытаний;

- изготовители (продавцы) продукции;

- исполнители работ, услуг.

7.2.1 Общие правила и порядок сертификации продукции

Сертификацию продукции проводят аккредитованные органы по сертификации продукции в соответствии с их областью аккредитации.

Работы по сертификации продукции выполняются экспертами-аудиторами органов по сертификации, включенными в реестр НСПС Республики Беларусь.

В Системе проводится обязательная и добровольная сертификация продукции. При этом сертификация продукции отечественного и иностранного производства проводится по одним и тем же процедурам.

Обязательной сертификации подлежит продукция, в отношении которой данная форма обязательного подтверждения соответствия установлена в техническом(их) регламенте(ах) или (до введения в действие технических регламентов) включенная в Перечень продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь.

Обязательная сертификация продукции проводится на соответствие требованиям технических регламентов, а для продукции, включенной в Перечень, на соответствие требованиям государственных стандартов, установленных в нем. Номенклатура показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия продукции, подлежащей обязательной сертификации в Республике Беларусь согласно Перечню, приведена в ТКП 5.1.02.

Обязательная сертификация проводится по схемам подтверждения соответствия, применяемым при сертификации продукции, установленным соответствующим техническим регламентом, а в случаях, если схемы сертификации в нем не установлены либо технический регламент отсутствует, – по схемам сертификации, приведенным в ТКП 5.1.02 (схемы 1с...9с).

Добровольная сертификация проводится в отношении продукции, на которую не распространяются технические регламенты и которая (до введения в действие технических регламентов) не включена в Перечень.

При добровольной сертификации продукции заявитель самостоятельно выбирает стандарты, на соответствие требованиям которых проводится добровольная сертификация, и определяет номенклатуру контролируемых показателей. В номенклатуру этих показателей в обязательном порядке включаются показатели безопасности, если они установлены в государственных стандартах на данную продукцию.

Добровольная сертификация проводится по схемам сертификации, приведенным в ТКП 5.1.02 (схемы 1с...9с).

Сертификация продукции в рамках международных или региональных систем, к которым присоединилась Республика Беларусь, проводится на соответствие требованиям документов, принятых в этих системах.

Заявитель, который является изготовителем продукции, может подать заявку на сертификацию продукции серийного производства и (или) партии продукции (единичного изделия), заявитель, являющийся продавцом продук-

ции, – только на сертификацию партии продукции (единичного изделия), а также на сертификацию продукции, поступающей по контракту.

При сертификации продукции должна соблюдаться конфиденциальность информации, получаемой в результате взаимодействия субъектов оценки соответствия, кроме случаев, когда продукция может создать реальную угрозу безопасности жизни, здоровью, наследственности потребителя, сохранности имущества и безопасности окружающей среды.

Порядок проведения сертификации продукции установлен в ТКП 5.1.02. В общем случае процедуры сертификации включают:

- подачу заявителем заявки на проведение работ по сертификации продукции с прилагаемыми документами;
- анализ органом по сертификации документов, представленных заявителем;
- проведение органом по сертификации идентификации продукции и отбора образцов продукции для испытаний;
- проведение аккредитованной испытательной лабораторией (центром) испытаний продукции;
- проведение органом по сертификации исследования проекта продукции;
- проведение органом по сертификации исследования типа продукции;
- проведение органом по сертификации анализа состояния производства;
- принятие решения о выдаче сертификата соответствия;
- выдачу заявителю сертификата соответствия;
- заключение соглашения по сертификации между органом по сертификации и заявителем;
- проведение органом по сертификации инспекционного контроля за сертифицированной продукцией (если предусмотрено схемой сертификации).

В течение всего срока действия сертификата соответствия орган по сертификации, выдавший сертификат соответствия, проводит инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (схемы сертификации – 1с, 2с, 5с, 6с, 7с, 8с) с целью проверки соответствия сертифицированной продукции требованиям ТНПА.

Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией может быть плановым и внеплановым.

Плановый инспекционный контроль проводится не реже одного раза в год по программе, разработанной органом по сертификации, определяющей объем инспекционного контроля. В ходе инспекционного контроля проводится идентификация, испытания образцов продукции и (или) анализ состояния производства, анализ результатов инспекционного контроля за сертифицированной системой управления.

Внеплановый инспекционный контроль проводится в случае поступления информации о претензиях к сертифицированной продукции; возможности создания продукцией реальной угрозы безопасности жизни, здоровью, наследственности человека, сохранности имущества и безопасности окружающей среды; несоответствия продукции требованиям ТНПА, контролируемым при сертификации и др.

7.2.2 Общие правила декларирования соответствия продукции

Декларирование соответствия – форма обязательного подтверждения соответствия.

Декларирование соответствия осуществляется изготовителями (продавцами), т. е. заявителями на подтверждение соответствия.

Заявитель, являющийся изготовителем продукции, может принять декларацию о соответствии на серийно выпускаемую продукцию и на партию продукции (единичное изделие), заявитель, являющийся продавцом продукции, – на партию продукции (единичное изделие), а также на продукцию, поступающую по контракту.

Декларированию соответствия подлежит продукция, в отношении которой такая форма обязательного подтверждения соответствия установлена в техническом(их) регламенте(ах) или (до введения в действие технических регламентов) которая включена в Перечень продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь.

Декларирование соответствия осуществляется заявителем путем принятия декларации о соответствии на основании собственных доказательств и (или) доказательств, полученных с участием аккредитованной испытательной лаборатории (центра) и (или) аккредитованного органа по сертификации.

Декларирование соответствия проводится на соответствие требованиям технических регламентов, а для продукции, включенной в Перечень, на соответствие требованиям государственных стандартов, установленных в нем.

Номенклатура показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия продукции, подлежащей декларированию соответствия согласно Перечню, приведена в ТКП 5.1.03.

Декларирование соответствия продукции проводится по схемам, установленным в соответствующем техническом регламенте, а в случаях, если схемы подтверждения соответствия в нем не установлены либо технический регламент отсутствует, – по схемам, применяемым при декларировании соответствия продукции, приведенным в ТКП 5.1.03 (схемы 1д...6д).

Принятая заявителем декларация о соответствии должна быть зарегистрирована в органе по сертификации с соответствующей областью аккредитации и внесена в реестр НСПС Республики Беларусь.

Декларация о соответствии вступает в силу с даты ее регистрации в реестре Системы.

Заявитель может вместо принятия декларации о соответствии на продукцию, включенную в Перечень, провести обязательную сертификацию в органе по сертификации с соответствующей областью аккредитации с получением сертификата соответствия.

7.2.3 Общие правила и порядок сертификации работ, услуг

Услуга – результат непосредственного взаимодействия исполнителя и потребителя, а также собственной деятельности исполнителя по удовлетворению потребностей потребителя.

По функциональному назначению услуги подразделяются на материальные и социально-культурные.

Работа – процесс получения определенного результата, имеющего материальное выражение.

Сертификацию работ, услуг проводят аккредитованные органы по сертификации работ, услуг в соответствии с областью аккредитации.

Работы по сертификации работ, услуг осуществляются экспертами-аудиторами органов по сертификации, включенными в реестр НСПС Республики Беларусь. К работам по сертификации могут привлекаться технические эксперты, компетентные в выполнении определенного вида работ или оказании определенного вида услуг и контроле их безопасности и качества.

В тех случаях, когда исполнители услуг (работ) классифицируются по категориям (разрядам), одновременно с сертификацией работ, услуг может проводиться отнесение их исполнителей к соответствующим категориям (разрядам), если в ТНПА на работы, услуги установлена их классификация.

В Системе проводится обязательная и добровольная сертификация работ, услуг.

Обязательной сертификации подлежат работы, услуги, в отношении которых данная форма обязательного подтверждения соответствия установлена в техническом(их) регламенте(ах) или (до введения в действие технических регламентов) включенные в Перечень продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь.

Обязательная сертификация проводится на соответствие требованиям технического(их) регламента(ов), а для работ, услуг, включенных в Перечень, – на соответствие требованиям государственных стандартов, установленных в Перечне.

Номенклатура показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия работ, услуг, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь согласно Перечню, приведена в ТКП 5.1.04.

Добровольная сертификация проводится в отношении работ, услуг, на которые не распространяются технические регламенты и которые не включены в Перечень.

При добровольной сертификации заявитель самостоятельно выбирает государственные стандарты, на соответствие требованиям которых осуществляется добровольная сертификация, и определяет номенклатуру показателей, контролируемых при добровольной сертификации. В номенклатуру этих пока-

зателей обязательно включаются показатели безопасности, если они установлены в государственных стандартах на данные работы, услуги.

Схемы подтверждения соответствия, применяемые при сертификации работ, услуг, приведены в ТКП 5.1.04 (схемы 1...4). Схему сертификации выбирает заявитель, исходя из условий применения схем.

При сертификации работ, услуг должна соблюдаться конфиденциальность информации, получаемой в результате взаимодействия субъектов оценки соответствия, кроме случаев, когда выполняемая работа, оказываемая услуга могут создать реальную угрозу безопасности жизни, здоровью, наследственности потребителя, сохранности имущества и безопасности окружающей среды.

Заявитель может использовать результаты сертификации в своей рекламе работ, услуг.

Процедура сертификации представляет собой действия, определенные схемой сертификации, результаты которых используются для принятия решения о соответствии (несоответствии) работ, услуг установленным требованиям.

В общем случае процедуры сертификации включают:

- подачу заявителем заявки на проведение работ по сертификации работ, услуг с прилагаемыми документами, идентификацию работ, услуг;
- анализ органом по сертификации документов, представленных заявителем;
- проведение органом по сертификации оценки мастерства и (или) квалификации персонала, выполняющего работы, оказывающего услуги;
- проведение органом по сертификации оценки стабильности процесса выполнения работ, оказания услуг;
- проведение органом по сертификации выборочной проверки результата услуг (выборочного контроля качества (испытания) работ);
- оформление органом по сертификации результатов оценки;
- выдача заявителю сертификата соответствия;
- заключение соглашения по сертификации между органом по сертификации и заявителем;
- осуществление органом по сертификации инспекционного контроля за сертифицированными работами, услугами.

7.2.4 Основные положения и процедуры проведения сертификации систем менеджмента качества

Система менеджмента качества (СМК) – система менеджмента для руководства и управления организацией применительно к качеству.

Сертификация систем менеджмента качества (СМК) проводится с целью подтверждения независимым аккредитованным органом по сертификации систем управления того, что СМК организации-заявителя соответствует требованиям ТНПА на СМК, и организация-заявитель имеет условия и принимает меры для выпуска продукции (выполнения работ/оказания услуг), соответствующую

шей требованиям потребителей и других заинтересованных сторон, НПА, ТНПА и другим обязательным требованиям.

В рамках НСПС проводится добровольная сертификация СМК, т. е. по инициативе организации-заявителя.

Общие требования к процедуре проведения работ по сертификации систем менеджмента качества установлены в ТКП 5.1.05.

Сертификация систем управления осуществляется аккредитованными органами по сертификации систем управления в соответствии с областью аккредитации.

При проведении сертификации СМК должна обеспечиваться конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну организации-заявителя, кроме случаев, когда выпускаемая продукция (выполняемые работы (оказываемые услуги)), хозяйственная и иная деятельность организации-заявителя может создать реальную угрозу безопасности жизни, здоровью, наследственности, сохранности имущества и безопасности окружающей среды.

Информация, предоставляемая органом по сертификации организации-заявителю или рынку, включая рекламу, должна быть точной и не должна вводиться в заблуждение.

Сертификация систем управления в общем случае включает:

- подачу заявителем заявки на проведение работ по сертификации системы управления и представление материалов (документов) с исходной информацией;
- анализ заявки на правильность заполнения и представленных материалов (документов) на достаточность и отсутствие угрозы беспристрастности;
- принятие решения о возможности проведения первичной сертификации системы управления на основании анализа заявки и исходной информации, определение времени аудита, заключение договора на проведение работ по сертификации;
- составление программы аудита;
- выбор и назначение команды по аудиту;
- проведение сертификационного аудита системы управления на первом этапе;
- проведение сертификационного аудита системы управления на втором этапе;
- рассмотрение результатов аудита и принятие решения о выдаче (невыдаче) сертификата соответствия;
- оформление, подписание и регистрация сертификата соответствия, заключение соглашения по сертификации системы управления, ведение реестра сертифицированных организаций-заявителей;
- инспекционный контроль за сертифицированной системой управления;
- повторный сертификационный аудит системы управления;
- подтверждение (продление) срока действия сертификата соответствия;
- приостановление, прекращение или отмена действия сертификата соответствия;

- информирование о результатах сертификации;
- выдача копий и дубликатов сертификатов соответствия;
- внесение изменений и (или) дополнений в сертификат соответствия;
- рассмотрение жалоб и апелляций.

Аудит – систематический, независимый и документированный процесс получения свидетельств аудита и объективного их оценивания для определения степени выполнения критериев аудита.

Первичный сертификационный аудит систем управления проводится в два этапа. Его проводит команда по аудиту органа по сертификации, состоящая из руководителя команды и экспертов-аудиторов, которые обладают общей компетентностью для сертификации системы управления организации-заявителя и достижения целей аудита.

Сертификационный аудит системы управления на первом этапе проводится с целью:

- анализа документов системы управления организации-заявителя;
- оценки месторасположения организации-заявителя, наличия филиалов, производственных площадок и др.;
- анализа статуса организации-заявителя и понимания им требований ТНПА на систему управления;
- сбора информации, касающейся области распространения системы управления, процессов, месторасположения организации-заявителя, связанных с ним законодательных и обязательных аспектов;
- анализа выделения ресурсов для проведения сертификационного аудита и согласования с организацией-заказчиком вопросов проведения сертификационного аудита на втором этапе;
- выявления наиболее важных аспектов деятельности организации-заказчика для результативного планирования сертификационного аудита системы управления на втором этапе;
- оценки планирования и проведения внутренних аудитов и анализа системы управления со стороны руководства;
- оценки готовности организации-заказчика к проведению сертификационного аудита на втором этапе.

Целью сертификационного аудита системы управления на втором этапе является оценка степени внедрения системы управления организации-заявителя, включая ее результативность.

Началом работ по проведению сертификационного аудита является разработка руководителем команды по аудиту **плана аудита**. План аудита составляется на основании программы аудита. План второго этапа аудита разрабатывается с учетом результатов первого этапа.

В плане аудита должны быть указаны цели аудита, т. е. что должно быть выполнено при аудите; критерии аудита (требования определенного ТНПА на систему управления; определенные процессы и документация системы управления, разработанные организацией-заявителем); область аудита (объем и границы аудита, такие как физическое местоположение, организационные подраз-

деления, виды деятельности и процессы, которые должны быть проверены); состав команды по аудиту, временной график аудита, распределение ресурсов и др.

План аудита утверждается руководителем органа по сертификации (его заместителем) и согласовывается с руководителем организации-заявителя. План аудита должен быть представлен организации-заявителю до начала аудита.

Аудит включает:

- предварительное совещание;
- экспертизу документов системы управления (на первом этапе сертификационного аудита);
- сбор и верификацию информации;
- получение свидетельств аудита и подготовку выводов;
- подготовку заключения по результатам аудита;
- заключительное совещание по итогам аудита.

Сбор информации, относящейся к целям, области и критериям аудита, включая информацию о деятельности и взаимодействии подразделений, проводится методом опроса работников организации-заявителя, наблюдения за деятельностью, анализа документов системы управления. Полученная информация должна быть верифицирована путем сравнения с информацией из других источников. Свидетельством аудита является только верифицированная информация.

Для получения выводов (наблюдений аудита) свидетельства аудита должны быть сопоставлены с критериями аудита. Наблюдения аудита указывают на соответствие или несоответствие критериям аудита. Свидетельства и выводы аудита должны быть зарегистрированы в контрольных листах. Команда по аудиту должна проанализировать свидетельства аудита, и решить, какие из них должны быть представлены как свидетельствующие о несоответствиях, а также определить значимость несоответствий (для второго этапа). Команда по аудиту может определить направления для улучшения деятельности организации-заявителя.

В ходе проведения сертификационного аудита СМК могут быть выявлены несоответствия.

Несоответствие – невыполнение требования.

При определении категории несоответствия команда по аудиту учитывает их влияние на объект системы управления и достижение целей сертификации системы управления (например, качество продукции (работ/услуг)), а также является ли несоответствие единичным случаем или систематическим несоблюдением требований.

Несоответствия могут быть существенными и несущественными.

Существенное несоответствие – частичное или полное невыполнение законодательных и других обязательных требований, требований, установленных потребителем продукции (работ, услуг), а также частичное или полное невыполнение одного или нескольких требований ТНПА на СМК, или несоблюдение требований, которое может привести к поставке потребителю несоответствующей продукции или значительно снизит пригодность продукции для ее

предполагаемого назначения, или выявление нескольких несущественных несоответствий в отношении одного требования ТНПА на СМК, или невыполнение требований, которое может привести к неспособности СМК достичь запланированных результатов.

Несущественное несоответствие – единичные случаи невыполнения требований ТНПА на СМК, или невыполнение требования, которое не может привести к поставке потребителю несоответствующей продукции (работ, услуг), не может значительно снизить пригодность продукции для ее предполагаемого назначения, не может привести к неспособности СМК достичь запланированных результатов.

Окончательное решение о категориях несоответствий принимает руководитель команды по аудиту.

Все несоответствия (существенные и несущественные) регистрируются в протоколах несоответствий, в которых обнаруженные несоответствия идентифицируются с требованиями, установленными в ТНПА или в документах на систему управления организации-заявителя.

На основании результатов анализа выявленных несоответствий подготавливается заключение о степени соответствия (несоответствия) СМК требованиям ТНПА на систему управления.

В результате аудита СМК возможны следующие выводы:

а) СМК соответствует ТНПА на систему управления, на соответствие которому осуществлялся аудит. Такое решение принимают, если:

- отсутствуют несоответствия;
- имеются несущественные несоответствия, которые могут быть устранены в процессе работы команды по аудиту или в течение месяца со дня их выявления;

б) СМК не соответствует ТНПА на систему управления, на соответствие которому осуществлялся аудит. Такое решение принимают, если обнаружено хотя бы одно существенное несоответствие и несущественные несоответствия.

По результатам аудита системы управления составляется акт, в котором приводятся наблюдения, свидетельства и заключения аудита (включая выявленные несоответствия и аспекты для улучшения); заключение о соответствии (несоответствии) системы управления требованиям ТНПА на систему управления. В акте сертификационного аудита на втором этапе также указывается необходимость разработки корректировок и корректирующих действий, устанавливаются сроки устранения несоответствий.

После устранения выявленных несоответствий организация-заявитель уведомляет об этом орган по сертификации. Результаты устранения несоответствий проверяются экспертами-аудиторами органа по сертификации.

По результатам проверки устранения выявленных несоответствий команда по аудиту должна составлять отчет по результатам сертификационного аудита.

Отчет представляется на совет по сертификации органа по сертификации для принятия решения по сертификации. Руководитель команды по аудиту

докладывает на совете по сертификации о результатах проверки и возможности выдачи сертификата соответствия на систему управления организации-заявителя. Совет по сертификации принимает решение о выдаче сертификата соответствия.

В течение всего срока действия сертификата соответствия орган по сертификации проводит плановый инспекционный контроль за сертифицированной системой управления организации-заявителя.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений».
- 2 Закон Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».
- 3 Закон Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технических и нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации».
- 4 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб. пособие ; под общ. ред. Б. Н. Тихонова. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007.
- 5 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учебник для вузов / В. И. Нефедов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Нефедова и А. С. Сигова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2005.
- 6 Гуревич, В. Л. Основы стандартизации : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В. Л. Гуревич, Ю. А. Гусынина. – Минск : БГУИР, 2009.
- 7 Ляльков, С. В. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь : учеб.-метод. пособие / С. В. Ляльков, О. И. Минченок. – Минск : БГУИР, 2006.
- 8 Ляльков, С. В. Метрология : учеб.-метод. пособие / С. В. Ляльков, Ю. А. Гусынина. – Минск : БГУИР, 2013.
- 9 СТБ 1500–2004. Техническое нормирование и стандартизация. Термины и определения. – Введ. 01.07.2005. – Минск : Госстандарт, 2005.
- 10 ТКП 5.1.01–2012 (03220) Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Основные положения. – Введ. 2012–06–01. Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2012.
- 11 РМГ 29–2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
- 12 ГОСТ 8.009–84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».
- 13 ГОСТ 8.010–2013 «ГСИ. Методики выполнения измерений. Основные положения».
- 14 ГОСТ 8.2-7–76 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения».
- 15 ГОСТ 8.401–80 «ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования».
- 16 ГОСТ 22261–94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия».

Учебное издание

Дерябина Марина Юрьевна
Ляльков Святослав Владимирович
Минченок Ольга Игоревна

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Е. С. Юрец*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *Е. Г. Бабичева*

Подписано в печать 19.10.2017. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Гаймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 6,63. Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 130 экз. Заказ 276.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6