

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Архитектурно-строительный факультет

Кафедра архитектуры

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ,
СЕРТИФИКАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине и для самостоятельной работы
студентов специальности
08.05.01 Строительство уникальных
зданий и сооружений

Краснодар
КубГАУ
2019

Составители: А. М. Блягоз.

Метрология, стандартизация, сертификация в строительстве :
метод. указания по дисциплине и для самостоятельной работы / сост.
А. М. Блягоз. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 198 с.

Методические указания составлены в соответствии с программой курса и предназначены для студентов специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений. Описания лабораторных работ составлены с учетом выполнения элементов научных исследований во время проведения лабораторных занятий.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией архитектурно-строительного факультета Кубанского государственного аграрного университета, протокол № 2 от 22.10.2019.

Председатель
методической комиссии



А. М. Блягоз

- © Блягоз А. М.,
составление, 2019
- © ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилкина», 2019

Введение

В условиях рыночной экономики и изготовитель и потребитель заинтересованы в продукции и услугах высокого качества.

Основными инструментами обеспечения качества продукции и услуг являются метрология, стандартизация и сертификация.

В последние годы резко возросла роль точных и достоверных измерений во всех видах деятельности общества, непрерывно совершенствуется измерительная техника, развиваются системы аккредитации испытательных и калибровочных лабораторий и пр. что требует от тех, кто проводит измерения, глубоких знаний основ метрологии и измерительной техники и особенно практических навыков в использовании средств измерений.

Возрастает роль стандартизации в ликвидации технических барьеров между странами. Расширение масштабов торговли в сочетании со специализированным и кооперированным производством в мире невозможно без гармонизации нормативных документов, сближения технического законодательства заинтересованных государств.

Сертификация продукции, работ и услуг заключается в подтверждении их соответствия установленным требованиям и напрямую связана с их качеством. Введение в действие от 1-го июля 2003 г. Федерального закона «О техническом регулировании» № 184-ФЗ положило начало реформе технического регулирования законодательно. С момента принятия этого закона в его первую редакцию по состоянию на 2012 г. были внесены изменения 10 раз. Все эти изменения в ФЗ «О техническом регулировании» направлены на создание основ единой политики в областях технического регулирования, стандартизации и сертификации, отвечающей современным международным требованиям.

Глава1. Основы метрологии

1.1. Основные понятия и терминология

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

В зависимости от решаемых задач различают три раздела метрологии:

- теоретическая метрология – разработка фундаментальных основ метрологии;
- законодательная метрология–установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и точности измерений в интересах общества.
- практическая (прикладная) метрология – практическое применение разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

Основные требования к измерениям - это обеспечение единства и необходимой точности измерений.

Единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разное время, с использованием различных методов и средств измерений, а также в различных по территориальному расположению местах.

Точность измерений характеризует качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Точность измерений определяется такими свойствами измерений как *сходимость, правильность и воспроизводимость измерений*.

Сходимость измерений – это близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью, и близость к нулю случайных погрешностей.

Правильность измерений – это близость к нулю систематических погрешностей, т. е. таких погрешностей, которые остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины. Правильность измерений определяется правильностью как самих методик измерений и выбранных средств измерений, так и правильностью их использования в процессе измерений.

Воспроизводимость – это близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению, влажности и др.).

В соответствии с Федеральным законом от 26.06.2008 №102-3 «Об обеспечении единства измерений» под **измерением** понимают совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения физической величины.

Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99 дают более развернутое определение понятия “измерение”.

Измерение – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины. Например, с помощью гладкого микрометра, шкала которого хранит единицу измерений, сравнивают диаметр вала с ней и, произведя отсчет, получают значение диаметра.

Результат измерения – это значение физической величины, полученное путем ее измерения.

Основное уравнение измерений:

$$Q = q/Q, (1.1)$$

где Q – значение ФВ, q – числовое значение измеряемой величины, $[Q]$ – принятая единица измерения.

Это уравнение показывает, что числовое значение величины q зависит от размера принятой единицы измерения.

Например, за единицу измерения напряжения электрического тока принят 1 В. Тогда значение напряжения электрической сети $U = q[U] = 220 [1 \text{ В}] = 220 \text{ В}$. Здесь числовое значение $q = 220$.

Но если за единицу напряжения принять [1кВ], то

$$U = q[U] = 0,22 [1\text{кВ}] = 0,22 \text{ кВ}, \text{ т.е. } q = 0,22.$$

Средство измерений – техническое устройство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Процесс решения любой задачи измерения включает, как правило, три этапа: подготовку, проведение измерения (эксперимента) и обработку результатов. В процессе проведения самого измерения объект измерения и средство измерений приводятся во взаимодействие.

При измерении физических величинна средство измерений, оператора и объект измерения воздействуют различные внешние факторы, именуемые влияющими физическими величинами. Эти физические величины не измеряются средствами измерений, но оказывают влияние на результаты измерений. Несовершенство изготовления средств измерений, неточность их градуировки, внешние факторы (температура окружающей среды, влажность воздуха, вибрации и др.), субъективные ошибки оператора и многие другие факторы, относящиеся к влияющим физическим величинам, являются неизбежными причинами появления погрешности измерения.

Мерой точности измерения является погрешность измерения.

Погрешность измерения-отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Под **истинным значением физической величины** понимается значение, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующие свойства измеряемого объекта.

Основные постулаты метрологии: истинное значение определенной величины существует и оно постоянно; истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно; отсчет является случайным числом. Отсюда следует, что результат измерения математически связан с измеряемой величиной вероятностной зависимостью.

Поскольку истинное значение есть идеальное значение, то в качестве наиболее близкого к нему используют действительное значение.

Действительное значение физической величины – это значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что может быть использовано вместо него. На практике в качестве действительного значения принимается среднее арифметическое измеряемой величины.

Важнейшей характеристикой качества измерений является их **достоверность**, которая отражает степень доверия к полученным результатам измерений и делит их на достоверные и недостоверные в зависимости от того, известны или неизвестны вероятностные характеристики их отклонений от истинных значений соответствующих физических величин. Результаты измерений, достоверность которых неизвестна, не представляют ценности и могут служить источником дезинформации.

Наличие погрешности ограничивает достоверность измерений, т.е. вносит ограничение в число достоверных значащих цифр числового значения измеряемой величины и определяет точность измерений.

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

- измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники;
- контрольно-поверочные измерения, выполняемые с заданной точностью;
- технические измерения, погрешность которых определяется метрологическими характеристиками средств измерений.

Технические измерения - это измерения, выполняемые в производственных и эксплуатационных условиях, когда точность измерений определяется непосредственно средствами измерений.

Рассмотрев понятие об измерениях, следует различать и родственные термины: контроль, испытание и диагностирование.

Контроль – измерительный процесс, проводимый с целью установления соответствия измеряемой величины заданным пределам.

Испытание– экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий.

Диагностирование– процесс распознавания состояния элементов объекта в данный момент времени. По результатам измерений, выполняемых для параметров, изменяющихся в процессе эксплуатации, можно прогнозировать состояние объекта для дальнейшей эксплуатации.

1.2. Физические величины и системы единиц физических величин

1.2.1. Физические величины и их размерность

РМГ 29-99 трактует **физическую величину** как одно из свойств физического объекта, в качественном отношении общее для многих физических объектов, а в количественном – индивидуальное для каждого из них. Физические величины – это измеренные свойства

физических объектов и процессов, с помощью которых они могут быть изучены.

Совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимают за независимые, а другие определяют как функции независимых величин, называется **системой физических величин**.

Физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы, называется **основной**.

Производной является физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы.

В качестве основных физических величин используются например, длина, масса и время, а в качестве производной, например, сила F , которая определяется уравнением $F = m \cdot a$, где m – масса тела; $a = v/t = \ell/t^2$ – ускорение, приобретаемое телом при приложении к нему силы F ; v – скорость; t – время; ℓ – длина.

Измеряемые физические величины имеют качественную и количественную характеристики.

Размерность измеряемой физической величины является **качественной ее характеристикой** и в соответствии с международным стандартом ИСО 31/0 обозначается символом $\dim$ (от английского слова dimension – размер).

Размерность основных ФВ обозначается соответствующими заглавными буквами (табл.1). Например, размерность времени обозначается $\dim t = T$, размерность длины $\ell - \dim \ell = L$, размерность массы $m - \dim m = M$.

При определении размерности производных физических величин руководствуются следующими правилами:

- если $Q = X_1 \cdot X_2$, то $\dim Q = \dim X_1 \cdot \dim X_2$;
- если $Q = X_1 / X_2$, то $\dim Q = \dim X_1 / \dim X_2$.

Пользуясь этими правилами, определяют размерности производных величин, например:

размерность скорости $v = \ell / t$ составляет $\dim v = \dim \ell / \dim t = \frac{L}{T} = LT^{-1}$;

размерность ускорения $a = v / t$ составляет $\dim a = \dim v / \dim t$
 $= LT^{-1} / T = LT^{-2}$;

размерность силы $F = m \cdot a$ составляет $\dim F = \dim m \cdot \dim a = MLT^{-2}$.

Размерность физической величины $\dim Q$ — выражение в форме степенного одночлена, которое отражает связь данной величины с основными физическими величинами и в котором коэффициент пропорциональности принят равным единице:

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} \dots$$

Это выражение обычно называют формулой размерности.

В этом выражении L, M, T — размерность соответствующих основных физических величин; α, β, γ — показатели размерности; они могут быть целым, дробным, положительным или отрицательным числом, нулем. Если все показатели размерности равны нулю, то величина называется безразмерной.

Знание размерностей позволяет переводить единицы из одной системы в другую, проверять правильность формул и др.

Размер

величины — количественная характеристика (определенность) физической величины, присущая конкретному материальному объекту (явлению, процессу).

Необходимо различать размер физической величины и значение физической величины (выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц). Например: 0,001 км; 1 м; 100 см; 1000 мм — четыре значения представления одного и того же размера.

1.2.2. Шкалы физических величин

Шкала физической величины — это упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая исходной основой для измерения данной величины. Это понятие не является

тождественным шкале средства измерений, одной из его метрологических характеристик.

Обычно принято различать пять типов шкал [12]: шкала наименований, шкала порядка, шкала интервалов(разностей), шкала отношений, абсолютная шкала.

Шкалы наименований характеризуются только соотношением эквивалентности. Эти шкалы не имеют нуля, единицы измерения, понятий «больше» или «меньше». Примером шкал наименований являются атласы цветов, предназначенные для идентификации цвета.

Шкалы порядка описывают свойства величин, упорядоченные по возрастанию или по убыванию оцениваемого свойства. Полученный при этом упорядоченный ряд называют ранжированным. По такому ряду можно только определить что «больше (меньше)», «холоднее (теплее)», «мягче (тверже)». В этих шкалах в ряде случаев может иметься нулевая отметка, но принципиальным для них является отсутствие единицы измерений, поэтому невозможно установить в какое число раз больше или меньше проявляется свойство величины. Примерами таких шкал являются: твердость по шкале Бринеля (НВ), землетрясения по 12 – балльной шкале, сила ветра по шкале Бофорта и т. д.

Шкала интервалов (разностей) отличается от шкал порядка тем, что по шкале интервалов можно судить не только о том, что размер больше (меньше) другого, но и насколько больше (меньше). Шкалы могут иметь условные нули – реперы и единицы измерений, установленные по согласованию. К шкалам такого типа относится летоисчисление по различным календарям, в которых за начало отсчета принято либо сотворение мира, либо Рождество Христово и т. д. Температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта и Реомюра также являются шкалами интервалов. Так, при использовании ртутного термометра разности температур (например, в пределах от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$ и в пределах от $+20^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$) считаются равными. В данном случае имеет место как отношение порядка величин (30°C теплее, чем 15°C), так и отношение эквивалентности

между разностями в парах размеров величин: разность пары ($15^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$) соответствует разности пары ($30^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$).

По шкале интервалов возможны сложение и вычитание.

По шкале времени интервалы можно суммировать или вычитать и сравнивать, во сколько раз один интервал больше другого, но складывать даты каких-либо событий бессмысленно.

Шкалы отношений описывают свойства величин, к количественным проявлениям которых применимы отношения эквивалентности, порядка, суммирования, вычитания и умножения. В шкалах отношений существует естественный нуль и по согласованию устанавливается единица измерения. Примерами являются шкалы длин, массы. Любое измерение по шкале отношений заключается в сравнении неизвестного размера с известным и выражении первого через второй в кратном или дольном отношении. Шкалы отношений – самые совершенные. Они описываются основным уравнением измерений $Q = q [Q] (1.1)$.

Абсолютные шкалы обладают всеми признаками шкал отношений, но дополнительно имеют естественное однозначное определение единицы измерения. Абсолютные шкалы присущи таким относительным величинам, как коэффициенты усиления, ослабления, отражения, полезного действия и т.п. Ряду абсолютных шкал, например коэффициентов полезного действия, присущи границы, заключенные между нулем и единицей.

Условные (неметрические) шкалы – шкалы, для которых не определена единица измерения. К ним относятся шкалы наименований и порядка.

Шкалы интервалов, отношений и абсолютные называются метрическими.

1.2.3. Системы единиц физических величин

Единица измерения физической величины – физическая величина фиксированного размера, которой присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Основным физическим величинам соответствуют **основные единицы измерений**, а производным – **производные единицы**.

Совокупность основных и производных единиц физических величин, образованную в соответствии с принятыми принципами для заданной системы физических величин, называют **системой единиц физических величин**.

В Российской Федерации используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417–2002. Эта Международная система единиц СИ обозначается символами *LMTI θ NJ*, которые соответствуют символам основных физических величин: длине (*L*), массе (*M*), времени (*T*), силе электрического тока (*I*), температуре (*θ*), количеству вещества (*N*) и силе света (*J*). Система СИ (SI – от франц. *Systeme International* – *The International System of Units*), используемая в большинстве стран мира, была принята на XI Генеральной конференции по мерам и весам (ГКМВ) в 1960 г.

В качестве основных единиц системы СИ приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные единицы физических величин системы СИ

Величина			Единица измерения		
Наименование	Размерность	Рекомендуемое обозначение	Наименование	Обозначение	
				русское	международное
Длина	<i>L</i>	<i>l</i>	метр	м	m
Масса	<i>M</i>	<i>m</i>	килограмм	кг	kg
Время	<i>T</i>	<i>t</i>	секунда	с	s
Сила электрического тока	<i>I</i>	<i>I</i>	ампер	А	A
Термодинамическая температура	<i>θ</i>	<i>T</i>	кельвин	К	K
Количество вещества	<i>N</i>	<i>n, ν</i>	моль	моль	mol
Сила света	<i>J</i>	<i>J</i>	кандела	кд	kd

Производная единица — это единица производной физической величины системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или с основными и уже определенными производными (табл. 2).

Таблица 2

Производные единицы системы СИ,
имеющие специальное название

Величина		Единица измерения		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через основные и производные единицы СИ
Частота	T^{-1}	герц	Гц	c^{-1}
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	Н	$m \cdot kg \cdot c^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot c^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2}$
Мощность	L^2MT^{-3}	ватт	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3}$
Количество электричества	TI	кулон	Кл	$c \cdot A$
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	В	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot c^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot c^3 \cdot A^2$
Поток магнитной индукции	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	Вб	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-1}$
Магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	Тл	$kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-1}$
Индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	Гн	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-2}$
Световой поток	J	люмен	лм	кд·ср
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	лк	$m^{-2} \cdot кд \cdot ср$
Активность радионуклида	T^{-1}	беккерель	Бк	c^{-1}
Поглощенная доза ионизирующего излучения	L^2T^{-2}	грей	Гр	$m^2 \cdot c^{-2}$
Эквивалентная доза излучения	L^2T^{-2}	зиверт	Зв	$m^2 \cdot c^{-2}$

Между перечнями основных и производных единиц СИ существовали так называемые дополнительные единицы СИ: **единица плоского угла – радиан (рад,rad)** и **единица телесного угла – стерадиан (ср,sr)**, которые являются безразмерными. На XX ГКМВ было принято решение включить их в число безразмерных производных единиц СИ.

Наряду с системными единицами часто используются внесистемные единицы. Внесистемная единица – это единица физической величины, не входящая ни в одну из принятых систем единиц (табл.3).

Таблица 3

**Внесистемные единицы, допускаемые к применению
наравне с единицами СИ**

Наименование величины	Единица		
	наименование	обозначение	соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	10^3 кг
	атомная единица массы	а.е.м	$\approx 1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута	мин	60 сек.
	час	ч	3600 сек.
	сутки	сут	86400 сек.
Плоский угол	градус	...°	$(\pi/180)=1,745329 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	...'	$(\pi/10800)=2,908882 \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	..."	$(\pi/64800)=4,848137 \cdot 10^{-6}$ рад
	град	град	$(\pi/200)$ рад
Объем, вместимость	литр	л	10^{-3} м ³
Длина	астрономическая единица	а.е.	$\approx 1,45598 \cdot 10^{11}$ м
	световой год	св. год	$\approx 9,4605 \cdot 10^{15}$ м
	парсек	пк	$\approx 3,0857 \cdot 10^{16}$ м)
Оптическая сила	диоптрия	дптр	1 м^{-1}
Площадь	гектар	га	10^4 м ²
Энергия	электрон-вольт	эВ	$\approx 1,60219 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	ВА	–
Реактивная мощность	вар	вар	–
Механическое напряжение	ньютон на квадратный миллиметр	Н/мм ²	1 МПа

Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ можно разделить на: •допускаемые наравне с единицами СИ, например единица

массы – тонна; плоского угла – градус, минута, секунда; объема – литр и др.;

- допускаемые к применению в специальных областях, например электрон-вольт – единица энергии в физике; диоптрия – единица оптической силы в оптике и др.;

- временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ до принятия по ним соответствующих международных решений, например карат – единица массы в ювелирном деле, частота вращения об/мин и др.

- nereкомендуемые для применения при новых разработках, например, единица мощности – лошадиная сила, массы – центнер, давления – миллиметр ртутного столба.

Различают кратные и дольные единицы физических величин (табл. 4).

Таблица 4

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Кратные единицы				Дольные единицы			
Множитель	Приставка	Обозначение приставки		Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
10^{24}	уойта	U	У	10^{-1}	деци	d	д
10^{21}	зепта	Z	З	10^{-2}	сант	s	с
10^{18}	экса	E	Э	10^{-3}	милли	m	м
10^{15}	пета	P	П	10^{-6}	микро	μ	мк
10^{12}	тера	T	Т	10^{-9}	нано	n	н
10^9	гига	G	Г	10^{-12}	пико	p	п
10^6	мега	M	М	10^{-15}	фемто	f	ф
10^3	кило	k	к	10^{-18}	атто	a	а
10^2	гекто	h	г	10^{-21}	зето	z	з
10^1	дека	da	да	10^{-24}	уото	u	у

Кратная (дольная) единица — это единица физической величины, в целое число раз превышающая (уменьшающая) системную или внесистемную единицу.

Например, единица емкости 1 пФ, равная 10^{-12} Ф, является дольной; единица длины 1 км, равная 10^3 м, является кратной.

В науке и технике широко распространены относительные и логарифмические величины и их единицы, которыми характеризуют состав и свойства материалов, отношения энергетических и силовых величин, например относительное удлинение, относительная плотность, усиление и ослабление мощностей и т.п. Относительная величина представляет собой безразмерное отношение физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную.

Относительные величины могут выражаться в безразмерных единицах (когда отношение двух одноименных величин равно 1), в процентах% (когда отношение равно 10^{-2}), промилле ‰ (отношение равно 10^{-3}) или в миллионных долях млн^{-1} (отношение равно 10^{-6}).

Контрольные вопросы

1. Дайте определение метрологии.
2. Что называется физической величиной?
3. Дайте определение системы физических величин. Что такое размерность и размер физической величины? Как обозначается размерность физической величины?
4. Что называется шкалой физических величин? Какие установлены шкалы физических величин?
5. Что называется системой единиц физических величин и как разделяют единицы физических величин? Приведите примеры основной и производной единиц измерений физических величин.
6. Что называется измерением, погрешностью измерений и средством измерений?
7. В чем заключается единство и точность измерений?
8. Что понимается под сходимостью, воспроизводимостью и правильностью измерений?

1.3. Эталоны единиц физических величин

1.3.1. Эталоны

Общие положения. Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых должны

быть проградуированы все существующие средства измерений одной и той же физической величины.

Это достигается путем точного воспроизведения и хранения в специализированных учреждениях установленных единиц физических величин и передачи их размеров применяемым средствам измерений с помощью эталонов.

Эталон единицы физической величины – техническое средство (средство измерений или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения (или) хранения и передачи единицы физической величины

Классификация, назначение и общие требования к созданию, хранению и применению эталонов устанавливает ГОСТ 8.057 – 80 «ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения».

Эталон должен обладать взаимосвязанными свойствами: воспроизводимостью, неизменностью и сличаемостью.

Воспроизводимость – возможность воспроизведения единицы физической величины (на основе ее теоретического определения) с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники.

Это достигается постоянным исследованием эталона в целях определения систематических погрешностей и их исключения путем введения соответствующих поправок.

Неизменность – свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного интервала времени, при этом все изменения, зависящие от внешних условий, должны быть строго определенными функциями величин, доступных точному измерению. Реализация этих требований привела к идее создания «естественных» эталонов различных величин, основанных на физических **постоянных**.

Сличаемость – возможность обеспечения сличения нижестоящих по поверочной схеме, в первую очередь вторичных эталонов, с наивысшей точностью для существующего уровня развития техники измерений. Это свойство предполагает, что эталоны по

своему устройству и действию не вносят каких-либо искажений в результаты сличений и сами не претерпевают изменений при проведении сличения.

По своему метрологическому назначению эталоны делятся на первичные, вторичные и рабочие.

Первичный эталон обеспечивает воспроизведение и хранение единицы физической величины с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же величины) точностью. Первичные эталоны составляют основу государственной системы обеспечения единства измерений.

Государственный первичный эталон единицы величины – государственный эталон единицы величины, обеспечивающий воспроизведение, хранение и передачу единицы величины с наивысшей в РФ точностью, утверждаемый в этом качестве в установленном порядке и применяемый в качестве исходного на территории РФ. Его утверждение проводит главный метрологический орган страны – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Этот эталон является **национальным эталоном** в случаях проведения сличения эталонов, принадлежащих отдельным государствам, с международным эталоном или при проведении так называемых круговых сличений эталонов ряда стран.

Сличение эталонов единиц величин – совокупность операций, устанавливающих соотношение между единицами величин, воспроизводимых эталонами единиц величин одного уровня точности и в одинаковых условиях, например, эталон метра и килограмма сличают раз в 25 лет, эталон света – раз в три года;

Государственный эталон единицы величины – эталон единицы величины, находящийся в федеральной собственности. Государственные эталоны создаются, хранятся и применяются центральными метрологическими научными институтами страны.

В состав государственных эталонов включаются уникальные средства измерений с помощью которых хранят и воспроизводят размер единицы физической величины с точностью, которая

должна соответствовать уровню лучших мировых достижений и удовлетворять потребностям науки и техники; а также средства измерений, с помощью которых контролируют условия измерений и неизменность воспроизводимого или хранимого размера единицы, и осуществляют передачу размера единицы.

Исходный эталон по РМГ 29–99 – эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами (в данной лаборатории, организации, на предприятии), от которого передают размер единицы физической величины подчиненным эталонам и имеющимся средствам измерений.

Исходным эталоном в стране служит первичный эталон, исходным для республики, региона, министерства (ведомства) или предприятия может быть вторичный или рабочий эталон.

Вторичные эталоны являются частью подчиненных средств хранения единиц и передачи их размеров, создаются и утверждаются в тех случаях, когда это необходимо для организации поверочных работ, а также для обеспечения сохранности и наименьшего износа государственного эталона.

Вторичные эталоны по своему метрологическому назначению (ГОСТ 8.057-80) подразделяются на эталоны-копии, эталоны сравнения и эталоны-свидетели.

Эталон-копия – предназначен для передачи размера единицы физической величины рабочим эталонам. Эталон-копия представляет собой копию государственного эталона только по метрологическому назначению, поэтому он не всегда является его физической копией.

Эталон-свидетель – предназначен для проверки сохранности и неизменности государственного первичного эталона и замены его в случае порчи или утраты.

Эталон сравнения – применяется для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом.

Рабочий эталон – применяется для передачи размера единицы физической величины от вторичного эталона (эталона-копии) рабочим средствам измерений.

Способы выражения погрешностей эталонов устанавливает ГОСТ 8.381 - 80.

Стандартный образец(СО) – это образец вещества(материала) с установленными по результатам испытаний значениями одной и более величин, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала). Различают стандартные образцы свойства, например СО относительной диэлектрической проницаемости, стандартные образцы состава, например СО состава углеродистой стали.

СО по своему метрологическому назначению выполняют роль однозначных мер. Они используются для градуировки, поверки, калибровки химического состава и различных свойств материалов (механических, оптических, теплофизических и др.); применяются непосредственно для контроля качества сырья и промышленной продукции путем сличения *состава и свойств веществ и материалов*.

Эталонная база России имеет в своём составе 128 государственных эталонов и более 250 вторичных эталонов единиц физических величин, размещенных в ведущих метрологических научно – исследовательских институтах страны [12, 19].

Эталоны единиц системы СИ. Эталон единицы длины.

Метр был в числе первых единиц, для которых были введены эталоны.

В настоящее время *единица длины – метр* – это расстояние, которое проходит свет в вакууме за $1/299792458$ долей секунды.

Это определение метра было принято на XVII Генеральной конференции мер и весов в декабре 1985г. после утверждения единых эталонов времени, частоты и длины.

Метр может быть реализован одним из следующих способов [1,10], рекомендованных Международным комитетом мер и весов:

• через длину пути L , проходимого в вакууме плоской электромагнитной волной за измеренный промежуток времени t . Длина L определяется по формуле $L = c_0 t$, где $c_0 = 299\,792\,458$ м/с — скорость света в вакууме. При этом необходимо вносить поправки, учитывающие реальные условия (дифракцию, гравитацию и неидеальность вакуума). Этот вариант используется в государственном первичном эталоне единиц времени, частоты и длины, воспроизводящем метр в диапазоне от нуля до 1 м со средним квадратическим отклонением не более $5 \cdot 10^{-9}$ м;

• через длину волны λ в вакууме плоской электромагнитной волны с известной частотой ν . Эта длина получается из соотношения $\lambda = c_0 / \nu$;

• через длину волн в вакууме излучений ряда источников, включенных в специальный список. В нем перечислены рекомендованные источники излучения, указаны частоты и длины волн в вакууме, а также перечислены технические требования, которые необходимо выполнить при создании этих источников, приведены погрешности воспроизведения длин волн и частот [11].

Эталон единицы времени. Единица времени — **секунда** — это интервал времени, в течение которого совершается 9192631770 колебаний, соответствующих переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия — 133 при отсутствии возмущения внешними полями.

Данное определение, принятое в 1967 г. XIII Генеральной конференцией по мерам и весам, реализуется с помощью цезиевых реперов частоты [1, 11]. Репер или квантовый стандарт частоты представляет собой устройство для точного воспроизведения частоты электромагнитных колебаний в оптических спектрах, основанное на измерении частоты квантовых переходов атомов, ионов или молекул.

Эталон единицы массы. При становлении метрической системы мер в качестве *единицы массы* — **килограмма** приняли массу одного кубического дециметра чистой воды при температуре 4°C. На основе взвешиваний массы чистой воды с заданными

параметрами был изготовлен эталон представляющий собой платиноиридиевую гирю с высотой и диаметром по 39 мм, которая была передана в национальный архив Франции. Данный эталон килограмма действует до сих пор.

Эталон единицы термодинамической температуры. Единицей температуры служит **кельвин**, определяемый как $1/273,16$ часть тройной точки воды (тройная точка воды является точкой равновесия воды в твердой, жидкой и газообразной фазах). Температура в градусах Цельсия определяется как $t = T - 273,16$ К, где T – термодинамическая температура. Единицей в этом случае является градус Цельсия, который равен кельвину.

Размер единицы термодинамической температуры с 1990 г. определяется при помощи термодинамической практической шкалы МТШ-90 [14,15].

Эталонным прибором, используемым в диапазоне температур от 13,8 К до 1235 К, является платиновый термометр сопротивления.

Эталон единицы силы постоянного электрического тока. За единицу силы постоянного электрического тока принимают **ампер** – силу неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Эталон ампера состоит из двух комплексов. В первом из них заложен принцип установления размера ампера через вольт и ом с использованием квантовых эффектов Джозефсона [7] и Холла [8], а во втором – через фараду, вольт и секунду с использованием методов электрометрии [9].

Эталон единицы силы света. Единица силы света – **кандела** – это сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила излучения которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт·ср⁻¹. Это определение канделы принято в

1979г. на XVI Генеральной конференции мер и весов. По этому определению кандела воспроизводится путем косвенных измерений [16].

Эталон единицы количества вещества. Единицей количества вещества является **моль**— количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится в углероде-12 массой 0,0012 кг. На настоящий момент времени моль является расчетной единицей и эталона для его воспроизведения не существует.

Эталон единицы плоского угла. Радиан — это единица измерения плоского угла — угла между двумя радиусами окружности, длина дуги которой равна радиусу. На практике используют градус ($1^\circ = 2\pi/360$ рад $\approx 0,017453$ рад), минуту ($1' = 1^\circ/60 = 2,9088 \cdot 10^{-4}$ рад) и секунду ($1'' = 1'/60 = 1^\circ/3600 = 4,8481 \cdot 10^{-6}$ рад); соответственно 1 рад $= 57^\circ 17' 44,8'' = 57,2961^\circ$.

Первичный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений: интерференционного экзаменатора для воспроизведения единицы и передачи ее размера в область малых углов; угломерной автоколлимационной установки для передачи размера единицы; 12-гранной кварцевой призмы для контроля стабильности эталона.

Эталон единицы телесного угла. Единица телесного угла **стерадиан** определяется как угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Для прямых измерений телесного угла не существует средств измерений. Телесные углы определяют косвенным путем на основании измерений плоских углов.

Телесные углы используют для теоретических построений и расчетов, например, в фотометрии для установления связи между силой света и световым потоком.

1.3.2. Краткая история развития

эталоны единицы длины—метра

Сообщественно-экономическим развитием человеческого общества возникала потребность в измерениях, в установлении единиц измерений и использовании средств измерений различных физических величин и в первую очередь длины [20].

Так, измерение земельного участка, выделяемого отдельному человеку из земельного владения луговой общины [40], производилось ступнями ног, вплотную поставленными одна впереди другой, или шагами. Отсюда произошло название единицы длины – фут (от англ.foot– нога, ступня). Таким же образом появилась единица длины – дюйм (от голл.duim – большой палец). В качестве более мелких единиц длины издревле применяли ширину зерна (особенно ячменного), толщину волоса верблюда или мула.

Приведенные единицы измерений являлись одновременно и мерами, т.е. разновидностью средств измерений. Размеры измеряемых величин определялись сравнением с этими мерами. Из древнерусских мер (XI– XII в.), происхождение которых связывают с древнеегипетскими мерами длины, основными являлись верста, сажень, локоть, пядь.

Верста (приблизительно 1140 м) использовалась для оценки относительно больших расстояний.

Сажень (около 152 см) получила широкое применение преимущественно при измерении небольших расстояний, в строительстве различных сооружений. Существовали мерные веревки, длина которых была кратна сажени.

Локоть (приблизительно 51см) – расстояние по прямой от локтевого сгиба до конца вытянутого среднего пальца руки.

Впервые локоть как мера длины упоминается во времена одного из правителей Киевской Руси Ярослава Мудрого. Локоть широко применяли в розничной торговле холстом, полотном, иноземным сукном.

Пядь (18 ... 19 см) означало кисть руки на древнерусском языке. Это максимальное расстояние по прямой между концами

вытянутых большого и указательного пальцев кисти руки. Пядь часто употребляли в обиходе для приближенного определения небольших длин, особенно размеров цилиндрических тел.

В древней Руси применялись также сугубо приближенные бытовые меры, неточные и невоспроизводящиеся материально, например перестрел (расстояние, которое пролетела выпущенная из лука стрела, около 60 ... 70 м), день (проходимое за день расстояние).

По мере объединения и развития Государства Российского древнерусская система мер длины (1 верста = 750 сажням = 2250 локтям = 4500 пядям) претерпевает изменения.

Появляется заимствованный с Востока аршин (72 см), с течением времени вытеснивший локоть, вершок (4,5 см) и его доли.

Для измерений расстояний между населенными пунктами стали использовать версту в 1000 сажен, позднее – версту в 500 сажен, которая в дальнейшем стала единственной русской верстой.

Использование единиц измерений, основанных на размерах человеческого тела, единиц измерений, не имеющих вещественного тела, и единиц измерений, не имеющих вещественного воплощения (например, верста) для непосредственного измерения, не обеспечивало единство измерений и их достоверность.

Отдельные единицы измерений имели не только отдельные страны, но и внутри стран не было единообразия. Так, при Петре I с целью создания русского флота сложившаяся система единиц (мер) длины увеличилась введением английских мер – фута (304,8 мм), дюйма (25,4 мм), линии (2,54 мм). Это было необходимо для заказа морских судов за границей, составления потребных спецификаций и контроля размеров. Кроме того, помимо английского фута применяли преимущественно лишь в научной практике французский фут. Вошли в употребление заимствованные с Запада единицы длины, прежде всего разные мили. Обе системы мер длины (с аршином и футом) использовались в стране вплоть до 1917 г. только в разных отраслях промышленности: в

текстильной — исключительно аршины и вершки, а в кораблестроении — в основном футы и дюймы. В соответствии с этим размеры судов и судостроительных деталей указывались в футах, размеры парусов — в аршинах. На окраинах России население пользовалось местными мерами, образование которых происходило под влиянием иноземных метрологий, особенно польской и немецкой.

Отсутствие единства измерений тормозило дальнейшее развитие промышленности, науки как внутри страны, так и при сотрудничестве с другими странами.

10 декабря 1799 года декретом французского революционного правительства была введена во Франции в качестве обязательной — *метрическая система мер*. В этой системе за единицу длины был принят *метр* — основная исходная единица, почему и вся система единиц получила название метрическая.

Основное принципиальное отличие метрической системы от существовавших в разных странах состоит в том, что в ней предусматривалось десятичное подразделение мер длины. До этой системы в основном использовалось деление основной меры чаще всего на 12 частей. Принятая единица длины — метр — не совпадала ни с одной из существовавших в мире единиц длины. Это было сделано с тем, чтобы ни одна страна, которая пожелает присоединиться к ней, не имела преимуществ перед другими.

С целью выбора единицы измерения, для которой мог бы существовать эталон, не изменяющийся во времени, за *метр* была принята величина, равная одной десятиллионной ($1/10\,000\,000$, т.е. $1 \cdot 10^{-7}$) части от $1/4$ части земного меридиана, на котором расположен Париж. Само слово метр является французским словом *metre* (от греч. *metron* — мера). Размер метра был определен на основе геодезических и астрономических измерений. Был изготовлен первый эталон в виде платиновой линейки шириной около 25 мм и толщиной около 4 мм с расстоянием между концами в 1 метр. Изготовленный метр был передан на хранение в архив

Франции, где находится до сих пор, и его называют «метр Архива», или «Архивный метр».

В 1837 г. французские ученые установили, что в четверти меридиана содержится не 10 млн., а 10 млн. 856 м. Кроме того, примерно в тот же период времени стало очевидным, что форма и размеры Земли со временем изменяются, хоть и незначительно. Поэтому в 1872 г. было решено за метр принять длину архивного метра. По нему были изготовлены 31 копия в виде платиноиридиевых брусков, имеющих в поперечном сечении форму буквы X, как бы вписанную в воображаемый квадрат, сторона которого равна 20 мм. Такая форма бруска обеспечивала прочность от изгиба во всех направлениях. На нейтральной плоскости, менее всего подверженной изгибу, вблизи каждого конца были нанесены по три штриха, и расстояние между средними штрихами было равно одному метру при 0°C.

Эталон № 6 оказался при 0°C точно равным длине метра Архива и был принят в 1889г. I-ой Генеральной конференцией по мерам и весам в качестве международного прототипа метра.

Остальные эталоны были распределены между различными странами. Эталон метра № 28 достался России, который впоследствии был утвержден в качестве государственного эталона СССР.

Требования к повышению точности эталона длины (погрешность платиноиридиевого прототипа метра составляла $\pm 1,1 \cdot 10^{-7}$ м), а также целесообразность установления естественного и неразрушимого эталона привели к тому, что в 1960 г. за метр была принята длина, равная 1 650 763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $2d_5$ атома криптона-86 (криптоновый метр). Эталон для воспроизведения метра по принятому определению состоял из источника излучения, представлявшего собой газоразрядную лампу с изотопом криптона-86, эталонного интерферометра с фотоэлектрическим микроскопом и рефрактором, эталонного спектроинтерферометра. Погрешность

воспроизведения метра, оцениваемая средним квадратическим отклонением результата измерения с помощью данного эталона существенно, уменьшилась по сравнению с погрешностью платиноиридиевого прототипа метра и составила $5 \cdot 10^{-9}$ м. Место хранения эталона – ВНИИМ им. Д.М. Менделеева.

Дальнейшие исследования позволили создать более точный эталон метра, основанный на длине волны в вакууме монохроматического излучения, генерируемого стабилизированным лазером.

1.3.3. Рабочие эталоны

Общие положения. *Рабочие эталоны* – меры, измерительные устройства, установки, комплексы, официально утвержденные в качестве рабочих эталонов и предназначенные для передачи размера единицы физической величины от вторичных эталонов рабочим средствам измерений. Рабочие эталоны хранят и применяют органы Государственной метрологической службы.

Ранее, до 1994 г. применялся в технической литературе термин «образцовое средство измерений» для тех средств измерений, которые служили промежуточным метрологическим звеном между эталоном и рабочим средством измерений. С целью упорядочения и приближения метрологической терминологии к международной было принято решение именовать образцовые средства измерений рабочими эталонами. Поскольку образцовые средства измерений в зависимости от точности подразделялись на разряды, то это стало распространяться и на рабочие эталоны.

Между разрядами существует следующая соподчиненность: передача размера единицы физической величины осуществляется от рабочего эталона 1-го разряда рабочему эталону 2-го разряда, от рабочего эталона 2-го разряда – рабочему эталону 3-го разряда и т.д. Для различных видов измерений, исходя из требований практики, устанавливается различное число разрядов, определяемых стандартами на поверочные схемы для данного вида измерений.

Иногда отдельным рабочим средствам измерений наивысшей точности размер единицы передается непосредственно от рабочего эталона 1-го разряда рабочим средствам измерений высшей точности.

Одними из самых распространенных рабочих эталонов являются меры.

- **Мера** – это средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью, например: гиря 1 кг, плоскопараллельная концевая мера 50 мм, конденсатор постоянной емкости, штриховая мера длины.

Для линейных и угловых величин широко используются соответственно **меры длины и угловые меры**.

Меры длины по конструктивным признакам разделяются на концевые и штриховые.

Концевые меры длины. Концевые меры длины имеют форму цилиндрического стержня (рис.1,а) или прямоугольного параллелепипеда (рис.1,б) с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями, расстояние между которыми воспроизводит определённое значение длины.

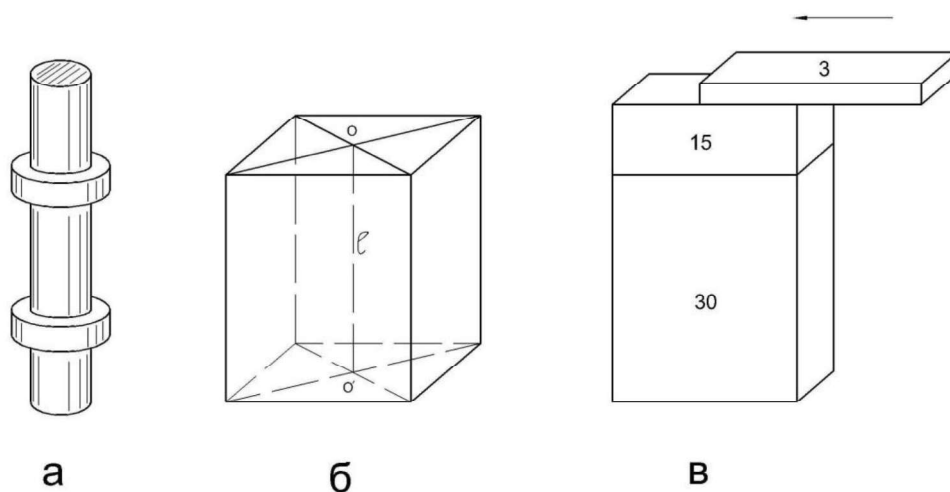


Рис.1. Концевые меры длины

С их помощью хранят и воспроизводят размер единицы длины, поверяют и градуируют меры и измерительные приборы, такие, как оптиметры, микрометры, штангенциркули и др., поверяют калибры. Меры используют также для установки на ноль при относительных измерениях, для непосредственных измерений размеров изделий, а также для особо точных разметочных работ и наладки станков.

Наибольшее распространение получили плоскопараллельные концевые меры длины (рис.1, б).

Их изготавливают из хромистой стали (20ХГ, ХГ, ШХ15, Х) с температурным коэффициентом расширения $(11,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-6}$ на 1°C при изменении температуры от $+10$ до $+30^\circ$. Иногда концевые меры изготавливают из твёрдого сплава ВК6М для повышения износостойкости.

Основные параметры и размеры плоскопараллельных концевых мер длины и технические требования к ним установлены ГОСТ 9038-90* .

Номинальный размер плоскопараллельной концевой меры – срединная длина l (рис.1,б), которая определяется длиной перпендикуляра, проведённого из середины одной из измерительных поверхностей меры на противоположную измерительную поверхность. Этот размер наносится на каждую меру.

Отклонение от плоскопараллельности концевой меры – наибольшая разность между длиной меры в любой точке и её срединной длиной.

Концевые меры должны обладать **высокой точностью, притираемостью и стабильностью**.

Для концевых мер установлено **семь классов точности**: 00, 0, 1, 2, 3, 4 и 5 (последние два класса точности используют как правило на рабочих местах). Концевые меры класса точности 00 изготавливаются по специальному соглашению сторон.

Класс точности концевых мер определяется точностью их изготовления: допускаемыми отклонениями от номинального размера и от плоскопараллельности.

Для повышения точности измерений концевые меры делят на **пять разрядов**, обозначаемых в порядке убывания точности 1, 2, 3, 4, 5. Деление мер на разряды определяется точностью их аттестации, т.е. погрешностью измерения действительного размера длины меры и требованиями к её плоскопараллельности.

В аттестате указывают номинальный размер; действительные отклонения каждой меры от ее номинального размера; разряд, к которому отнесен набор мер; средство измерений, использованное при аттестации с его погрешностью, и поправка к каждой мере.

Чем точнее методы и средства измерений при аттестации концевой меры, тем выше ее разряд.

Например, изготовлены две концевые меры размером 60 мм по классу точности 0. При их аттестации действительный размер каждой из мер оказался равным 60,001 мм. Одной мере был присвоен 1-ый разряд, так как погрешности метода и средства измерений не превышали $\pm 0,03$ мкм, а другой – 2-ой разряд, потому что она аттестовывалась методом и средством измерений, погрешности которых не превышали $\pm 0,09$ мкм.

При пользовании аттестованными мерами за размер каждой из них принимается действительный размер, указанный в аттестате.

Применение мер по разрядам позволяет производить более точные измерения.

Меры, которым присвоены разряды, используют как рабочие эталоны, служащие только для поверки и градуировки.

Другое свойство концевых мер длины, обеспечивающее их широкое применение – **притираемость** – способность концевых мер прочно сцепляться своими измерительными поверхностями при наведении одной меры на другую (рис.1, в).

Сцепление мер вызывается межмолекулярными силами при наличии тончайшего слоя смазки между мерами (0,02...0,05 мкм), которая остаётся после их промывки в бензине. Совершенно обезжиренные или покрытые толстым слоем смазки концевые меры не притираются. Усилие сдвига притертых концевых мер составляет не менее 100 Н.

Благодаря притираемости концевых мер из них можно составлять блоки любого размера до третьего десятичного знака.

При составлении блока требуемого размера из концевых мер необходимо стремиться к тому, чтобы блок стоял из возможно меньшего числа мер. Вначале выбирают меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметра, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры. Например, для получения блока размером 26,385 мм необходимо из набора №1 взять концевые меры в такой последовательности: $1,005 + 1,38 + 4,0 + 20,0 = 26,385$. При меньшем количестве мер точность блока выше. Количество концевых мер в блоке не должно превышать четырех – пяти.

Шероховатость измерительных поверхностей мер длины должна быть по параметру R_z не более 0,065 мкм, для нерабочих поверхностей по параметру R_a 0,63 мкм.

Концевые меры комплектуют в различные наборы по их числу и размерам номинальных длин. Промышленностью выпускается 21 набор плоскопараллельных концевых мер с количеством мер в наборе от 4 до 112 и градациями 0,001-0,01-0,1-0,5-1-10-25-50 и 100 мм в наборах от №1 до №18.

Наиболее распространенными размерами плиток являются:

от 1,001 до 1,009 мм через 0,001 мм – 9 мер;

от 1,01 до 1,49 мм через 0,01 мм – 49 мер;

от 0,5 до 9,5 мм через 0,5 мм – 19 мер;

от 10 до 100 мм через 10 мм – 10 мер и др.

На каждой концевой мере нанесено значение номинального размера ее длины, причём на мерах 5,5 мм и менее значение номинального размера длины наносится на одну измерительных поверхностей, а на мерах более 5,5 мм – на нерабочей поверхности.

В каждый набор кроме того входят две пары дополнительных (защитных) мер с номинальным размером 1 и 1,5 (или 2) мм. Защитные меры притираются к концам блока всегда одной и той же стороной и служат для предохранения основных мер набора от износа и повреждения. Защитные меры в отличие от основных мер

набора имеют срезанный угол и дополнительную буквенную маркировку.

Для расширения области применения концевых мер при контрольных и разметочных операциях выпускают наборы принадлежностей, которые служат для установки и крепления блоков концевых мер.

Основные положения о методах, средствах и условиях поверки концевых мер длины установлены ГОСТ 8.166-75.

Штриховые меры длины. *Штриховые меры длины* – это меры, у которых размер, выраженный в определенных единицах, а также размер их частей, определяется расстоянием между осями двух соответствующих штрихов (брусовые штриховые меры, измерительные линейки, рулетки).

Штриховые меры длины используются в качестве вторичных и рабочих эталонов, при поверке рабочих мер длины, в виде шкал измерительных устройств и станков, а также в инструментах для непосредственного измерения линейных размеров и расстояний.

Основные типы, параметры, размеры штриховых мер и технические требования к ним регламентированы ГОСТ 12069-90 «Меры длины штриховые». Штриховые меры изготавливают однозначными и многозначными.

Однозначные штриховые меры длины имеют два штриха, нанесенных по концам меры, расстояние между которыми воспроизводит длину шкалы меры (например, государственный эталон метра до 1960 г. – платиноиридиевый прототип метра).

Многозначные штриховые меры имеют шкалу штрихов, нанесенных через определенные интервалы по всей длине меры или на отдельных ее участках. Шкалы таких многозначных штриховых мер изготавливают с дециметровыми, сантиметровыми или миллиметровыми делениями.

В зависимости от точности изготовления действительной длины шкалы штриховых мер для различных интервалов шкал от 100 до 4000 мм установлено *шесть классов точности* в порядке понижения точности: 0, 1, 2, 3, 4, 5.

Формулы накопленной погрешности шкал, применяемые для приближенного вычисления предельных погрешностей промежуточных интервалов (между любыми штрихами), для соответствующего классаточности штриховых мер указаны в табл. 5.

Для метрологических целей применяют штриховые меры, аттестованные на разряды: штриховые меры длиной 1м 1-го и 2-го разрядов, измерительные рулетки 1-го и 2-го разрядов, шкалы 1-го и 2-го разрядов. Они являются рабочими эталонами соответственно 1-го и 2-го разрядов и используются только для передачи размера единицы физической величины рабочим средствам измерений (рулетки, линейки, шкалы измерительных приборов).

Таблица 5

Накопленные погрешности шкал штриховых мер длины
по классам точности

Класс точности	Накопленная погрешность шкал, мкм
0	$0,5+0,5l$
1	$1,0+1l$
2	$2,0+2l$
3	$5,0+5l$
4	$10,0+15l$
5	$20,0+30l$

Примечание. Результат вычислений по этим формулам получается в микрометрах при подстановке длины l в метрах.

Угловые меры. Призматические угловые меры (рис. 2) предназначены для хранения и передачи единицы плоского угла: поверки и градуировки угломерных средств измерения, угловых шаблонов, а также для непосредственного контроля углов изделий. Угловые меры изготавливают из стали марок Х, ХГ, ШХ15, а также из оптического стекла К8 и ЛК7 или из плавленого кварца. По ГОСТ 2875-88 угловые меры выпускают пяти типов: угловая мера с одним рабочим углом α со срезанной вершиной типа I (рис.

2,а); угловая мера с одним рабочим углом α остроугольного типа II (рис. 2,б); угловая мера с четырьмя рабочими углами $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ типа III (рис. 2,в); многогранные призмы с различным числом граней типа IV (рис. 2,г); угловая мера с тремя рабочими углами α, β, γ типа V (рис. 2,д).

Угловые меры изготавливают **четыре класса точности**: 00, 0,1 и 2, причем только многогранные призмы типа IV могут быть класса точности 00.

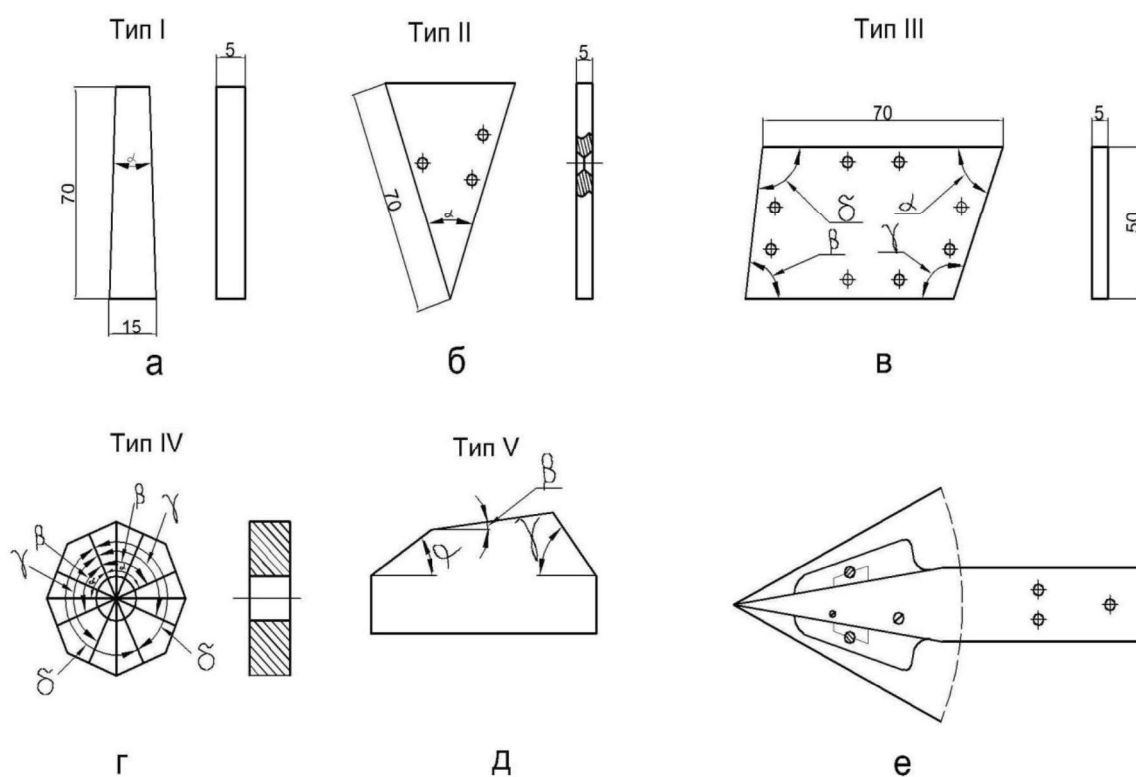


Рис. 2. Призматические угловые меры

Точность изготовления характеризуется допускаемыми отклонениями: рабочего угла от номинального; от перпендикулярности измерительных поверхностей к нижнему основанию меры; от параллельности основания и верхней

поверхности; от плоскостности измерительных поверхностей, основания и верхней поверхности.

Рабочие поверхности угловых мер должны обладать свойством *притираемости*, т.е. прочно сцепляться между собой при наведении одной меры на другую. Благодаря этому свойству из угловых мер можно составлять блоки, значения углов которых будут равны сумме углов мер, входящих в блоки. Угловые меры при составлении их в блок не вносят погрешностей в суммарный размер блока в отличие от концевых мер длины, у которых притирочные слои влияют на погрешность собранного блока концевых мер. Для более надежного скрепления плиток между собой в блоке применяют специальные струбцины (рис. 2, е).

Угловые меры могут поставляться отдельно или стандартными наборами, отличающихся числом и размерами мер, например, набор №1 из 93 шт. (классы точности 0,1,2), набор №2 из 33 шт. (классы точности 0,1,2), набор №3 из 8 шт. (классы точности 1,2) и т.д. К мерам может быть приложен отдельный набор принадлежностей, содержащий лекальную линейку, комплект принадлежностей для крепления мер (струбцины, клинья, винты) и лекальные линейки.

Для повышения точности измерений угловыми мерами их аттестуют **на разряды: 1,2,3,4**. Аттестованные по разрядам угловые меры применяют в качестве рабочих эталонов для передачи размера угла рабочим мерам, угломерным приборам и устройствам и для поверочных работ.

Рабочие эталоны 1-го разряда – это многогранные призмы класса точности 00, используемые для передачи углового размера рабочим эталонам (мерам) 2-го разряда. Рабочие эталоны (угловые меры) 2-го разряда класса точности 0 используют для передачи углового размера рабочим эталонам (мерам) 3-его разряда и т. д.

Передача размера единицы угла от эталона рабочим средствам измерения осуществляется по поверочной схеме (ГОСТ 8.016-81).

1.3.4. Поверочные схемы

Обеспечение правильной передачи размера единиц физических величин во всех звеньях метрологической цепи осуществляется посредством поверочных схем.

Поверочная схема – это нормативный документ, утвержденный в установленном порядке, который устанавливает соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы физической величины от эталона к рабочим средствам измерений с указанием методов и погрешности измерений.

Поверочные схемы делятся на государственные и локальные.

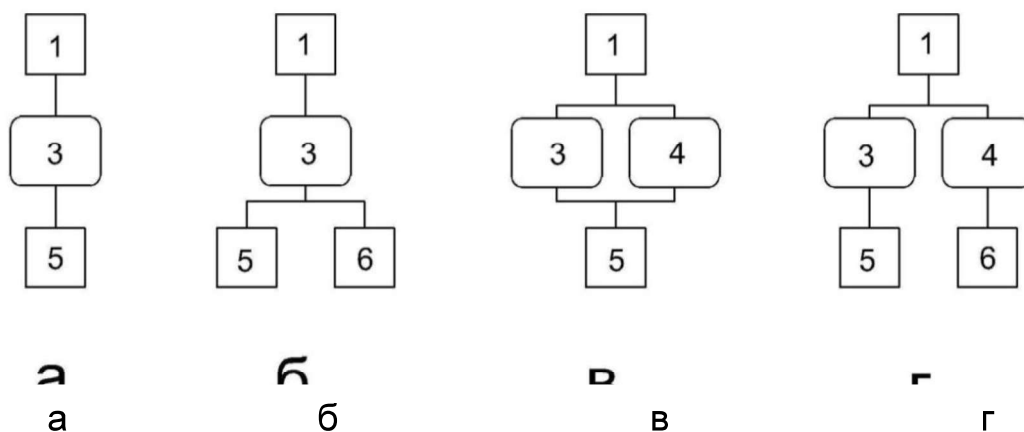
Государственная поверочная схема распространяется на все средства измерений данной физической величины, имеющиеся в стране. Она разрабатывается в виде государственного стандарта, состоящего из чертежа поверочной схемы и текстовой части, содержащей пояснение к чертежу. На рис. 3 представлен общий вид государственной поверочной схемы.

Локальная поверочная схема распространяется на средства измерений данной физической величины, применяемые в регионе, отрасли, ведомстве или на отдельном предприятии. Локальные поверочные схемы не должны противоречить государственным поверочным схемам для средств измерений одних и тех же физических величин. Они могут быть составлены при отсутствии государственной поверочной схемы и должны включать не менее двух ступеней передачи размера (рис. 4).

Чертеж любой поверочной схемы должен содержать:

- наименование средств измерений и методов поверки;
- номинальные значения физических величин или их диапазоны;
- допускаемые значения погрешностей средств измерения;
- допускаемые значения погрешностей методов поверки.

Рис. 3. Общий вид государственной поверочной схемы



Рv

Передача размера: а – от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3; б – от эталона 1 к объектам поверки 5 и 6 методом 3; в – от эталона 1 к объекту поверки 5 методами 3 или 4; г – от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3 и объекту поверки 6 методом 4.

Важным показателем достоверности передачи размера единицы физической величины является соотношение погрешностей средств измерений между вышестоящей и нижестоящей ступенями поверочной схемы.

На каждой ступени передачи размера единицы физической величины точность теряется в 3-5 раз (иногда в 1,25 – 10 раз), поэтому для высокоточных средств измерений число ступеней может быть сокращено вплоть до передачи им размера единицы непосредственно от рабочих эталонов 1-ого разряда. Считается достаточным, если соотношение погрешностей средств измерений между ступенями составляет 1:3, 1:4, 1:5 (иногда 1: 10).

Основные положения о поверочных схемах, правила расчета параметров поверочных схем и оформление чертежей поверочных схем приведены в ГОСТ 8.061-80 «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение» и в инструкции МИ 83-76 «Методика определения параметров поверочных схем».

Контрольные вопросы

1. Что называется эталоном и какими взаимосвязанными свойствами должен обладать эталон?

2. Как различаются эталоны по своему метрологическому назначению?

3. Что называется государственным и исходным эталонами?

4. Для чего предназначены эталоны-копии и рабочие эталоны?

5. Что такое концевая, штриховая меры длины и угловая мера?

6. Какими основными свойствами должны обладать концевые, штриховые меры длины и угловые меры?

1.4. Виды, методы и методики измерений геометрических параметров изделий

1.4.1. Виды измерений и их характеристика

Виды измерений определяются физическим характером измеряемой величины, требуемой точностью измерений, необходимой скоростью измерений, условиями и режимом измерений и т.д. В связи с этим измерения, в том числе и линейно-угловые, классифицируются по разным признакам.

По способу получения результатов измерений различают прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения.

Наиболее широко используются **прямые измерения**, состоящие в том, что искомое значение измеряемой величины находят из опытных данных с помощью средств измерений. Так, линейный размер можно установить непосредственно по шкалам линейки, рулетки, штангенциркуля, микрометра; действующую силу — динамометром; температуру — термометром и т.д.

Уравнение прямых измерений имеет вид: $Q = X$, где Q — искомое значение измеряемой величины, X — значение измеряемой величины, полученное непосредственно по показаниям средств измерений.

Косвенные — такие измерения, при которых искомую величину определяют по известной зависимости между этой величиной и другими величинами, полученными прямыми измерениями.

Уравнение косвенных измерений имеет вид: $Q = f(x_1, x_2, x_3 \dots)$,

где Q — искомое значение косвенно измеряемой величины, $x_1, x_2, x_3 \dots$ — значения величин, получаемые прямыми

измерениями.

Косвенные измерения широко применяют в тех случаях, когда искомую величину невозможно или очень сложно измерить непосредственно, т.е. прямым измерением, или когда прямое измерение дает менее точный результат.

Примерами косвенных измерений являются установление объема параллелепипеда перемножением трех линейных величин (длины, высоты и ширины), определенных с помощью прямых измерений; расчет мощности двигателя; определение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения; проводя прямые измерения силы тока и напряжения можно определить мощность электрической цепи постоянного тока т.д.

Примером косвенного измерения является также измерение среднего диаметра наружной крепежной резьбы методом «трех проволочек» (рис. 5).

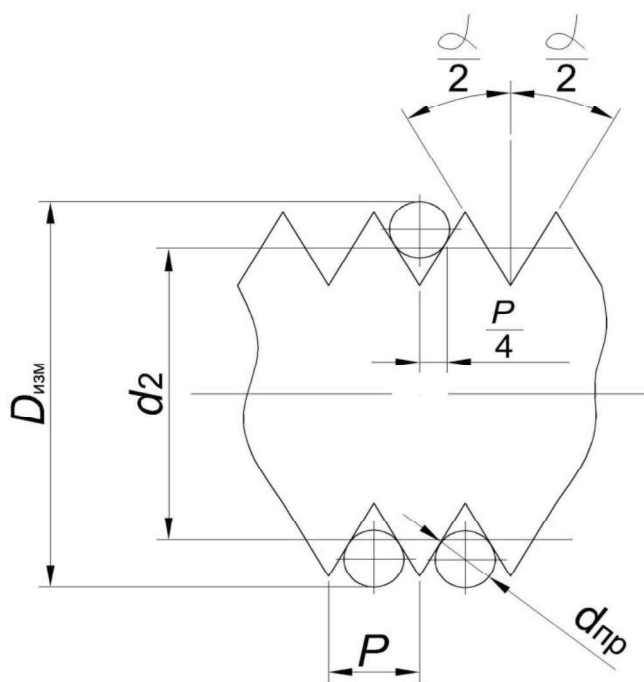


Рис. 5. Схема косвенного измерения среднего диаметра наружной резьбы (болта) методом «трех проволочек»

Этот метод основан на наиболее точном определении среднего диаметра резьбы как диаметра условного цилиндра, образующая которого делит профиль резьбы на равные части $P/2$:

$$d_2 = D_{изм} - d_{пр} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{1}{2} \cdot P \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2},$$

где $D_{изм}$ — расстояние, включая диаметры проволок, полученное прямыми измерениями;

$d_{пр}$ — диаметр проволоки, обеспечивающей контакт с профилем резьбы в точках, лежащих на образующей среднего диаметра d_2 ;

α — угол профиля резьбы;

P — шаг резьбы.

Совокупные измерения осуществляют одновременным измерением нескольких одноименных величин, при которых искомое значение находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. Примером совокупных измерений является калибровка гирь набора по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

Например, необходимо произвести калибровку гирь массой 1; 2; 2^{*}; 2,5; 10 и 20 кг (звездочкой отмечена гиря, имеющая то же самое номинальное значение). Калибровка состоит в определении массы каждой гири по одной образцовой гире, например по гире массой 1 кг. Для этого проведем измерения, меняя каждый раз комбинацию гирь (цифры показывают массу отдельных гирь, $1_{об}$ — обозначает массу образцовой гири в 1 кг).

$1 = 1_{об} + a; 1 + 1_{об} = 2 + b; 2^* = 2 + c; 1 + 2 + 2^* = 5 + d$ и т.д.

Буквы a, b, c, d означают грузики, которые приходится прибавлять или отнимать от массы гири, указанной в правой части уравнения. Решив систему уравнений, можно определить значение каждой гири.

Совместные измерения — одновременные измерения двух или нескольких неоднородных величин для нахождения зависимости между ними, например измерения объема тела, производимые с измерениями различных температур, обуславливающих изменение объема этого тела.

И при совокупных и при совместных измерениях искомые значения находят путем решения системы уравнений. Если провести разделение операций, проводимых при измерениях, то совокупные приводят к прямым измерениям, а совместные — к косвенным.

В зависимости от характера выражения результата измерений выделяют абсолютные и относительные измерения.

Абсолютные измерения основаны на прямых измерениях одной или нескольких физических величин. Примером абсолютного измерения может служить измерение диаметра или длины валика штангенциркулем или микрометром, измерение температуры термометром.

Абсолютные измерения сопровождаются оценкой всей измеряемой величины.

Относительные измерения основаны на измерении отношения измеряемой величины, играющей роль единицы, или измерении величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. В качестве исходной величины при измерении линейных величин используют меры в виде плоскопараллельных концевых мер длины.

Примером относительных измерений могут служить измерения калибров пробок и скоб на вертикальном и горизонтальном оптиметрах с настройкой измерительных приборов по концевым мерам.

По точности средств измерений выделяют равноточные и неравноточные измерения.

Равноточные измерения — это ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

Неравноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в различных условиях.

Виды измерений классифицируют также:

- **по числу измерений** — **намногократные и однократные**;
- **по отношению к изменению измеряемой величины во времени** — **настатические и динамические**;
- **по наличию контакта измерительной поверхности средства измерений с поверхностью изделия** — **на контактные и бесконтактные** и др.

В зависимости от метрологического назначения измерения делят на **технические** — производственные измерения, **контрольно-поверочные** (погрешность которых не должна превышать некоторых заранее заданных значений) и **метрологические** — измерения с предельно возможной точностью с использованием эталонов с целью воспроизведения единиц физических величин для передачи их размера рабочим средствам измерения.

Помимо рассмотренных видов измерений следует указать на термины контроль, испытание и диагностирование как на физические процессы, в основе которых находятся виды измерений, определяющие наиболее характерные принципы соответствия эксплуатационным свойствам измеряемой величины. Для проведения измерений с целью контроля, диагностирования или испытания изделий необходимо осуществлять мероприятия, определяющие технологический процесс измерений: анализ задачи на измерение, выявление погрешностей, установление числа измерений, выбор средства измерений, метода измерений и др.

1.4.2. Методы измерений

Метод измерений — прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в

соответствии с реализованным принципом измерения. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

В соответствии с РМГ 29-99 к числу основных методов измерений относят метод непосредственной оценки и методы сравнения: дифференциальный, нулевой, замещения и совпадений.

Метод непосредственной оценки – метод измерений, в котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия, например измерения вала микрометром, силы – механическим динамометром, напряжения – вольтметром и т.д. Быстрота и простота процесса измерений физических величин методом непосредственной оценки делает его часто незаменимым на практике, хотя точность измерений не очень высокая.

Методы сравнения с мерой – все те методы, при которых измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой:

Дифференциальный метод характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и известной величиной, воспроизводимой мерой. Примером дифференциального метода может служить измерение отклонения контролируемого диаметра вала миниметром после его настройки на нуль по блоку концевых мер.

Нулевой метод – при котором разность между измеряемой величиной и мерой сводится в нуль. Например, взвешивание на весах, когда на одном плече находится взвешиваемый груз, а на другом — набор эталонных грузов.

Метод замещения — метод сравнения с мерой, в котором измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. Метод замещения применяется при взвешивании с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов.

Метод совпадений — метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемой величиной и величиной,

воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов. Примером использования данного метода может служить измерение длины при помощи штангенциркуля с нониусом.

Средства измерений, реализующие измерение по методу сравнения обеспечивают большую точность измерений, чем средства измерений непосредственной оценки.

1.4.3. Методики измерений

Методика измерений – совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности.

ГОСТ Р 8.563 – 2009 устанавливает общие положения и требования к разработке методик измерений.

Разработка методик измерений включает:

выбор метода и средств измерений;

установление последовательности и содержания операций при подготовке и выполнении измерений, обработке промежуточных и окончательных результатов измерений;

установление приписанных характеристик погрешности измерений;

разработку нормативов и процедур контроля точности получаемых результатов измерений;

оформление методики измерений, как документа;

метрологическую экспертизу проекта методики измерений;

аттестацию и стандартизацию методики измерений, которые могут выполняться как самостоятельные работы.

Методики измерений должны содержать следующие разделы:

Раздел «Требования к погрешностям измерений» содержит числовые значения характеристик погрешности измерений или ссылку на документ, в котором они приводятся.

Раздел «Используемые средства измерений» содержит перечень средств измерений и других технических средств, применяемых при выполнении измерений с указанием обозначения ГОСТов или технических условий, типов средств измерений, их

метрологических характеристик (класса точности, пределы допускаемых погрешностей и др.); средства измерений должны быть поверены и иметь свидетельство о поверке и поверочное клеймо.

Раздел «Методы измерений» содержит описание приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей измерений в соответствии с принципом, положенным в основу метода; должна быть оценена его погрешность.

Раздел «Требования безопасности, охраны окружающей среды» содержит требования, выполнение которых обеспечивает безопасность труда, нормы производственной санитарии и охрану окружающей среды.

Раздел «Требования к квалификации операторов» содержит требования об уровне квалификации оператора (профессия, образование, практический опыт и др.).

Раздел «Условия измерений» содержит перечень влияющих величин, их номинальных значений и (или) границ диапазонов возможных значений; требования к объекту измерений.

Раздел «Подготовка к выполнению измерений» содержит описание подготовительных работ перед выполнением измерений – предварительное определение значений влияющих величин, сборку схем, подготовку и проверку режимов работы средств измерений и других технических средств (установка на нуль, выдержка во включенном состоянии).

Раздел «Выполнение измерений» содержит перечень, объем, последовательность операций и описание операций, число и периодичность измерений, требования к представлению промежуточных и конечных результатов (число значащих цифр).

Раздел «Обработка результатов измерений» содержит описание способов обработки и получения результатов измерений.

Раздел «Контроль точности результатов измерений» содержит указания о нормативах, методах, средствах и порядке проведения первичного и периодического контролей погрешности результатов измерений, выполняемых по данной методике.

Раздел «Оформление результатов измерений» включает требования к форме представления полученных результатов измерений, приводят сведения о применяемых средствах измерений, дате и времени получения результата измерений; документ или запись удостоверяется лицом, проводившим измерения. При необходимости допускается исключать или объединять указанные разделы или изменять их наименование с учетом специфики измерений.

Предварительно опробованная и разработанная методика утверждается головной ведомственной метрологической службой.

Со временем методики устаревают, поэтому метрологической службой периодически проводится метрологическая экспертиза методики измерений (установление правильности требований, внедрение новых средств измерений, совершенствование методов измерений и др.).

Контрольные вопросы

1. Укажите уравнения прямых и косвенных измерений.
2. Дайте определения и приведите примеры абсолютных, относительных, совместных и совокупных измерений.
3. Что называется методом измерений и какие различают методы измерений? Поясните суть каждого метода измерения.
4. Что называется методикой измерений?
5. Какие разделы должна содержать разработанная методика измерений?

1.5. Средства измерений

1.5.1. Классификация средств измерений

Средства измерений принято классифицировать по виду, принципу действия и метрологическому назначению.

Различают следующие виды средств измерений: меры, измерительные устройства, которые подразделяются на измерительные приборы и измерительные преобразователи, измерительные установки и измерительные системы (рис. 6).

Мера – это средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью (штриховые и концевые меры длины; конденсатор переменной емкости; набор гирь).

Измерительный прибор — средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

По способу получения значений измеряемых величин измерительные приборы подразделяются на *показывающие*, в том числе аналоговые и цифровые, и *на регистрирующие*.

Аналоговые измерительные приборы, у которых отсчетные устройства состоят из шкалы и указателя, причем один из них связан с подвижной системой прибора, а другой - с корпусом.

Отсчет получают по положению указателя относительно отметок шкалы.

Цифровые измерительные приборы, у которых дискретные сигналы измерительной информации вырабатываются автоматически и отсчет получают в цифровой форме.

Регистрирующие приборы делятся на *самопишущие* (запись показаний представляет собой график или диаграмму) и *печатающие* (информация о значении измеряемой величины выдается в числовой форме на бумаге).

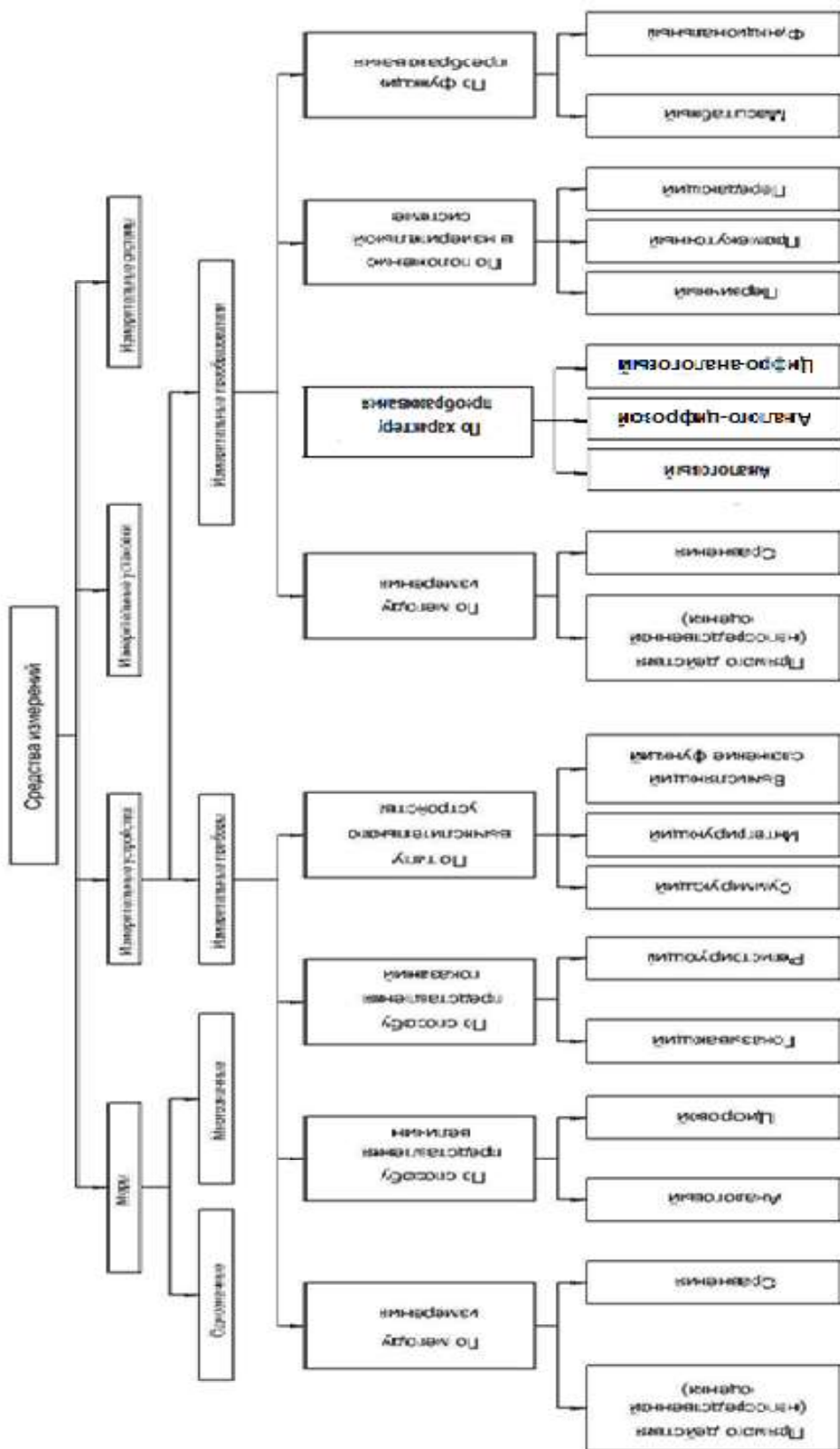


Рис.6. Классификация средств измерений

Измерительный преобразователь — техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи. Измерительный преобразователь или входит в состав какого-либо измерительного прибора (измерительной установки, измерительной системы и др.), или применяется вместе с каким-либо средством измерения, например измерительный трансформатор тока, термopара в термоэлектрическом термометре, электропневматический преобразователь, датчик профилометра для измерения параметров шероховатости.

По характеру преобразования различают измерительные преобразователи:

- *аналоговые*, преобразующие одну аналоговую величину в другую аналоговую величину;
- *аналого-цифровые* (АЦП), предназначенные для преобразования аналогового измерительного сигнала в цифровой код;
- *цифро-аналоговые* (ЦАП), предназначенные для преобразования цифрового кода в аналоговую величину.

Измерительная установка — совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств), предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте, например установка для испытаний магнитных материалов; эталонная установка, входящая в состав эталона, и др.

Измерительную установку крупных размеров, предназначенную для точных измерений физических величин, характеризующих изделие, называют измерительной машиной, например силоизмерительная машина, машина для измерения больших длин в промышленном производстве, координатно-измерительная машина и др.

Измерительная система — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта, с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

Измерительные системы разделяются на:

- *информационно - измерительные системы (ИИС)* — совокупность функционально объединенных средств измерений, средств вычислительной техники и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации о физических величинах, свойственных данному объекту, в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования ее в автоматических системах управления, например, измерительная система теплоэлектростанций, позволяющая получать измерительную информацию из разных энергоблоков; радионавигационная система для определения местоположения различных объектов, состоящая из ряда измерительных комплексов, находящихся на значительном расстоянии друг от друга; измерительная система, используемая при производстве нефтепродуктов, и др;
- *измерительно – вычислительные комплексы (ИВК)*, которые представляют собой функционально объединенную совокупность средств измерений, компьютера и вспомогательных устройств, и в составе измерительной системы служат для выполнения конкретной измерительной задачи;

По уровню автоматизации все средства измерений делятся на три основные группы:

- неавтоматические;
- автоматизированные, которые осуществляют одну или часть измерительной операции в автоматическом режиме;
- автоматические, производящие в автоматическом режиме

измерения и все операции, связанные с обработкой результатов измерений, регистрацией, передачей и хранением данных или выработкой управляющих сигналов.

По уровню стандартизации средства измерений делятся на:

- *стандартизованные*, изготовленные в соответствии с требованиями соответствующего государственного или отраслевого стандарта;
- *нестандартизованные* (уникальные), применяемые для решения специфических измерительных задач в специальных направлениях науки техники, в стандартизации требований к которым нет необходимости.

В основном средства измерений являются стандартизованными. Они выпускаются серийно и обязательно подвергаются государственным испытаниям. Нестандартизованные средства измерений разрабатывают специализированные научно-исследовательские организации и выпускают единичными экземплярами. Они не проходят государственных испытаний, их характеристики определяют при метрологической аттестации.

Все многообразие измерительных средств, используемых для линейных измерений в машиностроении, обычно классифицируют по конструктивному устройству и назначению.

По конструктивному устройству измерительные приборы делят на механические, оптические, электрические и пневматические и др.

По назначению измерительные приборы разделяют на универсальные, специальные и для контроля.

Универсальные измерительные приборы широко применяют в контрольно-измерительных лабораториях всех типов производств, а также в цехах единичных и мелкосерийных производств.

Универсальные измерительные приборы подразделяются:

- *механические*: простейшие инструменты — поверочные измерительные линейки плиты и лекальные угольники, щупы, образцы шероховатости поверхности; штангенинструменты — штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмас,

штангензубомер; микрометрические инструменты — микрометр, микрометрический нутромер, микрометрический глубиномер; приборы с зубчатой передачей — индикаторы часового типа; рычажно-механические — миниметры, рычажные скобы;

- оптические: вертикальный и горизонтальный оптиметры, малый и большой инструментальные микроскопы, универсальный микроскоп, концевая машина, проекторы, интерференционные приборы;

- пневматические: длинномеры, ротаметры;

- электрические: электроконтактные измерительные головки, индуктивные приборы, профилографы, профилометры, кругломеры и др.

Специальные измерительные приборы предназначены для измерения одного или нескольких параметров деталей определенного типа; например приборы для измерения (контроля) параметров коленчатого вала, распределительного вала, параметров зубчатых колес, диаметров глубоких отверстий.

Приборы для контроля геометрических параметров по назначению делят на приборы для приемочного (пассивного) контроля (калибры), для активного контроля в процессе изготовления деталей и приборы для статистического анализа и контроля.

Для измерения углов и конусов широко применяют универсальные средства измерений и калибры. В качестве универсальных средств измерений используют угломеры транспортные с нониусом и оптические; для более точных конусов используют синусные линейки, а также различные универсальные измерительные приборы с аттестованными роликами и шариками, калиброванными кольцами, ножами и концевыми мерами длины.

При контроле гладких конусов калибрами проверяют, находится ли отклонение базорасстояния в нормированных пределах. С этой целью калибры изготавливают с уступами или двумя рисками, расстояние между которыми равно допустимому отклонению базорасстояния.

1.5.2. Метрологические характеристики средств измерений

Метрологической характеристикой называется характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и на его погрешность (РМГ 29-99).

Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называются нормированными метрологическими характеристиками, а определяемые экспериментально – действительными.

Основными нормируемыми метрологическими характеристиками средств измерений для технических измерений являются:

Цена деления шкалы— разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Понятие «длина деления шкалы» означает расстояние между осями двух соседних отметок шкалы.

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

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

Диапазон показаний — область значений шкалы средства измерений, ограниченная ее начальным и конечным значениями шкалы.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений.

Пределы измерений— наибольшее или наименьшее значение физической величины, ограничивающие диапазон измерений.

Диапазон измерений меньше или равен диапазону показаний.

Например, для вертикального оптиметра с ценой деления 0,001 мм диапазон измерений и диапазон показаний совпадают и равны 0,2 мм. Пределы измерений совпадают с начальным и конечным значениями шкалы и равны $\pm 0,1$ мм. Высота стойки, на которой

крепится измерительная головка, определяет максимальный размер измеряемого элемента детали.

Чувствительность—свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Разрешающая способность – минимальная разность двух значений измеряемых однородных величин, которая может быть различима с помощью средства измерений.

Стабильность — качественная характеристика средства измерений, отражающая неизменность во времени его метрологических характеристик.

Основной метрологической характеристикой средства измерений является **его погрешность**. Погрешность средства измерений или инструментальная погрешность средства измерений имеет определяющее значение для наиболее распространенных технических измерений, в том числе для измерения линейных и угловых размеров.

Для измерительных преобразователей **основной метрологической характеристикой** является **функция преобразования** - соотношение между выходным и входным сигналами средства измерений.

Погрешность средства измерений— разность между показанием средства измерений $X_{пок}$ и истинным (действительным) значением X_u (X_0) измеряемой физической величины

$$\Delta = X_{пок} - X_u \text{ (} X_0 \text{)}.$$

Предел допускаемой погрешности средства измерений – это наибольшее значение погрешности средства измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению.

Пределы допускаемой основной погрешности задаются в виде абсолютных, относительных или приведенных погрешностей.

1.5.3.Классификация погрешностей средств измерений

Наиболее распространенной является следующая классификация погрешностей средств измерений.

В зависимости от условий проведения измерений различают основную и дополнительную погрешности средств измерений.

Основной погрешностью средства измерений называют погрешность при использовании его в нормальных условиях, указываемых в стандартах, технических условиях, паспортах и т.п.

В большинстве нормативно-технической документации на средства измерений к **нормальным условиям** относятся следующие внешние условия:

- температура окружающей среды $293\text{ K} \pm 5\text{ K}$;
- относительная влажность $65\% \pm 15\%$;
- атмосферное давление $100\text{ кПа} \pm 4\text{ кПа}$ ($750\text{ мм рт.ст.} \pm 30\text{ мм рт. ст.}$);
- напряжение питающей электрической сети (для электрических и других средств измерений, имеющих электрические цепи) $220\text{ В} \pm 2\%$ с частотой 50 Гц.

Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений определены ГОСТ 8.050-73*.

Дополнительной погрешностью средства измерений называют погрешность, возникающую вследствие отклонений одной из влияющих величин от нормального значения или выхода ее за пределы нормальной области значений.

К влияющим физическим величинам относят такие величины, которые не измеряются данным средством измерений, но которые оказывают влияние на результат измерений, например дополнительная температурная погрешность из-за резкого скачка температуры окружающей среды или дополнительная погрешность за счет изменения атмосферного давления.

По форме выражения (представления) погрешности средств измерений разделяются на абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютной погрешностью Δ средства измерений называется погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины.

Относительной погрешностью δ средства измерений называется отношение абсолютной погрешности Δ к результату измерений или действительному значению измеренной величины X

$$\delta: \delta = \frac{\Delta}{X_{\delta}} \cdot 100 \, \%.$$

Приведенной погрешностью γ средства измерений (измерительного прибора) называется отношение абсолютной погрешности Δ к нормирующему значению X_N :

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 \, \% .$$

Нормирующее значение X_N принимается равным конечному значению шкалы в случае, если ее начальное значение равно нулю или вне ее рабочей зоны. В случае двухзначного отсчетного устройства прибора за нормирующее значение X_N принимают диапазон показаний, например начальное значение шкалы – 30, а конечное + 30, нормирующее значение $X_N = 60$.

По характеру проявления погрешности средств измерений разделяют на систематические и случайные.

Систематическими называются погрешности, которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются закономерно. Одной из самых распространенных систематических погрешностей является погрешность градуировки (погрешность нанесения делений на шкалу измерительного прибора).

Случайными называются погрешности, которые изменяются при повторных измерениях случайным образом. Появление случайной погрешности средства измерений может быть вызвано, например, перекосами элементов средств измерений в направляющих, изменением моментов трения в опорах.

В зависимости от характера изменения физической величины различают статическую и динамическую погрешности средств измерений.

Статическая погрешность средства измерений — погрешность, возникающая при измерении величины, принимаемую за неизменную, например измерение длины или диаметра вала.

Динамическая погрешность средства измерений — погрешность, возникающая при измерении изменяющейся (в процессе измерений) величины, например измерение термопарой температуры в элетропечи .

Основную и реже дополнительную погрешности нормируют пределами допускаемой погрешности средства измерений.

Типовыми видами погрешностей, входящих в основные погрешности средств измерений, являются аддитивные, мультипликативные и погрешности гистерезиса.

Аддитивными погрешностями (получаемыми путем сложения), или погрешностями нуля, называют постоянные погрешности при всех значениях измеряемой величины. Если аддитивная погрешность является систематической, то она обычно устраняется корректированием нулевого значения выходного сигнала. Возникновение случайной аддитивной погрешности вызывается трением в опорах, контактными сопротивлениями, дрейфом нуля, случайными и периодическими колебаниями в выходном сигнале.

Мультипликативной погрешностью (получаемой путем умножения), или погрешностью чувствительности средства измерения, называют погрешность, которая линейно изменяется с изменением измеряемой величины. Причиной ее возникновения является изменение коэффициента преобразования отдельных элементов и узлов измерительных систем.

Наиболее существенной и трудно устранимой погрешностью является **погрешность гистерезиса**, или погрешность обратного хода. Причиной этой погрешности является люфт и сухое трение в

элементах, трение в пружинах, упругие эффекты в чувствительных элементах.

Погрешность гистерезиса принято оценивать **вариацией показаний измерительного прибора**:

$$W = X_{\text{покр}} - X_{\text{покр об}},$$

где $X_{\text{покр}}$ и $X_{\text{покр об}}$ - показания прибора при прямом и обратном ходе.

1.5.4. Классы точности средств измерений

Класс точности – это обобщенная характеристика данного типа средств измерений, отражающая уровень их точности и выражаемая пределами допускаемых основной иногда и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность средств измерений одного типа, но не характеризует точность самих измерений, выполняемых этими средствами, так как погрешность измерений зависит и от метода измерений и от условий измерений и от средства измерений и т.д.

Для установления класса точности средств измерений применяются общие правила, которые содержатся в ГОСТ 8.401 – 80 «Классы точности средств измерений. Общие требования».

Средство измерений может иметь два или более класса точности, если у него несколько диапазонов измерений - для каждого из них устанавливается свой класс точности или если средство измерений предназначено для измерений нескольких величин (например, для измерения электрического напряжения и сопротивления).

Класс точности присваивается средствам измерений при их разработке по результатам государственных приемочных испытаний.

Исторически сложилось так, что на классы точности разделены все средства измерений, кроме измерительных приборов для измерения линейных и угловых величин.

Класс точности всех видов средств измерений, кроме названных, указывается на циферблатах, щитках и корпусах, приводится в нормативно-технических документах.

Форма представления класса точности средства измерений определяется пределами допускаемой основной погрешности измерений.

Форма представления класса точности пределами допускаемой основной абсолютной погрешности применяется преимущественно для мер длины или массы, которые принято выражать в единицах длины или массы. Тогда класс точности обозначают прописными буквами латинского алфавита (L, M, C и т. д., причем классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, присваиваются буквы, находящиеся ближе к началу алфавита) или римскими цифрами (I, II, III и т. д.).

Класс точности для измерительных приборов в основном выражается пределами допускаемой основной приведенной или относительной погрешности и обозначается числами, равными этим пределам в процентах из установленного ряда:

$$1 \cdot 10^n; 1,5 \cdot 10^n; 2,0 \cdot 10^n; 2,5 \cdot 10^n; 4 \cdot 10^n; \\ 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n; (n=1; 0; -1; -2; -3 \text{ и т. д.}). \quad (1.2)$$

Основой для определения формы представления класса точности измерительного прибора является характер изменения основной абсолютной погрешности средства измерений в пределах диапазона измерений.

Если основная абсолютная погрешность имеет аддитивный характер (границы погрешностей средства измерений не изменяются в пределах диапазона измерений, рис. 7, а), то класс точности представляется пределом допускаемой приведенной погрешности

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 = \pm p, \%$$

где $\Delta = \pm a$ — пределы допускаемой основной абсолютной погрешности прибора; p — отвлеченное положительное число, выбирается из ряда значений (1.2); X_N — нормирующее значение.

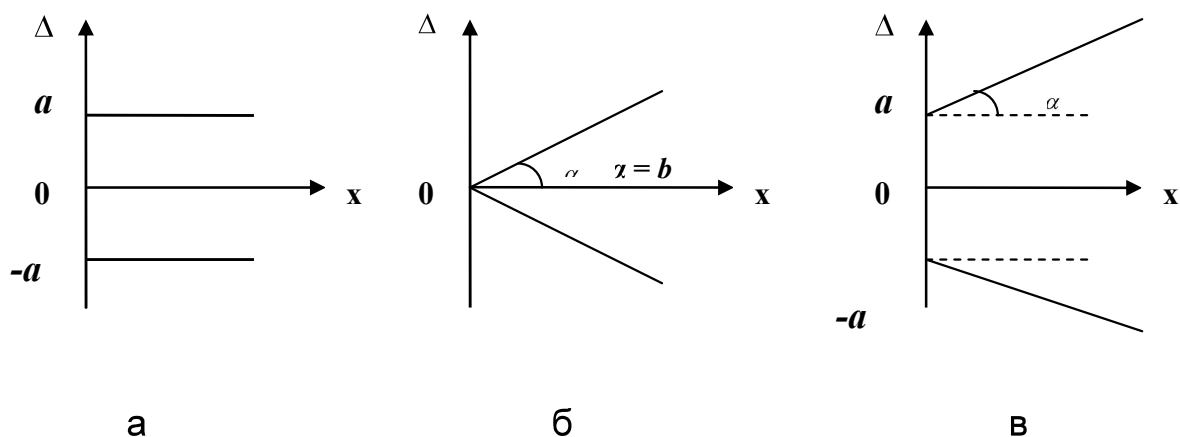


Рис. 7. Характерные случаи изменения границ абсолютных погрешностей средств измерений

Класс точности указывается значением предела допускаемой приведенной погрешности:

- класс точности 1,5 ($\gamma = \pm 1,5 \%$) при условии, что X_N - нормирующее значение выражено в единицах измеряемой величины;

- класс точности 0,5 ($\gamma = \pm 0,5 \%$) при условии, что X_N - нормирующее значение принято равным длине шкалы.

Если основная абсолютная погрешность имеет мультипликативный характер (границы погрешности средства измерений линейно изменяются в пределах диапазона измерений, рис. 7,б), то класс точности представляется пределом допускаемой относительной погрешности, которая определяется по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \cdot 100 = \pm q, \% \quad , \quad \text{где } \Delta = \pm b X -$$

пределы допускаемой основной абсолютной погрешности прибора, b $= \operatorname{tg} \alpha$; X - показание средства измерений;

q - отвлеченное положительное число, выбирается из ряда значений (1.2).

В таком случае класс точности указывается в кружке пределом допускаемой относительной погрешности $1,5 (\delta) = \pm 1,5 \%$.

Если основная абсолютная погрешность имеет и аддитивную, и мультипликативную составляющие (рис.7, в), то класс точности представляется пределом допускаемой относительной погрешности, которая определяется по формуле

$$\delta = \pm \left(\frac{\Delta}{X} \cdot 100 \right) = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_K}{X} \right| - 1 \right) \right], \%$$

где $\Delta = \pm (a + b X)$; c и d - отвлеченные положительные числа, которые выбираются из ряда значений (1.2), а соответствие между ними устанавливается стандартами на отдельные виды средств измерений;

X_K - больший по модулю из пределов измерения для шкал с нулем по середине; X - показание средства измерений.

В таком случае класс точности указывается в виде дроби c/d , например 0,02/0,01; так обозначаются, в основном, классы точности для цифровых измерительных приборов.

Примеры обозначения классов точности средств измерений представлены в табл.6.

При установлении класса точности пределы допускаемой дополнительной погрешности непосредственно не учитываются, но в соответствии с ГОСТ 8.009 - 84 и ГОСТ 8.401 - 80 предусматривается указание их в технической документации.

По указанному классу точности можно определить предел допускаемой абсолютной погрешности средства измерений.

Пример 1. Амперметр класса точности 1,0 с пределами измерений от -10 А до + 25 А показывает 5А. Определить предел допускаемой абсолютной погрешности амперметра.

Решение. Класс точности амперметра задан пределом допускаемой приведенной погрешности $\gamma = 1,0 \%$.

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 \% = \pm 1,0 \%$$

Предел допускаемой абсолютной погрешности определяется

по формуле: $\Delta = \pm \frac{\gamma \cdot X_N}{100} = \pm \frac{1,0 \cdot 35}{100} = \pm 0,35 \text{ A}$,

где $X_N = 35 \text{ A}$ – нормирующее значение (от -10 A до $+25 \text{ A}$).

Таблица 6

Примеры обозначения классов точности

Форма выражения погрешности	Формула определения пределов допускаемой основной погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
			в доку-ментации	на средстве измерений
Абсолютная погрешность Δ	По формуле $\Delta = \pm a$ или $\Delta = \pm(a + b X)$		L M	L M
Относительная погрешность δ	По формуле $\delta = \pm (\Delta / X) \cdot 100 = \pm q \%$ По формуле $\delta = \pm \left[c + d \left(\left \frac{X_k}{X} \right - 1 \right) \right], \%$	$\delta = \pm 0,5$ $\delta = \pm 0,05/0,02$	0,5 c / d = 0,05/ 0,02	0.5  0,05/ 0,02
Приведенная погрешность γ	По формуле $\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 = \pm p\%$: если нормирующее значение X_N выражено в единицах измеряемой величины; если нормирующее значение X_N принято равным длине шкалы	$\gamma = \pm 1,5$ $\gamma = \pm 0,5$	1,5 0,5	1,5 0,5 

Пример 2. Счетчик электрической энергии класса точности 2,0 показывает 500 кВт-ч.



Определить предел допускаемой абсолютной погрешности счетчика.

Решение. Класс точности счетчика задан пределом допускаемой относительной погрешности δ

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \cdot 100 \% = \pm 2,0 \% .$$

Предел допускаемой абсолютной погрешности определяется по формуле

$$\Delta = \pm \frac{\delta \cdot X}{100} = \pm \frac{2,0 \cdot 500}{100} = \pm 10 \text{ кВт-ч},$$

где показание счетчика $X = 500$ кВт-ч.

Пример 3. Амперметр класса точности 0,02/0,01 с равномерной шкалой и пределами измерений от 0...50А показывает 10А .

Определить предел допускаемой абсолютной погрешности.

Решение.

Класс точности представлен пределом допускаемой относительной погрешности:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_K}{X} \right| - 1 \right) \right], \% ; \quad \delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left| \frac{50}{10} \right| - 1 \right) \right] = \pm 0,06 \% ,$$

где $c = 0,02$; $d = 0,01$; $X_K = 50$ А – больший по модулю предел измерений; $X = 10$ А - показание амперметра.

Предел допускаемой абсолютной погрешности составит

$$\Delta = \pm \frac{\delta \cdot X}{100} = \pm \frac{0,06 \cdot 10}{100} = \pm 0,006 \text{ А}.$$

1.5.5. Выбор средств измерений

Выбор средств измерений связан со множеством факторов, характеризующих метрологические характеристики средства измерений, конструктивно-технологические особенности измеряемых величин, задачами на измерение этих величин, разнообразных организационных, технических и экономических факторов и т.д.

Комплексность задачи выбора средств измерений определила необходимость разработки различных способов выбора средств измерений. Прежде всего, выбранное средство измерений должно соответствовать по своей конструкции и габаритам для установки измеряемой детали и подходов измерительных устройств к измеряемой величине.

В массовом производстве основными средствами измерений используются высокопроизводительные механизированные и автоматизированные средства измерений и контроля.

В серийном производстве основными средствами измерений и контроля служат предельные калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления и при необходимости универсальные средства измерений.

В мелкосерийных и индивидуальных производствах основными являются универсальные средства измерений.

По метрологическим характеристикам выбираемыми параметрами средств измерений являются предел допускаемой погрешности измерения $\pm \Delta_{lim}$, а также цена деления шкалы средства измерений.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8.051-81 установлены соотношения между заданными допусками $IT(T)$ на измеряемые (контролируемые) размеры, определенного номинального размера и качества и допускаемыми погрешностями измерений δ , определяющими действительный размер измеряемой величины.

Цена деления шкалы выбирается с учетом заданной точности измерения. Например, если размер задан с точностью до 0,01 мм, то прибор выбирается с ценой деления шкалы 0,01 мм. Принятие более грубой шкалы вносит дополнительные субъективные погрешности, а более точной — удорожает средство измерений. При контроле технологических процессов используются средства измерений с ценой деления не более 1/6 допуска на изготовление. При решении комплексной задачи выбора средств измерений решается также задача по обеспечению минимальных затрат, связанных с риском 1-го и 2-го рода, для чего необходимо минимизировать слагаемые:

$$(C_{cu} + C_m + C_n)_{min},$$

где C_{cu} — затраты на средство измерений; C_m — затраты на риск 1-го рода (риск потребителя - в годных деталях будут находиться бракованные детали); C_n — затраты на риск 2-го рода (риск

изготовителя – в бракованных деталях будут находиться годные детали).

Главным фактором при выборе средства измерений является допускаемая погрешность измерений δ .

Допускаемой погрешностью измерения δ называется наибольшее предельное значение погрешности измерения, которое может быть допущено при определении действительного размера для оценки соответствия его допускаемым предельным размерам.

Для измерения линейных размеров до 500 мм ГОСТ 8.051-81 устанавливает 16 рядов значений допускаемой погрешности измерения δ в зависимости от допуска IT на изделие, номинального размера и качества.

Допускаемая погрешность измерения δ составляет $(0,2 \dots 0,35)IT$:

- для 2-го...5-го качеств $0,35 IT$;
- для 6-го...8-го качеств - $0,3IT$;
- для 9-го, 10-го качеств - $0,25 IT$;
- грубее 10-го качества – $0,2 IT$.

При выборе средства измерений для таких геометрических параметров, как отклонение формы и отклонение расположения поверхностей деталей, при отсутствии рекомендаций в нормативно-технических документах ориентируются на соотношение $\delta = 0,33T$, где T – допуск на отклонение формы или на отклонение расположения.

Установленные ГОСТ 8.051-81 допускаемые погрешности измерений δ включают в себя как случайные, так и не учтенные систематические погрешности, т.е. все составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, температурных колебаний, базирования и т.д. При этом случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от нормированной допускаемой погрешности измерения δ и принимается равной 2σ ,

Таблица 7

Пределы допускаемых погрешностей наиболее

распространенных универсальных средств измерений

Средства измерений	Пределы допускаемых погрешностей измерения $\pm \Delta lim$, мкм							
	для интервалов размеров, мм							
	До 10	Св. 10 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500
Оптиметр вертикальный	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-
Оптиметр горизонтальный и измерительные машины	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0
Микроскопы инструментальные	5,0	5,0	10,0	10,0	-	-	-	-
Миниметры с ценой деления 1 мкм 2 мкм 5 мкм	1,0 1,4 2,2	1,5 1,8 2,5	2,0 2,5 3,0	2,5 3,0 3,5	3,0 3,5 4,0	4,5 5,0 5,0	6,0 6,5 6,5	8,0 8,0 8,5
Микаторы с ценой деления 0,001 мм	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,5	4,5
Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,002 мм	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-
Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм	20	20	20	20	25	30	30	40
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу: 0,05 мм 0,10 мм	100 150	100 150	100 200	100 200	100 200	100 200	100 200	100 250
	для интервалов размеров, мм							
	До 25	Св. 25 до 75	Св. 75 до 150	Св. 150 до 200	Св. 200 до 250	Св. 250 до 300	Св. 300 до 400	Св. 400 до 500
Микрометр гладкий	5	10	15	20	25	30	40	50
	для интервалов размеров, мм							
	До 25	Св. 25 до 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 150	Св. 150 до 200	Св. 200 до 250	Св. 250 до 300	Св. 300 до 400
Микрометр рычажный	4	6	10	15	20	25	30	40

Сравнение предела допускаемой погрешности средства измерений ($\pm \Delta lim$) с допускаемой погрешностью измерений (δ) проводится без учета знака Δlim .

т.е. с доверительной вероятностью 0,954, где σ – значение среднего квадратического отклонения погрешности измерения.

При выборе средства измерений необходимо, чтобы предел

допускаемой погрешности измерения ($\pm \Delta \lim$), являющийся нормированной метрологической характеристикой данного средства измерений, не превышал допускаемой погрешности измерений δ , т.е.

$$\Delta \lim \leq \delta.$$

Чем ближе значение предела допускаемой погрешности $\Delta \lim$ средства измерений к значению допускаемой погрешности измерений δ , тем менее трудоемким и более дешевым будет измерение.

Пределы допускаемых погрешностей измерения наиболее распространенных универсальных средств измерений приведены в табл.7.

Значения размеров, полученных при измерении с погрешностью, не превышающей допускаемую погрешность измерения, принимаются за действительные.

Рассмотрим пример выбора средства измерений.

Пример 4. Для контроля вала $\varnothing 45h7_{(-0,025)}$ выбрать средство измерений.

Решение. Для диапазона номинальных размеров свыше 30 до 50 мм, качества 7 и допуска $IT7 = 0,025$ мм устанавливают допускаемую погрешность измерения, пользуясь соотношением $\delta = 0,3 \cdot IT7 = 0,3 \cdot 0,025 = 0,007$ мм. По табл. 7 выбирают для интервала размеров свыше 25 до 50 мм микрометр рычажный с пределом допускаемой погрешности $\Delta \lim = 6$ мкм, потому что необходимое условие $\Delta \lim \leq \delta$ выполнено.

Следует обратить внимание на выработанное практикой решение: для того чтобы гарантировать заданную погрешность измерения, предел допускаемой погрешности средства измерений должен быть на 25...30 % меньше заданной допускаемой погрешности δ , т.е. при решении задачи выбора средства измерений принимать $\Delta \lim = 0,7\delta$. Этот принцип реализован в выборе средства измерений по коэффициенту уточнения [18].

Это самый простой способ, предусматривающий сравнение точности измерений (Δ_{lim}) и точности изготовления (IT) объекта измерений.

Экономические показатели выбора средств измерений занимают важное место в процедуре выбора и его обоснования.

К ним относятся стоимость средства измерений, продолжительность его работы до ремонта, срок окупаемости, время настройки средства измерений и время, затраченное на измерение, необходимая квалификация оператора и др.

ГОСТ 14.306 – 73 определяет последовательность обоснования выбора средства измерений по его экономической эффективности.

1.6. Измерения при контроле качества

Согласно РМГ 29-99, контролем называют операции, включающие проведение измерений, испытаний, проверки одной или нескольких характеристик изделия и определения их соответствия установленным нормам. Если контроль осуществляется по альтернативному признаку “годен — негоден”, то установленные нормы, которым должен удовлетворять объект контроля для признания его годным, называют критерием годности. Типовая схема контроля вала представлена на рис.7. Критерий годности для этой схемы может быть представлен в виде:

$$d_{min} \leq d_{\Gamma} \leq d_{max};$$

$$d_{min} > d_{\text{НГ}} > d_{max},$$

где d_{Γ} и $d_{\text{НГ}}$ — соответственно годная и негодная (дефектная) продукция.

Если погрешности измерения равны нулю, что нереально, то критерий годности по альтернативному признаку действует однозначно.

Одним из основных требований к средству измерений для выполнения функции контроля является обеспечение требуемой точности. Исходным при этом является требование к

действительному размеру как размеру, полученному измерением с допускаемой погрешностью измерений δ .

Основополагающий принцип при установлении допускаемой погрешности измерений при контроле состоит в том, что при наличии любой по величине погрешности измерения и при расположении измеренного размера в пределах поля допуска появляется вероятность того, что истинное значение измеряемой величины может выходить за пределы поля допуска. Этот случай показан позицией А на рис.8.

По этой же причине возникает и вероятность того, что значение измеренного размера может выходить за пределы поля допуска, а истинное значение этого размера располагается в пределах поля допуска — случай Б на рис.8.

Рассмотрим события, которые названы рисками:

1-й риск — случай А, риск потребителя (заказчика) продукции, m ; по результатам измерения продукция принимается, но есть вероятность того, что истинный размер может выйти за пределы поля допуска контролируемого размера, т.е. риск состоит в неправильном принятии продукции как годной;

2-ой риск — случай Б, риск производителя продукции, n ; по результатам измерения продукция бракуется, но есть вероятность того, что истинный размер может находиться в пределах поля допуска, т.е. риск состоит в неправильном забраковании годной продукции. В ряде случаев рекомендуется оценивать, для неправильно принятых деталей m их вероятные предельные размеры, для этого по ГОСТ 8.051—81 определяют параметр c — вероятностную предельную величину выхода размера за пределы поля допуска.

Предельные значения m и n для нормального закона и закона равной вероятности распределения погрешностей, выбираемые в

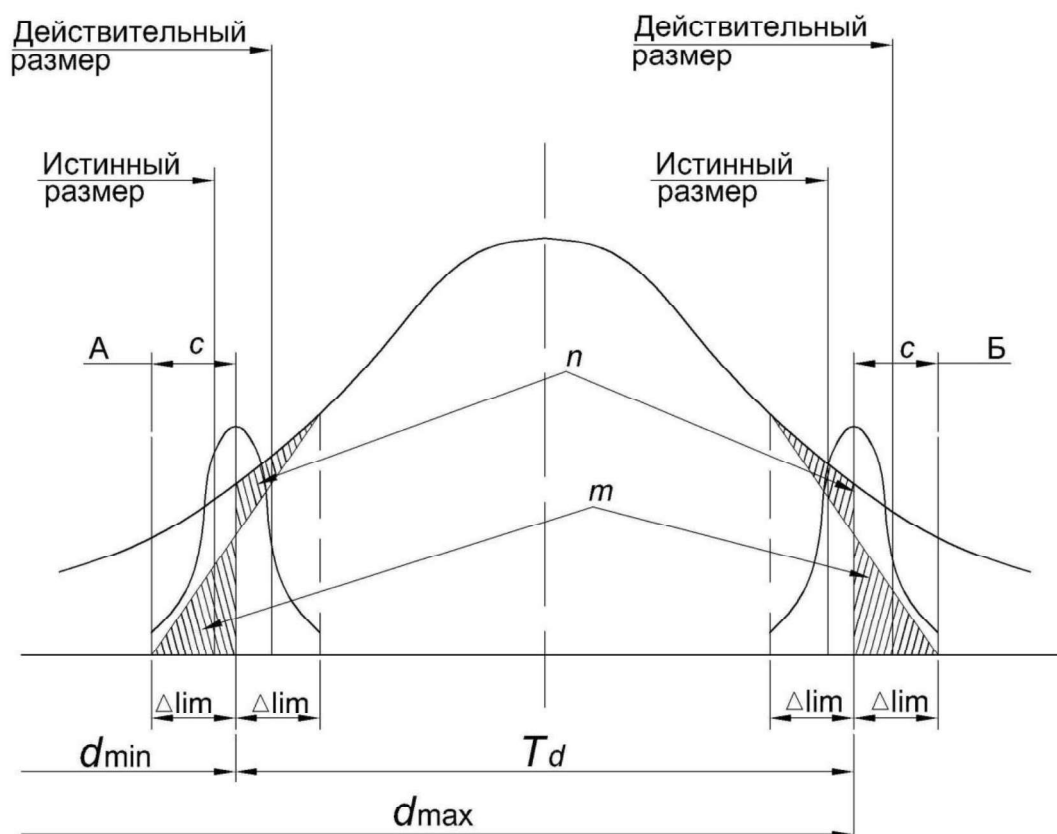


Рис.8. Типовая схема контроля вала

зависимости от коэффициента $A_{мет}(\sigma)$, %, даны в табл.8.

$$A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma}{IT} \cdot 100,$$

где σ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения; IT — допуск контролируемого размера.

Первые значения m и n в табл. 8 соответствуют нормальному закону распределения погрешностей измерения, а вторые — закону равной вероятности.

При определении параметров m и n рекомендуется принимать $A_{мет}(\sigma)$, величиной 16 % для квалитетов 2–7; $A_{мет}(\sigma)$, = 12% для квалитетов 8 и 9; $A_{мет}(\sigma)$, = 10% для квалитетов 10 и грубее. Такие предельные значения m и n часто используют, когда приемочные границы совпадают с предельными размерами элементов деталей.

Таблица 8

Предельные значения m и n для нормального закона и закона равной вероятности распределения погрешностей измерения, %

$A_{мет} \%$	m	n
1,6	0,37... 0,39	0,70... 0,75
3	0,87... 0,90	1,20... 1,30
5	1,60... 1,70	2,00... 2,25
8	2,60... 2,80	3,40... 3,70
10	3,10... 3,50	4,50... 4,75
12	3,75... 4,10	5,40... 5,60
16	5,00... 5,40	7,80... 8,25

При арбитражной перепроверке принятых деталей погрешность измерения не должна превышать 30% погрешности, допускаемой при приемочном контроле. Среди принятых допускается наличие деталей с отклонениями, выходящими за приемочные границы на значение, не превышающее половину допускаемой погрешности измерения при приемке:

- до 5% деталей от проверяемой партии для квалитетов с 2-го по 7-ой ;
- до 4% деталей от проверяемой партии для квалитетов 8, 9;
- до 3% - для квалитетов 10 и грубее.

Снижение значений m и n , а вместе с тем и повышение качественных и экономических показателей контроля может достигаться за счет повышения точности изготовления размеров деталей, повышения точности средств измерений, а также смещением приемочных границ внутрь относительно предельных размеров. Погрешности разбраковки, т.е. вероятностно неправильно принятые размеры m , неправильно забракованные размеры n , а также вероятностные предельные значения с выхода за границу поля допуска у размеров, неправильно принятых, —

характеризуют влияние погрешности измерения на технические показатели и экономичность принятых измерительных процессов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение меры, измерительного прибора, измерительной установки и измерительной системы.
2. Что называется метрологической характеристикой средства измерений?
3. Назовите основную метрологическую характеристику средства измерений.
4. Что называется диапазоном измерений и пределом допускаемой погрешности средства измерений?
5. По каким признакам классифицируются погрешности средств измерений?
6. Дайте определения абсолютной, относительной и приведенной погрешностей средств измерений.
7. Что понимается под классом точности средства измерений?
8. Как обозначаются классы точности средств измерений?
9. Какое условие должно быть выполнено при выборе средства измерений между его пределом допускаемой погрешности ($\pm \Delta_{lim}$) и допускаемой погрешностью измерений δ ?
10. Как влияют погрешности измерений на качество контроля?

1. 7. Погрешности измерений и обработка результатов измерений

1.7.1. Погрешности измерений

Процесс измерения неизбежно сопровождается ошибками, которые вызываются несовершенством средств измерений, нестабильностью условий проведения измерений, несовершенством самого метода и методики измерений, недостаточным опытом и несовершенством органов чувств человека, выполняющего измерения, а также другими факторами.

Погрешностью измерения $\Delta X_{изм}$ называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины:

$$\Delta X_{изм} = X_i - X_u,$$

где X_i — i -е значение результата измерения,

X_u — истинное значение измеряемой величины.

Поскольку истинное значение измеряемой величины всегда остается неизвестным, за него при многократных измерениях принимается действительное значение, которое равно среднему арифметическому значению $\overline{X}$:

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, (1.3)$$

где n — число единичных измерений.

Погрешность измерения ($\Delta X_{изм}$), выраженная в единицах измеряемой величины, называется **абсолютной**. Она не всегда является информативной. Например, абсолютная погрешность 0,01 мм может быть достаточно большой при измерениях величин в десятых долях миллиметра и малой при измерениях величин, размеры которых превышают несколько метров.

Более информативной величиной является **относительная погрешность**, под которой понимают отношение абсолютной погрешности измерения к ее истинному значению (среднему арифметическому значению):

$$\delta = \pm \frac{\Delta X_{изм}}{\overline{X}} 100\%.$$

Именно относительная погрешность используется для характеристики точности измерения.

По своему характеру (закономерностям проявления) погрешности измерения подразделяются на систематические, случайные и грубые (промахи).

1.7.2. Систематические погрешности

К систематическим погрешностям относят погрешности, которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по какому-либо закону. Систематические погрешности при измерении одним и тем же методом и одними и теми же средствами измерений всегда имеют постоянные значения.

К причинам, вызывающим их появление, относят:

- погрешности метода (теоретические погрешности);
- инструментальные погрешности;
- погрешности, зависящие от оператора;
- погрешности, вызванные воздействием окружающей среды и условий измерений.

Погрешности метода возникают из-за ошибок или недостаточной разработанности теории метода измерений. Сюда же можно отнести неправомерную экстраполяцию свойства, полученного в результате единичного измерения, на весь измеряемый объект. Например, принимая решение о годности вала по единичному измерению, можно допустить ошибку, поскольку не учитываются такие погрешности формы, как отклонения от цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения. Поэтому для исключения такого рода систематических погрешностей в методике обычно рекомендуется проведение измерений в нескольких местах деталей и взаимно-перпендикулярных направлениях.

К погрешностям метода относят также влияние инструмента на свойства объекта (например, значительное измерительное усилие, изменяющее форму тонкостенной детали).

Инструментальные погрешности связаны с погрешностями средств измерений, вызванными погрешностями изготовления, сборки или износа, старения составных частей средства измерений.

К погрешностям, зависящим от оператора, относят погрешности, вызванные, например, запаздыванием или опережением при регистрации сигнала, неправильным отсчетом десятых долей деления шкалы или постоянным чрезмерно грубым

округлением результата измерений, параллаксом при отсчете по шкале.

К погрешностям, вызванным воздействием окружающей среды и условий измерений, относят неправильную установку и взаимное расположение средств измерений, являющихся частью единого комплекса, несогласованность их характеристик; нестабильность источников питания; влияние внешних температурных, гравитационных радиационных и других внешних полей. Сюда также можно отнести нежесткость поверхности, на которую установлено средство измерений, и др.

Результаты измерений, содержащие систематическую погрешность, называются **неисправленными**. Систематические погрешности приводят к искажению результатов измерений, поэтому при измерениях стремятся исключить или учесть влияние систематических погрешностей, но прежде их надо обнаружить. Систематические погрешности обнаруживают путем сравнения результатов измерений с другими, полученными с использованием более точных методов и средств измерений. Одним из методов обнаружения систематической погрешности может быть замена средства измерений на аналогичное в случае, если оно предположительно является источником систематической погрешности. Подобным образом можно обнаружить систематическую погрешность, вызванную внешними условиями: например замена поверхности, на которую установлено средство измерений, на более жесткую.

Для исключения систематической погрешности в производственных условиях проводят поверку средств измерений, устраняют причины, которые вызваны воздействием окружающей среды, а сами измерения проводят в строгом соответствии с рекомендуемой методикой, принимая в необходимых случаях меры по ее совершенствованию; вводят известные поправки в результат измерений, которые указываются в нормативно-технической документации на средство измерений.

Поправка – значение величины, вводимое в неисправленный результат измерения с целью исключения составляющих систематической погрешности.

Поправка на систематическую погрешность, вводимая в результат измерений, равна ей по абсолютному значению и противоположна по знаку.

Результат измерения, в который внесены поправки на систематическую погрешность, называют ***исправленным результатом измерений***.

Пример 5. При взвешивании массы груза весы показывают 50,7 кг. Систематическая погрешность градуировки весов $\Delta_s = + 0,3$ кг. Указать исправленный результат измерений.

Решение. Исправленный результат измерений:

$$50,7 \text{ кг} + (- 0,3 \text{ кг}) = 50,4 \text{ кг}.$$

Полностью систематическую погрешность исключить практически невозможно. Всегда при измерении остается некая малая величина, называемая неисключенной систематической погрешностью. Но надо иметь в виду, что невыявленная систематическая погрешность опаснее случайной: если случайная погрешность вызывает разброс результатов измерений, то систематическая – устойчиво их искажает (смещает) относительно истинного значения.

1.7.3. Случайные погрешности

Случайные погрешности — это погрешности, принимающие при повторных измерениях различные, независимые по знаку и величине значения. Причин, вызывающих случайные погрешности измерений, может быть много, например перекосы элементов приборов в их направляющих, нерегулярные изменения моментов трения в опорах, изменение внимания оператора, округления показаний средства измерений, колебания температуры окружающей среды, влажности и др.

Случайная погрешность не может быть исключена из результата измерения в отличие от систематической погрешности, но ее

влияние можно уменьшить с помощью многократного измерения искомой величины с последующим определением характеристик случайной погрешности методами теории вероятности и математической статистики.

РМГ 29-99 различает:

однократное измерение – измерение, выполненное один раз;

многократное измерение – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т. е. состоящее из ряда однократных (единичных) измерений.

Несовпадение результатов измерений одной и той же величины в ряду равноточных измерений, как правило, обусловлено наличием случайных погрешностей. Оценками рассеяния результатов в ряду равноточных измерений по РМГ 29-99 могут быть размах, средняя арифметическая погрешность (по модулю), средняя квадратическая погрешность (стандартное отклонение или что одно и то же среднее квадратическое отклонение СКО) и доверительные границы погрешности.

Размах результатов измерений – оценка R_n рассеяния измерений, образующих ряд (или выборку из n измерений), вычисляемая по формуле

$$R_n = X_{\max} - X_{\min},$$

где $X_{\max}$ и $X_{\min}$ – наибольшее и наименьшее значение физической величины в данном ряду измерений.

Разброс полученных результатов единичных измерений в ряду равноточных измерений одной и той величины относительно математического ожидания (среднего арифметического значения) из-за наличия случайных погрешностей хорошо оценивается по РМГ 29-99 средней квадратической погрешностью (или что одно и то же широко распространенный термин на практике среднее квадратическое отклонение), которую вычисляют по формуле

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (1.4)$$

где X_i — результат i -го единичного измерения;

$\bar{X}$ — среднеарифметическое значение (формула 1.3) измеряемой величины из единичных результатов измерений.

Если повторить серию измерений той же физической величины, то получится новое значение среднего арифметического $\bar{X}$. Повторив многократно серии измерений и вычисляя каждый раз их среднее арифметическое значение, принимаемое за результат измерений, можно убедиться в рассеивании средних арифметических значений. Для оценки рассеяния средних арифметических значений каждого ряда измерений одной и той же физической величины используют СКП (СКО) среднего арифметического $S_{\bar{X}}$:

$$S_{\bar{X}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (1.5)$$

где S_x — средняя квадратическая погрешность (СКП) результатов единичных измерений в ряду равноточных измерений; n — число единичных измерений в самом ряду.

Из формулы (1.5) следует, что погрешность среднего арифметического значения $S_{\bar{X}}$ из ряда измерений всегда меньше, чем погрешность каждого единичного измерения. Если необходимо повысить точность результата (при исключенной систематической погрешности) в 2 раза, то число единичных измерений нужно увеличить в 4 раза; если нужно повысить точность результата в 3 раза, то число единичных измерений нужно увеличить в 9 раз и т.д.

1.7.4. Грубые погрешности (промахи)

Грубой погрешностью измерения (промахом) называется погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд

измерений, которая для данных условий существенно отличается от остальных результатов этого ряда измерений (РМГ29-99). Наиболее часто они допускаются неквалифицированным персоналом при неправильном обращении со средством измерения, неверным отсчетом показаний, ошибками при записи. Иногда они могут возникать при изменении условий измерений (например, внезапное изменение напряжения питающей сети или неучтенное изменение окружающей температуры при длительном измерительном эксперименте).

Если в процессе измерений удастся найти причины, вызывающие грубые погрешности, и после устранения этих причин повторные измерения не подтверждают наличие этих погрешностей, то такие измерения могут быть исключены из рассмотрения. Но необдуманное отбрасывание резко отличающихся от других результатов измерений может привести к существенному искажению характеристик измерений. Кроме того, в ряде случаев при обработке результатов измерений учет всех обстоятельств, при которых они были получены, не представляется возможным. В таком случае при оценке грубых погрешностей приходится прибегать к обычным методам проверки статистических гипотез.

Проверяемая гипотеза состоит в утверждении, что результат единичного измерения X_i не содержит грубой погрешности, а является одним из значений случайной величины. Обычно проверяют наибольшее X_{max} и наименьшее X_{min} значения результатов измерений.

Для проверки гипотез используются следующие критерии.

1. Если число единичных измерений $n \leq 10$, то может быть использован *критерий Шовене* [20]. Результат единичного измерения X_i содержит грубую погрешность, если разность $|\bar{X} - X_i|$ превышает соответствующие значения S_x , определяемые в зависимости от числа измерений:

$$|\bar{X} - X_i| > \begin{cases} 1,6S_x \text{ при } n = 3 \\ 1,7S_x \text{ при } n = 6 \\ 1,9S_x \text{ при } n = 8 \\ 2,0S_x \text{ при } n = 10, \end{cases}$$

где S_x — СКП, полученная по формуле (1.4).

2. Критерий Романовского, используемый при числе единичных измерений $10 < n < 20$. При этом вычисляют отношение

$$\left| \frac{\bar{X} - X_i}{S_x} \right| = \beta$$

и полученное значение β сравнивают с теоретическим β_T при выбранном уровне значимости q (табл. 9). Если $\beta \geq \beta_T$, то результат единичного измерения X_i содержит грубую погрешность и должен быть исключен из числа единичных измерений.

Таблица 9

Таблица значений $\beta_T = f(n)$

Уровень значимости q	Число единичных измерений, n						
	4	6	8	10	12	15	20
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Уровень значимости — это вероятность отвергнуть верную гипотезу при статистической проверке гипотезы. Обычно при обработке результатов измерений ее значение принимают в пределах 0,05... 0,1.

3. Критерий 3σ — наиболее распространенный. Он используется, когда количество единичных измерений $20 < n \leq 50$. Сущность правила трех сигм состоит в том, что если случайные величины распределены нормально, то абсолютные величины их отклонения от математического ожидания не превосходят утроенного среднего квадратического отклонения. Сомнительный результат X_i должен быть исключен из единичных измерений, если

$$|\bar{X} - X_i| > 3\sigma_x.$$

Пример 6. При измерении отверстия $\varnothing 20H13(^{+0,33})$ получены следующие результаты:

$\varnothing 20,32$; $\varnothing 20,18$; $\varnothing 20,26$; $\varnothing 20,21$; $\varnothing 20,28$; $\varnothing 20,42$ мм.

Необходимо проверить, содержит ли размер $\varnothing 20,42$ мм грубую погрешность.

Решение. Поскольку $n = 6$, применяется критерий Шовине:

- по формуле(1.3)находят среднее арифметическое значение

$$\bar{X} = \frac{20,32 + 20,18 + 20,26 + 20,21 + 20,28 + 20,42}{6} = 20,28;$$

- по формуле(1.4) находят среднююквадратическую погрешность

$$S_x = \sqrt{\frac{0,04^2 + (-0,1)^2 + (-0,02)^2 + (-0,07)^2 + 0,14^2}{6-1}} = 0,14;$$

$$|\bar{X} - X_i| = |20,28 - 20,42| = 0,14 < 1,7 S_x, \text{ где } 1,7 S_x = 1,7 \cdot 0,14 = 0,238.$$

Это означает, что результат единичного измерения $\varnothing 20,42$ мм не содержит грубой погрешности, так как полученная разность $|\bar{X} - X_i| = 0,14$ меньше, чем $1,7 S_x = 0,238$, но деталь следует забраковать, потому что действительный размер $\varnothing 20,42$ мм больше, чем заданный наибольший предельный размер $\varnothing 20,33$ мм.

Пример 7. При контроле размера вала $\varnothing 40h11(^{-0,25})$ штангенциркулем получен ряд однократных измерений:

39,72; 39,75; 39,76; 39,80; 39,81; 39,82; 39,82; 39,83; 39,85; 39,87; 39,88; 39,88; 39,90; 39,91; 39,92; 39,92; 39,93; 39,94; 39,96; 39,98; 39,99 мм.

Поскольку размер 39,72 меньше наименьшего предельного размера и деталь может быть забракована, нужно определить, не содержит ли этот размер грубую погрешность.

Решение. Число единичных измерений превышает 20, поэтому можно воспользоваться критерием 3σ . После обработки результатов измерений получаем:

$$\bar{X} = 39,91, \quad S_x = 0,12, \quad \text{тогда } 3S_x = 3 \cdot 0,12 = 0,36 \quad \text{и}$$

$$|\bar{X} - X_i| = |39,91 - 39,72| = 0,19, \quad \text{что меньше } 0,36.$$

Следовательно, результат 39,72 мм не содержит грубую погрешности деталь должна быть забракована, так как ее

действительный размер 39,72 мм меньше заданного наименьшего предельного размера 39,75 мм.

1.7.5. Точечные и интервальные оценки истинного значения измеряемой величины

Точечная оценка. Поскольку в результате проведения измерений невозможно определить истинное значение измеряемой величины, то можно лишь с большей или меньшей уверенностью оценить это значение, рассматривая его условно как параметр некоторой функции распределения случайной величины.

В реальных условиях оценка истинного значения измеряемой физической величины проводится по данным выборки – ряда значений, принимаемых случайной величиной в процессе независимых измерений. Основными параметрами функции распределения случайной величины X являются математическое ожидание $M[X]$ и дисперсия $D[X]$ или часто используемое вместо дисперсии среднеквадратическое отклонение σ_x .

Точечными оценками этих параметров называются оценки, выраженные одним числом.

Точечной оценкой математического ожидания результатов измерений является среднее арифметическое значение измеряемой величины после исключения постоянных систематических погрешностей

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где n – число единичных измерений;

X_i – результат i -го единичного измерения.

Точечной оценкой дисперсии $D[X]$ является статистическая дисперсия S_x^2 , характеризующая разброс значений единичных измерений относительно среднего арифметического значения $\bar{X}$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2.$$

Точечная оценка среднего квадратического отклонения результатов измерений определяется по формуле

$$S_x = \sqrt{S_x^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}.$$

Точечные оценки являются случайными величинами, значения которых зависят от объема выборки n . Чем больше выборка n и точнее определена функция распределения значений измеряемой физической величины, тем точнее с помощью среднего арифметического значения $\bar{X}$ оценивается истинное значение измеряемой физической величины, а с помощью статистической дисперсии S_x^2 или среднего квадратического отклонения S_x - разброс результатов измерений.

К точечным оценкам предъявляются требования состоятельности, несмещенности и эффективности.

Оценка называется **состоятельной**, если при увеличении числа измерений она приближается (сходится по вероятности) к значению оцениваемой величины, $\bar{X} \rightarrow X$ при $n \rightarrow \infty$.

Оценка называется **несмещенной**, если ее математическое ожидание равно оцениваемой величине, т. е. $\bar{X} = X$.

Оценка называется **эффективной**, когда ее дисперсия является наименьшей, $S_x^2 = \min$.

Из теории вероятностей известно, что среднее арифметическое значение измерений является несмещенной оценкой истинного значения, а СКО среднего арифметического значения - S_x является состоятельной и эффективной и определяется по формуле (1.5).

В этом случае точечная оценка результата измерения должна быть представлена в виде:

$$\bar{X} = \dots; S_{\bar{X}} = \dots; n = \dots,$$

что позволяет сделать определенные, хотя и достаточно приближенные выводы о точности проведенных измерений.

Пример 8. При измерении размера вала $\varnothing_{55u8}^{+0,133}_{-0,087}$ получены следующие результаты единичных измерений, мм:

$X_1 = 55,01$; $X_2 = 55,13$; $X_3 = 55,12$; $X_4 = 55,12$; $X_5 = 55,12$.

Провести точную оценку результата измерений.

Решение.

$$\bar{X} = \frac{55,01 + 55,13 + 55,12 + 55,12 + 55,12}{5} = 55,12 \text{ мм};$$

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{(55,12 - 55,01)^2 + (55,12 - 55,13)^2 + (55,12 - 55,12)^2 \cdot 3}{5(5-1)}} = 0,02 \text{ мм}.$$

Точечная оценка результата измерений:

$$\bar{X} = 55,12 \text{ мм}; S_{\bar{X}} = 0,02 \text{ мм}; n = 5.$$

Интервальные оценки результатов измерений. В задачах, где требуется оценить достоверность результатов измерений, знание точечных оценок недостаточно. Формулы (1.4), (1.5) определяют статистические оценки размеров, т.е. приближенные значения их истинных величин, имеющих место в действительности. Степень приближения истинных величин, или точность каждой из оценок, определяется половиной ширины построенного для нее доверительного интервала.

Доверительным интервалом величины X генеральной совокупности, т.е. совокупности всех возможных значений погрешности, называется интервал вида

$$\left(\bar{X} - t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}} \right)$$

где $\bar{X}$ — среднее арифметическое значение параметра X , определяемое по формуле (1.3);

$t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}}$ — доверительная граница случайной погрешности результата измерений;

S_x — СКО, определяемое по формуле (1.4); n — число измерений;

t_p — коэффициент, определяемый из таблиц распределения Стьюдента; при $n \leq 30$ при заданной доверительной вероятности P (приложение 1) и $k = n - 1$, называемым числом степеней свободы.

Результат измерений в этом случае записывают в виде:

$$\bar{X} - t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}} \leq \bar{X} \leq \bar{X} + t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

при доверительной вероятности P .

Значения доверительных интервалов (приложение 1) увеличиваются с увеличением доверительной вероятности P и уменьшаются с увеличением количества измерений.

Пример 9. В результате измерений вала, выполненного по $\varnothing 50h10/k9$, получены следующие результаты единичных измерений: 49,72; 49,74; 49,79; 49,80; 49,82. Распределение результатов единичных измерений принимаем нормальным. Определить доверительный интервал погрешности результата измерений с доверительной вероятностью $P = 0,95$.

Решение.

$$\bar{X} = \frac{49,72 + 49,74 + 49,79 + 49,80 + 49,82}{5} = 49,78;$$

$$S_x = \sqrt{\frac{(-0,06)^2 + (-0,04)^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,04^2}{5 - 1}} = 0,04.$$

Граница доверительного интервала

$$\varepsilon = t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}} = 2,776 \frac{0,04}{\sqrt{5}} = 0,05,$$

где $t_p = 2,776$ — из приложения 1 (при $k = 4$, $P = 0,95$).

Результат измерений записывают в виде:

$$\bar{X} \pm \varepsilon = (49,78 \pm 0,05) \text{ мм при } n = 5; P = 0,95.$$

Это означает, что истинное значение измеряемого размера с вероятностью 0,95 находится в пределах от 49,73 до 49,83 мм при заданном числе единичных измерений.

1.7.6. Проверка распределения случайных величин на соответствии нормальному закону

При статистической обработке результатов измерений особую роль играет проверка соответствия распределения случайных величин нормальному закону, которому чаще всего подчиняются результаты большинства измерений. Это необходимо для обоснованного выбора доверительных границ результатов измерений и оценки точности измерений [4]. Для проверки гипотезы принадлежности результатов единичных измерений одной и той же физической величины нормальному распределению при $n \geq 50$ используют наиболее распространенный в практике критерий согласия Пирсона (χ^2).

Суть использования критерия согласия Пирсона (χ^2) состоит в сравнении гистограммы экспериментальных данных с теоретической кривой распределения (в данном случае нормального), которая, выражая все существенные черты статистического распределения, сглаживала бы все случайности, связанные с недостаточным объемом экспериментальных данных.

На основе отклонений статистического распределения от теоретического, используя критерий согласия Пирсона (χ^2), делают вывод о соответствии между теоретическим и статистическим распределениями.

Обычно принимается следующий порядок решения задачи [4].

1. Выполнено n последовательных единичных измерений одной и той же физической величины и получен ряд результатов этих измерений $X_1, X_2, \dots, X_n$. Результаты измерений для удобства представляют в виде *вариационного ряда* - последовательности измеренных значений величины, расположенных в порядке возрастания от наименьшего до наибольшего.

Диапазон полученных единичных результатов измерений делят на интервалов (разрядов) шириной $\Delta X_i (i = 1, 2, \dots, r)$.

Число интервалов r можно определить по формуле $r = 3 \lg n + 1$,

где n - число единичных измерений [23]. Согласно рекомендациям ВНИИМ [4] число интервалов r в зависимости от числа единичных

измерений n также можно выбирать: при $n = 40 \dots 100$ $r = 7 \dots 9$, при $n = 100 \dots 500$ $r = 8 \dots 12$, при $n = 500 \dots 1000$ $r = 10 \dots 16$.

2. Для каждого интервала подсчитывают частоты m_i , равные количеству результатов, лежащих в каждом i -м интервале.

3. Определяют частоту P_i^* появления единичных результатов измерений в каждом интервале:

$$P_i^* = m_i / n,$$

где n – общее количество единичных измерений, индекс «*» означает статистическую оценку. Определение частот по интервалам образует статистическое распределение результатов единичных измерений.

4. Находят оценку средней плотности p_i^* распределения результата X_i в каждом интервале ΔX_i :

$$p_i^* = \frac{P_i^*}{\Delta X_i} = \frac{m_i}{n \cdot \Delta X_i}.$$

5. Строят гистограмму распределения величины X_i , откладывая по оси абсцисс результаты измерений в виде интервалов ΔX_i в порядке возрастания индекса i , а по оси ординат – оценку средней плотности распределения p_i^* , получая тем самым прямоугольник с высотой p_i^* .

Площадь всех построенных прямоугольников равна единице, поскольку в нее входят все 100 % результатов единичных измерений:

$$\sum_{i=1}^r p_i^* \Delta X_i = \sum_{i=1}^r \frac{m_i}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r m_i = 1.$$

При построении гистограммы число интервалов выбирают в зависимости от числа единичных измерений согласно рекомендациям в п.1, а масштабы по осям гистограммы рекомендуется принимать такими, чтобы отношение ее высоты к основанию составляло 5:8[4].

6. Соединяя середины отрезков, получают полигон распределения. Характер ломаной линии позволяет делать предположение о виде

распределения, что дает возможность с большей долей вероятности подобрать соответствующую кривую распределения.

В частности, если СКО и математическое ожидание полигона распределения близки к значениям СКО и математическому ожиданию кривой нормального распределения, то этот вид распределения можно положить в основу гипотезы о правомерности такого предположения.

Поскольку предположение основано на результатах экспериментальных данных (ряда результатов единичных измерений), то оно должно быть подтверждено обычными методами математической статистики по критерию согласия Пирсона (χ^2).

При этом возможны два вида ошибок: *ошибка первого рода*, состоящая в том, что в силу случайного характера результатов измерений отвергают верную гипотезу. Вероятность ошибки первого рода принято называть уровнем значимости $q = 1 - \alpha$, где α – уровень доверительной вероятности, и выбирают в пределах 0,05... 0,10.

Принимая неверную гипотезу, совершают *ошибку второго рода*, значение которой колеблется в пределах 0,95...0,9 соответственно и физический смысл которой состоит в том, что принимают ошибочное решение о несоответствии распределения случайной величины X_i правильно выбранному теоретическому распределению.

Пример 10. При измерении диаметра вала $\varnothing 9_{-0,090}^{-0,070}$ было сделано 100 единичных измерений, причем все они оказались лежащими в диапазоне 8,911 — 8,927, т.е. зона разброса размера составляет 8,911 — 8,927 = 0,016 мм. В этом случае весь диапазон целесообразно распределить на 8 интервалов равной длины через 0,002 мм [4].

Значения величин, полученных при вычислениях, представлены в табл. 10.

Таблица 10

Результаты расчетов

№ интервала	X_i , мм	X_{i+1} , мм	Частоты m_i	Частоты P_i^*	p_i^* , мм ⁻¹
1	8,911	8,913	1	0,01	5
2	8,913	8,915	5	0,05	25
3	8,915	8,917	14	0,14	70
4	8,917	8,919	27	0,27	135
5	8,919	8,921	24	0,24	120
6	8,921	8,923	18	0,18	90
7	8,923	8,925	9	0,09	45
8	8,925	8,927	2	0,02	10

По результатам расчетов строят гистограмму и полигон распределения (рис. 9) .

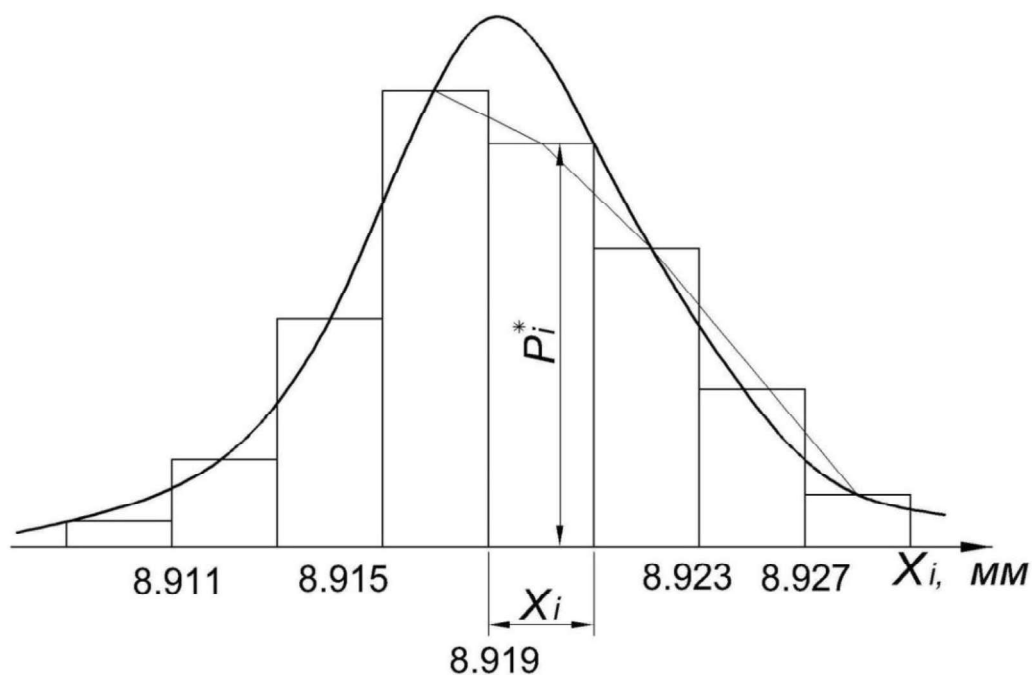


Рис.9. Полигон и гистограмма результатов измерений

Характер распределения позволяет высказать предположение о нормальном законе распределения, однако эта гипотеза должна быть проверена по критерию согласия Пирсона (χ^2).

С этой целью:

- проводят группировку данных результатов единичных измерений аналогично ранее описанному принципу. Если в интервале оказывается менее 5 измерений, его объединяют с соседним;

- определяют среднее арифметическое значение $\bar{X}$ и точечную оценку $SKOS_x$, которые принимают за параметры теоретического нормального распределения с плотностью вероятности $p_x(X)$;
- находят вероятности попадания в каждый интервал результатов измерений приближенно как произведение плотности теоретического распределения в середине интервала на его длину по формуле:

$$P_i \approx p_x \cdot \left(\frac{X_i + X_{i+1}}{2} \right) \cdot \Delta X_i,$$

где x_i и x_{i+1} – результаты измерений в i -м и $(i+1)$ -м интервалах;

- вычисляют величины $\chi_i^2 = (m_i - nP_i)^2 / nP_i$ для каждого интервала ($i = 1, 2, \dots, r$) и суммируют их по всем интервалам, в результате чего получают меру расхождения χ_k^2 ;
- определяют число степеней свободы $k = r - s$ (где r – число интервалов, s – число независимых связей, наложенных на частоты P_i^*).

Если проверяется гипотеза о нормальном распределении, то к числу этих связей относится равенство среднего арифметического и точечной оценки дисперсии соответственно математическому ожиданию и дисперсии предполагаемого нормального распределения. Кроме того всегда требуется, чтобы сумма частот повсеместно интервалам была равна единице, поэтому $s = 3$;

- находят значения $\chi_{k; \frac{q}{2}}^2$ и $\chi_{k; 1 - \frac{q}{2}}^2$ по таблицам интегральной функции распределения χ^2 (приложение 3), задаваясь уровнем значимости $q = 1 - \alpha$.

Если $\chi_{k; \frac{q}{2}}^2 < \chi_k^2 \leq \chi_{k; 1 - \frac{q}{2}}^2$, то распределение единичных

результатов измерений считают нормальным.

Пример 11. Проверить на соответствие нормальному закону полученное распределение единичных результатов измерений диаметра вала $\varnothing_{-0,090}^{-0,070}$ и представленного гистограммой (рис.9) и

расчетами (табл. 10) в примере 10. Статистические характеристики измерений: $\bar{X} = 8,91936$ мм и $S_x = 0,0028$ мм.

Вычисления сводятся в табл. 11.

Таблица 11

Проверка статистического распределения результатов единичных измерений на соответствие нормальному распределению по критерию согласия Пирсона (χ^2)

№ интервала	Середина интервала X_i	Частота m_i	Отклонение от среднего $X_i - \bar{X}$	Нормированное отклонение от среднего арифметического $t_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S_x}$	Плотность нормированного распределения $\rho(t_i)$	Плотность в серединах интервалов $\rho(X_i) = \rho(t_i) / S_x$	Теоретическая частота $nP_i = n \Delta X p(X_i)$	Отклонение $\chi_i^2 = (m_i - nP_i)^2 / nP_i$
1	8,912	1	-0,00736	-2,630	0,0126	4,5	1,16	
2	,914	5	-0,00536	-1,920	0,0632	22,6	4,52	0,0180
3	8,916	14	-0,00336	-1,200	0,1942	69,5	13,9	0,0007
4	8,918	27	-0,00136	-0,485	0,3546	126,7	25,34	0,1087
5	8,920	24	-0,00064	+0,229	0,3885	138,8	27,76	0,5092
6	8,922	18	+0,00264	+0,943	0,2558	91,3	18,26	0,0037
7	8,924	9	+0,00464	+1,66	0,1006	36	7,2	
8	8,926	2	+0,00664	+2,37	0,0241	8,6	1,72	0,4850

Итого: $\chi_3^2 = 1,1253$

Интервал составляет 0,002 мм; плотности нормированного нормального распределения $p(t_i)$ взяты из таблицы дифференциальной функции нормированного нормального распределения (приложение 2).

Число степеней свободы $k = 8 - 2 - 3 = 3$, поскольку два первых и два последних интервала объединены в один (в первом и последнем интервалах частоты измерений $m_i < 5$, поэтому количество интервалов сократилось на 2), число независимых связей, наложенных на частоты P_i^* , равно 3.

Задавая уровень значимости $q = 0,10$, находим по таблице интегральной функции χ^2 (приложение 3)

$$\chi^2_{3;0,05} = 0,352; \chi^2_{3;0,95} = 7,815.$$

Поскольку соблюдается соотношение $0,352 < 1,1252 < 7,815$, то статистическое распределение можно считать нормальным.

1.7.7. Неисключенная систематическая погрешность

Неисключенная систематическая погрешность (НСП) – составляющая погрешности результата измерений, обусловленная погрешностями метода выполнения измерений, вычисления и введения поправок на влияние систематических погрешностей или систематической погрешности, поправка на действие которой не введена вследствие ее малости, и другими источниками [24, 27].

НСП характеризуется ее границами.

При числе N неисключенных систематических погрешностей $N \leq 3$ границы Θ определяют по формуле

$$\Theta = \pm \sum_{i=1}^N |\Theta_i|, \text{ где } \Theta_i \text{ – граница } i\text{-й составляющей НСП.}$$

При числе неисключенных систематических погрешностей $N \geq 4$, при отсутствии данных о виде распределения НСП, которые рассматривают как случайные величины, их распределение принимают равномерным. Вычисления границ НСП проводят по формуле

$$\Theta = \pm K \sqrt{\sum_{i=1}^N \Theta_i^2},$$

где K – коэффициент, определяемый выбранной доверительной вероятностью P (при $P = 0,95$ $K = 1,1$; при $P = 0,99$ $K = 1,4$).

1.7.8. Обработка результатов прямых равноточных измерений

При статистической обработке ряда результатов единичных измерений одной и той же физической величины используется стандартная методика, которая регламентируется ГОСТ 8.207-76 «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения».

По РМГ 29-99 наблюдение при измерении – операции, проводимые при измерении и имеющие своей целью своевременно

и правильно произвести отсчет. Для упорядочивания метрологических терминов по РМГ 29-99 (п.п. 9.12 - 9.16) введено понятие "единичный результат измерения, результат единичного измерения".

Методика обработки результатов прямых единичных измерений в ряду равноточных измерений одной и той же величины практически такая же, как и в ГОСТ 8.207 – 76, которая устанавливает следующие операции:

1. Исключение из результатов единичных измерений известных систематических погрешностей.

2. Вычисление среднего арифметического значения $\bar{x}$ исправленных результатов n единичных измерений.

3. Вычисление средней квадратической погрешности единичных измерений в ряду измерений S_x .

4. Исключение грубых погрешностей измерений (промахов).

5. Вычисление средней квадратической погрешности результата измерений среднего арифметического $S_{\bar{x}}$.

6. Проверка гипотезы о принадлежности результатов измерений нормальному распределению..

7. Вычисление доверительных границ случайной погрешности результата измерений $\pm \varepsilon_{\beta}$.

8. Вычисление доверительных границ неисклученной систематической погрешности результата измерений $\pm \theta$.

9. Вычисление доверительных границ погрешности результата измерений $\pm \Delta$.

10. Представление результата измерений в соответствии с установленными требованиями.

1.7.9.Однократные прямые измерения

В производственных условиях технические измерения в основном являются однократными. При таких измерениях заранее известно, что при известной точности средства измерений и условиях измерения погрешность не будет больше определенного значения с заданной вероятностью P .

Однократные измерения возможны [21], когда:

- объем априорной информации об объекте измерений такой, что его однократные измерения не вызывают сомнений;
- погрешности метода измерений либо заранее устранены, либо оценены;
- метрологические характеристики средств измерений соответствуют установленным нормам.

Если методическая и субъективная погрешности, которые могут возникать при измерении физической величины, не превышают 15% погрешности используемого средства измерений, то за погрешность измерений принимают непосредственно погрешность самого средства измерений.

При однократных измерениях отделить случайную погрешность от систематической невозможно и, чтобы избежать грубой погрешности, измеряют физическую величину 2-3 раза и за результат измерений принимают среднее арифметическое (статистической обработке эти измерения не подвергаются).

При нормальных условиях измерений погрешность результата прямого однократного измерения равна пределу допускаемой основной абсолютной погрешности Δ средства измерений, определяемой по нормативно-технической документации.

Результат измерения представляют в виде $X_{cp} \pm \Delta$, P , где X_{cp} - результат измерения ФВ, полученный средством измерений (среднее арифметическое значение из 2-3 единичных измерений); P - доверительная вероятность, как правило, $P = 0,95$.

Пример 12. При нормальных условиях измерений вал $\varnothing 50^{+0,032}_{-0,071}$ был измерен гладким микрометром, у которого предел допускаемой основной абсолютной погрешности $\Delta_{lim} = \pm 0,01$ мм.

Получены следующие результаты измерений:

$X_1 = 49,94$ мм; $X_2 = 49,93$ мм; $X_3 = 49,95$ мм.

Записать результат измерений.

Решение. Среднее арифметическое значение измеренного диаметра вала $X_{cp} = 49,94$ мм.

Результат измерения диаметра вала: $49,94 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$, $P = 0,95$.

1.7.10. Обработка результатов неравноточных рядов измерений

Неравноточные измерения – измерения какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях. При неравноточных измерениях средние арифметические значения в рядах независимых равноточных измерений являются оценками одного и того же значения измеряемой величины, а оценки дисперсий существенно отличаются друг от друга. Задача обработки результатов рядов неравноточных измерений в общем случае заключается в нахождении наиболее достоверного значения измеряемой величины и оценки воспроизводимости измерений.

Пусть при измерении постоянной физической величины Q получены рядов равноточных измерений и в каждом из них определены:

- средние арифметические значения $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_k$;
- оценки средних квадратических погрешностей результатов измерений в каждом из рядов $S_1, S_2, \dots, S_k$.

Для неравноточных измерений нельзя просто вычислять среднее арифметическое значение как при равноточных измерениях, поскольку это приводило бы к увеличению погрешности за счет измерений, выполненных с недостаточной точностью и тщательностью [4, 21, 23].

При вычислении среднего арифметического неравноточных измерений одной и той же физической величины вводится понятие “веса” измерений, т.е. положительного числа, определяющего степень доверия к результатам измерений каждого из рядов.

Обычно “веса” устанавливаются обратно пропорционально квадратам средних квадратических погрешностей результатов измерений в соответствующем ряду

$$\rho_1 = \frac{C}{S_1^2}, \dots, \rho_i = \frac{C}{S_i^2}, \dots, \rho_k = \frac{C}{S_k^2},$$

где C – коэффициент пропорциональности, любое не равное нулю число, одинаковое для всех k рядов. Для обеспечения

безразмерности “веса” ρ коэффициент Симеет размерность оценки дисперсии.

Выбирают приближенное значение $\bar{X}_0$ искомой величины Q .

Вычисляют разности между средними арифметическими значениями рядов равноточных измерений и выбранным из них $\bar{X}_0$ по формулам:

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_0 = q_1, \dots, \bar{X}_i - \bar{X}_0 = q_i, \dots, \bar{X}_k - \bar{X}_0 = q_k.$$

Значение $\bar{X}_0$ выбирают таким, чтобы полученные разности были положительными, или в качестве $\bar{X}_0$ принимают меньшее значение из $\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_i, \dots, \bar{X}_k$ результатов измерений. Тогда одна из разностей будет равна нулю [28].

Определяют среднее взвешенное значение $\bar{X}_e$ результата измерения по формуле

$$\bar{X}_e = \bar{X}_0 + \frac{\sum_{i=1}^k \rho_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^k \rho_i}.$$

Вычисляют оценку средней квадратической погрешности среднего взвешенного значения результата измерения

$$S_{\bar{X}_e} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \rho_i (\bar{X}_i - \bar{X}_e)^2}{\sum_{i=1}^k \rho_i (k-1)}},$$

где k – число неравноточных рядов измерений.

Доверительные границы $\varepsilon(\bar{X}_e)$ без учета знака случайной погрешности результата измерений искомой величины находят по формуле $\varepsilon(\bar{X}_e) = t_p \cdot S_{\bar{X}_e}$, где t_p – значение коэффициента Стьюдента, который выбирают в зависимости от принятой доверительной вероятности P и числа k неравноточных рядов измерений (приложение 1).

Результат измерения величины Q записывают в виде

$$Q = \bar{X}_e \pm \varepsilon(\bar{X}_e), P.$$

Пример 13. Тремя операторами независимо друг от друга были проведены по шесть измерений одного и того же вала диаметром $\varnothing 25 \pm 0,020 / 0,072$ средствами измерений различной точности, в результате чего были получены три неравноточных ряда измерений, т.е. $k=3$. Исправленные результаты измерений: микрометром гладким, первым оператором -

$$\bar{X}_1 = 24,97 \text{ мм}, S_1 = 0,003 \text{ мм};$$

микрометром рычажным, вторым оператором -

$$\bar{X}_2 = 24,95 \text{ мм}, S_2 = 0,005 \text{ мм};$$

вертикальным оптиметром, третьим оператором -

$$\bar{X}_3 = 24,932 \text{ мм}, S_3 = 0,002 \text{ мм}.$$

Неучтенные систематические погрешности отсутствуют.

Оценить результат неравноточных измерений.

Для решения данного примера используются методические рекомендации «Р 50.1.025-2000. Рекомендации по стандартизации. Энергосбережение. Методы оценки точности и воспроизводимости результатов испытаний по оценке показателей энергетической эффективности.» [28].

Решение.

Определяют весовые значения соответствующих рядов измерений, принимая коэффициент C равным 1:

$$\rho_i = \frac{C}{S_i^2}; \rho_1 = \frac{1}{S_1^2} = \frac{1}{9} = 0,111; \rho_2 = \frac{1}{S_2^2} = \frac{1}{25} = 0,04; \rho_3 = \frac{1}{S_3^2} = \frac{1}{4} = 0,25.$$

Выбирают приближенное значение $\bar{X}_0$, равное самому меньшему значению $\bar{X}_3 = 24,932$ и вычисляют разности для каждого ряда измерений:

$$q_1 = 24,97 - 24,932 = 0,038;$$

$$q_2 = 24,95 - 24,932 = 0,018;$$

$$q_3 = 24,932 - 24,932 = 0.$$

Рассчитывают среднее взвешенное значение средних арифметических, мм:

$$\bar{X}_e = \bar{X}_0 + \frac{\sum_{i=1}^k \rho_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^k \rho_i} = 24,932 + \frac{0,111 \cdot 0,038 + 0,04 \cdot 0,018 + 0,25 \cdot 0}{0,111 + 0,04 + 0,25} = 24,944,$$

Вычисляют СКП (СКО) результата измерений среднего взвешенного значения, мм:

$$S_{\bar{X}_e} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \rho_i (\bar{X}_i - \bar{X}_e)^2}{\sum_{i=1}^k \rho_i (k-1)}} =$$

$$\sqrt{\frac{0,111 \cdot (24,97 - 24,944)^2 + 0,04 \cdot (24,95 - 24,944)^2 + 0,25 \cdot (24,932 - 24,944)^2}{(0,111 + 0,04 + 0,25) \cdot (3-1)}} = 0,012.$$

Определяют доверительные границы случайной погрешности результата измерений при вероятности $P = 0,95$ ($t_p = 3,182$)

$$\varepsilon(\bar{X}_e) = t_p \cdot S_{\bar{X}_e} = 3,182 \cdot 0,012 = 0,038 \text{ мм.}$$

Результат измерения диаметра вала записывают

$$Q = (24,944 \pm 0,038) \text{ мм при } P = 0,95.$$

1.7.11. Обработка результатов косвенных измерений

Методика обработки результатов косвенных измерений определена в методических рекомендациях МИ 2083-90 «ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей». При проведении косвенных измерений значение искомой величины получают на основании известной зависимости, связывающей ее с другими величинами, определяемыми прямыми измерениями, т.е. косвенные измерения предполагают наличие функциональной связи

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_i),$$

где $X_i (i = 1, \dots, n)$ — аргументы функции Y , подлежащие прямым измерениям.

Каждый из аргументов X_i измеряется с некоторой погрешностью, которая вносит свой вклад в результат косвенного измерения.

Для оценки погрешностей косвенные измерения разделяют на линейные и нелинейные.

В случае линейных косвенных измерений и отсутствии корреляции (взаимной связи) между погрешностями измерений аргументов искомая величина Y связана с измеряемыми аргументами

$$\text{уравнением } Y = \sum_{i=1}^n b_i X_i,$$

где b_i – постоянные коэффициенты при аргументах X_i .

В случае нелинейных косвенных измерений (число аргументов $n < 5$) проводят приближенную оценку погрешности результата косвенных измерений, используя простые правила [22].

• **Правило 1. Погрешности в суммах и разностях.** Если аргументы X_1, X_2 измерены с погрешностями ΔX_1 и ΔX_2 и измеренные значения аргументов используют для вычисления суммы или разности, т.е. $Y = X_1 \pm X_2$, то суммируют без учета знака абсолютные погрешности: $\Delta Y = \Delta X_1 + \Delta X_2$.

• **Правило 2. Погрешности в произведениях и частных.** Если измеренные аргументы X_1, X_2 используют для вычисления $Y = X_1 \cdot X_2$ или $Y = X_1 / X_2$, то суммируют относительные погрешности $\delta Y = \delta X_1 + \delta X_2$, где $\delta X_1 = \Delta X_1 / X_1$ и $\delta X_2 = \Delta X_2 / X_2$.

• **Правило 3. Измеренная величина умножается на константу.** Если измеренный аргумент X используют для вычисления произведения $Y = B \cdot X$, в котором B не имеет погрешности, то $\delta Y = |B| \cdot \delta X$.

• **Правило 4. Возведение в степень.** Если аргумент X используют для вычисления степени $Y = X^m$, то $\delta Y = m \cdot \delta X$.

• **Правило 5. Погрешность в произвольной функции одной переменной.** Если аргумент X используют для вычисления функции $Y(X)$, то $\delta Y = \frac{dY}{dX} \delta X$.

Пример 14. Для определения силы инерции измерялись масса тела $m = (100 \pm 1)$ кг и ускорение $a = (2 \pm 0,05)$ м/с².

Определяющее уравнение силы $F = m \cdot a$. Определить пределы абсолютной погрешности измерения силы инерции.

Решение:

Определяют значение силы по уравнению

$$F = m \cdot a = 100 \cdot 2 = 200,$$

где F – сила инерции, Н; m – масса тела, кг; a – ускорение, м/с².

Используя приведенное выше правило 2, определяют относительную погрешность косвенного измерения силы инерции по формуле

$$\delta F = \delta m + \delta a,$$

где δm – относительная погрешность измерения массы;

$$\delta m = \frac{\Delta_m}{m} \cdot 100\% = \frac{1}{100} \cdot 100\% = 1\%; \Delta_m = 1 \text{ кг}, \quad m = 100 \text{ кг};$$

δa – относительная погрешность измерения ускорения,

$$\delta a = \frac{\Delta_a}{a} \cdot 100\% = \frac{0,05}{2} \cdot 100\% = 2,5\%; \Delta_a = 0,05 \text{ м/с}^2, \quad a = 2 \text{ м/с}^2.$$

Относительная погрешность косвенного измерения силы:

$$\delta F = \delta m + \delta a = 1\% + 2,5\% = 3,5\%.$$

Предел абсолютной погрешности косвенного измерения силы:

$$\delta F = \frac{\Delta_F}{F} \cdot 100\%; \quad \Delta_F = (\delta F \cdot F) / 100 = 3,5 \cdot 200 / 100 = 7 \text{ Н},$$

где $\delta F = 3,5\%$, $F = 200 \text{ Н}$.

Результат измерения силы инерции запишется: $F = (200 \pm 7) \text{ Н}$.

Контрольные вопросы

1. Что называется погрешностью измерений?
2. Что такое систематическая погрешность, как она проявляется и учитывается при измерениях?
3. Что называется случайной погрешностью, как она проявляется и учитывается при измерениях?
4. Что называется грубой погрешностью, каковы причины появления грубых погрешностей и каким образом оценивается наличие грубой погрешности при измерении?
5. Что такое точечная и интервальная оценка результата измерений?
6. Написать алгоритм обработки результатов прямых равноточных многократных измерений.
7. Каким образом осуществляется оценка результата прямого однократного измерения ?

8.В чем особенности обработки результатов неравноточныхрядов измерений?

1.8. Метрологическое обеспечение

Достижение высокого качества продукции и обеспечение точности и взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц невозможно без метрологического обеспечения производства.

Метрологическое обеспечение (МО) – установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения требуемой точности измерения и обеспечения единства измерений (ОЕИ).

Правовую основу ОЕИ составляет Федеральный закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26. 06.2008, № 102 – ФЗ (в ред. Федеральных законов от 18.07.2011, № 242–ФЗ, от 30.11.2011 № 347–ФЗ, от 28.07.2012 № 13–ФЗ).

Целями указанного закона являются:

- установление правовых основ обеспечения единства измерений в РФ;
- защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;
- содействие развитию экономики РФ и научно-техническому прогрессу.

Законодательство РФ об обеспечении единства измерений основывается на **конституции РФ** и включает в себя Федеральный закон об ОЕИ, другие федеральные законы, регулирующие отношения в области ОЕИ, а также принимаемые в соответствии с ними иные нормативные правовые акты РФ.

Федеральный закон (ФЗ) регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений; установлении и соблюдении требований к измерениям, единицам физических величин и их эталонам, стандартным образцам, средствам и методикам (методам) измерений; выполнении работ и оказании услуг по ОЕИ.

Организационную основу ОЕИ составляют:

1. Федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию, оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в области ОЕИ и государственному метрологическому надзору (контролю). Эти функции выполняет Росстандарт.

2. Подведомственные Росстандарту государственные научные метрологические институты, основными из которых являются:

ГП « ВНИИМ им. Д.И. Менделеева », г. Санкт- Петербург (специализация – величины длины и массы, механические величины, теплофизические величины, электрические и магнитные величины, ионизирующие излучения, давление, физико-химический состав и свойства веществ);

ГП «ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений» –ВНИИФТРИ, пос. Менделеево Московской области (специализация - радиотехнические и магнитные величины, время и частота, акустические и гидроакустические величины, низкие температуры, твердость и др.);

ГП «ВНИИ оптико-физических измерений»– ВНИИОФИ, г.Москва (специализация–оптические и оптико-физические величины, акустико-оптическая спектрометрика, измерения в медицине, измерения параметров лазеров);

«Сибирский НИИ метрологии» – СНИИМ, г.Новосибирск (специализация – электрические, магнитные, радиотехнические величины , измерения параметров наноматериалов и др.);

«ВНИИ расходомерии», г.Казань (специализация – расход и объем веществ);

«ВНИИФТИ », г.Хабаровск (специализация – региональные эталоны времени и частоты, теплофизических величин);

«Уральский НИИ метрологии» – УНИИМ, г.Екатеринбург, который руководит исследованиями, созданием и применением стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.

Основными задачами государственных научных метрологических институтов являются:

проведение фундаментальных и прикладных научных исследований в области теории измерений, принципов и методов высокоточных измерений; разработка научно-методических основ и нормативных документов в области ОЕИ.

3. Подведомственные Росстандарту государственные региональные центры метрологии, расположенные в республиках РФ, краях, областях, в Москве и Санкт-Петербурге.

4. Работающие под руководством Росстандарта государственные метрологические службы, осуществляющие функции по оказанию государственных услуг в области ОЕИ:

- Государственная служба образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО), отвечающая за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов с целью обеспечения единства измерения;

- Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД), осуществляющая информационное обеспечение организаций;

- Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения земли (ГСВЧ), сеть организаций, несущих ответственность за воспроизведение и хранение единиц времени и частоты и передачу их размеров, а также за обеспечение потребности народного хозяйства соответствующей информацией.

5. Метрологические службы, в том числе юридические лица и индивидуальные предприниматели, аккредитованные в установленном порядке в области ОЕИ.

Законодательство РФ (ФЗ «Об обеспечении единства измерений») устанавливает обязательные требования к единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, измерениям, средствам измерений, по выполнению работ и/или оказанию услуг в области ОЕИ:

- В Российской Федерации применяются единицы величин Международной системы единиц. Правительством РФ могут быть допущены к применению в РФ наравне с единицами величин Международной системы единиц внесистемные единицы величин. *Их наименования, обозначения, правила написания и применения устанавливаются Правительством РФ.*

Единицы величин передаются средствам измерений, техническим устройствам и устройствам с измерительными функциями от эталонов единиц величин и стандартных образцов.

- *Государственные эталоны единиц величин не подлежат приватизации, их утверждает федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области ОЕИ.*

Государственные первичные эталоны единиц величин содержатся и применяются в государственных научных метрологических институтах, которые несут ответственность за своевременное представление государственного первичного эталона единицы величинна сличение с национальными эталонами единиц величин иностранных государств и с эталонами единиц величин Международного бюро мер и весов.

В Российской Федерации должны применяться эталоны единиц величин, прослеживаемые к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин. В случае их отсутствия должна быть обеспечена прослеживаемость средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования ОЕИ, к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

Прослеживаемость— свойство эталона единицы величины или средства измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений.

Порядок утверждения, содержания, сличения и применения государственных первичных эталонов единиц величин, порядок передачи единиц величин от государственных эталонов, порядок установления обязательных требований к эталонам единиц величин, используемым для ОЕИ в сфере государственного регулирования ОЕИ, порядок оценки этим требованиям и порядок их применения устанавливается Правительством РФ.

- Стандартные образцы предназначены для воспроизведения, хранения и передачи характеристик состава или свойств веществ (материалов), выраженных в значениях единиц величин, допущенных к применению в РФ. В сфере государственного регулирования ОЕИ применяются стандартные образцы утвержденных типов.

- В сфере государственного регулирования ОЕИ измерения должны выполняться по аттестованным методикам (методам) измерений, которые должны иметь подтверждение соответствия обязательным метрологическим требованиям к измерениям. Подтверждение соответствия осуществляется путем аттестации методик (методов), которую проводят аккредитованные в установленном порядке в области ОЕИ юридические лица и индивидуальные предприниматели.

- В сфере государственного регулирования ОЕИ к применению допускаются средства измерений утвержденного типа, которые прошли поверку и обеспечили соблюдение установленных законодательством РФ об ОЕИ обязательных требований, включая обязательные метрологические требования к измерениям, обязательные метрологические и технические требования к средствам измерений (в необходимых случаях к их составным

частям, программному обеспечению и условиям эксплуатации), и установленных законодательством РФ о техническом регулировании обязательных требований. При применении средств измерений должны соблюдаться обязательные требования к условиям их эксплуатации.

Обязательные требования к техническим системам и устройствам с измерительными функциями, а также формы оценки их соответствия указанным требованиям устанавливаются законодательством РФ о техническом регулировании.

Порядок аттестации методик (методов) измерений и их применения, а также порядок отнесения технических средств к средствам измерений устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области ОЕИ.

При Росстандарте образован Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, где сосредоточено все, что касается обеспечения единства измерений: нормативные правовые акты РФ; нормативные отечественные и международные документы, в том числе договоры РФ в области ОЕИ; сведения об аттестованных методиках (методах) измерений; единый перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования ОЕИ, и другие сведения, охватываемые сферой ОЕИ.

Ведение указанного фонда и предоставление содержащихся в нем сведений организует федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом по ОЕИ.

Государственное регулирование в области ОЕИ осуществляется в формах:

- утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений;
- поверки средств измерений;
- метрологической экспертизы;
- федерального государственного метрологического надзора;

- аттестации методик (методов) измерений;
- аккредитации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей для выполнения работы и (или) оказания услуг в области ОЕИ.

Рассмотрим содержание каждого из этих пунктов подробно.

1. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений – документально оформленное в установленном порядке решение о признании соответствия типа стандартных образцов или типа средств измерений метрологическим и техническим требованиям (характеристикам) на основании результатов испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа.

Стандартным образцом называется образец вещества (материала) с установленными по результатам испытаний значениями одной или более величины, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала).

Тип стандартных образцов – совокупность стандартных образцов одного и того же назначения, изготавливаемых из одного и того же вещества (материала) по одной и той же технической документации.

Тип средств измерения – совокупность средств измерений, предназначенных для измерений одних и тех же величин на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технологической документации. При утверждении типа средств измерений устанавливают показатели точности, интервал между поверками средств измерений, а также методику поверки данного типа средств измерений.

Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений удостоверяется свидетельством, которое выдается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг в области ОЕИ. На каждый экземпляр средств измерений утвержденного типа, сопроводительные документы к указанным средствам измерений и

на сопроводительные документы к стандартным образцам утвержденного типа наносится знак утверждения их типа. Если особенности конструкции средств измерений не позволяют нанести этот знак непосредственно на средство измерений, то он наносится только на сопроводительные документы.

Сведения об утвержденных типах стандартных образцов и типах средств измерений вносятся в Федеральный информационный фонд по ОЕИ.

2. Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

Все средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, до ввода в эксплуатацию обязательно подлежат поверке.

Результаты поверки удостоверяются знаком поверки и (или) свидетельством о поверке. Знак поверки наносится на конструкцию средства измерений или (если это невозможно) на свидетельство о поверке.

Поверка средств измерений проводится аккредитованными в установленном порядке в области ОЕИ юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, которые передают сведения о результатах поверки средств измерений в федеральный информационный фонд по ОЕИ.

Поверка подразделяется на первичную, периодическую, внеочередную, инспекционную, комплектную, поэлементную.

Первичной называется поверка средств измерений, производимая при выпуске их из производства или после ремонта, а также при ввозе их из за границы партиями, при продаже.

Периодической называется поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, выполняемая через установленные межповерочные интервалы времени.

Межповерочные интервалы устанавливаются нормативными документами по поверке в зависимости от стабильности того или

иного средства измерений и могут быть от нескольких месяцев до нескольких лет.

Внеочередная поверка производится вне зависимости от межповерочного интервала при эксплуатации (длительном хранении) средств измерений, из-за ухудшения его метрологических свойств или подозрения в этом, из-за нарушения знака поверки.

Инспекционная поверка проводится для выявления исправности средств измерений, выпускаемых из производства или ремонта и находящихся в обращении, при проведении государственного метрологического надзора за состоянием и применением средств измерений на предприятиях, складах, базах снабжения и в торговых организациях.

При *комплектной* поверке определяют метрологические характеристики средства измерений, присущие ему как единому целому, а при *поэлементной* поверке устанавливают метрологические характеристики только элементов или частей средства измерений. Обычно поэлементную поверку проводят для измерительных установок или измерительных систем, когда неосуществима комплектная поверка.

Средства измерений, не прошедшие поверку, неисправные, и в том числе имеющие внешние повреждения или своевременно не поверенные, к эксплуатации не допускаются.

Государственной или ведомственной поверке подлежат все средства измерений.

В случаях, если средства измерений не предназначены для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, например средства измерений, используемые в учебных целях, они могут в добровольном порядке подвергаться поверке или калибровке.

Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

Калибровка выполняется с использованием эталонов единиц физических величин, прослеживаемых к соответствующим государственным первичным эталонам, и осуществляется юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в добровольном порядке, получивших аккредитацию в области ОЕИ.

Результаты калибровки средств измерений удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средства измерений, или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах.

3. Метрологическая экспертиза – анализ и оценка правильности установления и совпадения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе.

Метрологическими требованиями называются требования, влияющие на результат и показатели точности измерений, к характеристикам (параметрам) измерений, эталонов единиц величин, стандартных образцов, средств измерений, а также условиям, при которых эти характеристики (параметры) должны быть обеспечены.

Метрологическая экспертиза может проводиться в обязательном или добровольном порядке.

Обязательную метрологическую экспертизу проходят:

- проекты правовых актов РФ в части требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений - такую экспертизу проводят государственные научные метрологические институты;
- стандарты, продукция, проектная, конструкторская, технологическая документация и другие объекты - в этом случае экспертизу проводят юридические и физические лица, аккредитованные в установленном порядке.

В добровольном порядке может проводиться метрологическая экспертиза продукции, проектной, технологической документации и других объектов, в отношении которых не предусмотрена обязательная метрологическая экспертиза.

Результаты метрологической экспертизы излагаются в экспертном заключении

4. Федеральный государственный метрологический надзор (ФГМН)—контрольная деятельность в сфере государственного регулирования ОЕИ, осуществляется уполномоченными федеральными органами исполнительной власти и заключается в систематической проверке соблюдения устанавливаемых законодательством РФ обязательных требований, а также в применении установленных законодательством РФ мер за нарушения, выявленные во время надзорных действий.

ФГМН осуществляется за:

- 1) соблюдением обязательных требований в сфере государственного регулирования ОЕИ к измерениям, единицам величины и их эталонам, стандартным образцам и средствам измерений при их выпуске из производства, ввозе в РФ, продаже и применении на территории РФ;
- 2) наличием и соблюдением аттестованных методик (методов) измерений;
- 3) соблюдением государственной, коммерческой, служебной и иной охраняемой законом тайны.

ФГМН распространяется на деятельность юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, которые в сфере государственного регулирования ОЕИ осуществляют измерения; выпуск из производства эталонов единиц величин, стандартных образцов и средств измерений, а также их ввоз в РФ, продажу и применение на территории РФ; расфасовку товаров.

ФГМК осуществляется должностными лицами федеральных органов исполнительной власти при предъявлении служебного удостоверения и приказа (распоряжения) руководителя органа государственного надзора о проведении проверки, имеющими право:

- посещать объекты (территории и помещения) юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в целях осуществления ФГМН во время исполнения служебных обязанностей.
- получать документы и сведения, необходимые для проведения проверки.

При выявлении нарушений должностные лица, которые осуществляют ФГМН, обязаны:

- запрещать выпуск из производства, ввоз на территорию РФ и продажу предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ средств измерений и другой, указанной выше в п.1) продукции, не соответствующих обязательным требованиям;
- наносить на средства измерений знак непригодности в случаях, когда средство измерений не соответствует обязательным требованиям;
- давать обязательные к исполнению предписания и устанавливать сроки устранения нарушений;
- в случаях, предусмотренных законодательством РФ, направлять материалы о нарушениях в судебные и следственные органы и другие уполномоченные организации.

5. *Аттестация методик (методов) измерений* – исследование и подтверждение соответствия методик (методов) измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.

Аттестацию методик (методов) измерений, относящихся к сфере государственного регулирования ОЕИ, проводят аккредитованные в установленном порядке юридические лица и индивидуальные предприниматели. Порядок аттестации устанавливается Росстандартом, а сведения об аттестованных методиках (методах) измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

6. *Аккредитация в области ОЕИ* – деятельность, осуществляемая в целях официального признания компетентности юридического лица или индивидуального предпринимателя выполнять работы и (или) оказывать услуги по ОЕИ.

К таким работам и (или) услугам относится:

- аттестация методик (методов) измерений, относящихся к сфере государственного регулирования ОЕИ;
- использование стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа;

- обязательная метрологическая экспертиза стандартов продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов.

Аккредитация в области ОЕИ осуществляется на основе принципов:

- добровольности;
- компетентности и независимости экспертов по аккредитации;
- применения единых правил аккредитации и их открытости и доступности;
- обеспечения равных условий лицам, претендующих на получение аккредитации и др.

С целью МО производства на предприятиях различных форм собственности создаются метрологические службы или службы главного метролога, которые должны быть аккредитованы органами Росстандарта.

В понятие МО производства включают научные и организационные основы, технические средства, правила и нормы, обеспечивающие полноту, точность и достоверность контроля качества продукции на всех этапах ее производства, необходимые для управления современным производством и обеспечения стабильного уровня качества продукции.

МО охватывает все стадии жизненного цикла изделия, начиная с этапа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. На этом этапе устанавливают, а затем закладывают в конструкторскую и технологическую документацию параметры точности, обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики изделия и их допуски; производят выбор и обоснование необходимых средств измерений и контроля. При этом устанавливается:

- необходимая номенклатура контролируемых параметров комплектующих изделий, сырья, материалов, подлежащих входному контролю;
- возможность контроля этих параметров, а также наличие на предприятии необходимых средств и методов измерений и, при

необходимости, приобретение соответствующей измерительной техники;

- наличие необходимой нормативно-технической документации и подготовленного обслуживающего персонала.

Конструктор или технолог могут выдать техническое задание на разработку новых средств контроля, измерений или испытаний параметров продукции или ее элементов и, в необходимых случаях, последующей процедуры утверждения типа средств измерений.

Метрологические службы на предприятиях и в организациях в процессе производства осуществляют метрологический контроль и надзор за средствами измерений путем:

- поверки (калибровки) средств измерений;
- надзора за состоянием и применением средств измерений, с соблюдением метрологических правил и норм, а также нормативных документов по ОЕИ;
- проверки своевременности предоставления средств измерений на поверку (калибровку);
- выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических норм и правил;
- проведения метрологической экспертизы конструкторской, технологической документации и др.

В рамках МО производства осуществляется метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации, целью которой является анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности и по обеспечению методами и средствами измерений процессов разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта изделий.

Значение МО производства для достижения высокого качества продукции определено рядом международных документов, в том числе стандартом ИСО 10002-1 «Требования, гарантирующие качество измерительного оборудования», в котором

сформулированы требования к системе подтверждения пригодности оборудования, передаче размеров единиц, межповерочным интервалам и др.

Соблюдение этого стандарта является одним из условий аккредитации системы качества на предприятии.

Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие метрологического обеспечения производства (МОП)?
2. Что составляет правовую и организационную основы МОП?
3. В каких формах осуществляется государственное регулирование в области ОЕИ?
4. Что такое поверка, какие виды поверок установлены Федеральным законом и когда проводится тот или иной вид поверки ?
5. Что такое утверждение типа стандартных образцов, типа средств измерений?
6. Что такое метрологическая экспертиза, аттестация методик (методов) измерений?
7. Какие функции осуществляет государственный метрологический надзор?
8. На основе каких принципов осуществляется аккредитация в области ОЕИ?
9. Какие функции у метрологических служб на предприятии?

2 . Основы технического регулирования, стандартизации и сертификации

2.1. Основы технического регулирования

2.1.1. Основные понятия технического регулирования

Федеральный закон РФ « О техническом регулировании » от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (в редакции Федеральных законов от 9.05.2005 № 45-ФЗ, от 1.05.2007 № 65-ФЗ, от 1.12.2007 № 309-ФЗ, от 23. 07. 2008 № 160-ФЗ, от 18. 07.2009 № 189-ФЗ, от 23.11.2009 №261-ФЗ, от 30.12.2009 № 384-ФЗ, от 30.12.2009 № 385-ФЗ, от 28.09.2010 №243-ФЗ, от 21.07.2011 №255-ФЗ) вступивший в силу с 1 июля 2003 г., определил новую систему установления и применения требований к продукции, процессам производства, работам и услугам и отменил действие законов «О стандартизации» и «О сертификации» и ряда других нормативных актов.

Закон направлен на создание основ единой политики в областях технического регулирования, стандартизации и сертификации, отвечающей современным международным требованиям.

Настоящий закон регулирует отношения, возникающие при:

- разработке, принятии, применении и исполнении **обязательных требований** к продукции, в том числе зданиям и сооружениям или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;
- разработке, принятии, применении и исполнении на **добровольной основе требований** к продукции, процессам

проектирования (включая изыскания), производства, строительства и монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;

- оценке соответствия.

Закон также определяет права и обязанности участников регулируемых настоящим Федеральным законом отношений.

Действие настоящего ФЗ не распространяется на социально-экономические, организационные, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные меры в области охраны труда, федеральные государственные образовательные стандарты, положения (стандарты) о бухгалтерском учете и правила (стандарты) аудиторской деятельности, стандарты предоставления государственных и муниципальных услуг, минимальные социальные стандарты и другие стандарты, связанные с эмиссией ценных бумаг и прочее.

Объектами технического регулирования (ОТР), к которым предъявляются требования как **обязательные**, так и на **добровольной основе**, являются:

- продукция, в том числе здания, строения и сооружения (далее по тексту – продукция);
- процессы проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, реализации, перевозки и утилизации (далее по тексту – процессы).

Объектами технического регулирования (ОТР), к которым предъявляются требования **только на добровольной основе** (далее добровольные требования), являются:

- работы;
- услуги.

Исполнение как обязательных, так и добровольных требований должно контролироваться, т.е. должна осуществляться оценка соответствия.

Оценка соответствия – это прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту.

Закон регулирует отношения трех сторон, участвующих в деятельности по исполнению требований и оценке соответствия:

Первая сторона, заинтересованная в реализации результата деятельности и заявляющая о необходимости проведения оценки соответствия – изготовитель продукции, исполнитель работ или услуг, продавец, т.е. заявитель;

заявитель – физическое или юридическое лицо, которое для подтверждения соответствия принимает декларацию о соответствии или обращается за получением сертификата соответствия, получает сертификат соответствия.

Вторая сторона – **приобретатель**, лицо, приобретающее продукцию, получающее результат работы или услугу.

Третья сторона – орган, который дает объективную оценку соответствия продукции, работы, услуги. Таким органом является **орган по сертификации** – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

Таким образом, – это правовое регулирование отношений заявителя, приобретателя и органа по сертификации при исполнении **обязательных** и **добровольных** требований к продукции, процессам, а также **добровольных** требований к работам и услугам при оценке соответствия.

2.1.2. Принципы технического регулирования

Техническое регулирование осуществляется в соответствии с принципами:

- применения единых правил установления требований к ОТР;
- соответствия технического регулирования уровню развития национальной экономики, развития материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития;
- независимости органов по аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей, в том числе потребителей;
- единой системы и правил аккредитации;

- единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия;
- единства применения требований технических регламентов независимо от видов или особенностей сделок;
- недопустимости ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;
- недопустимости совмещения одним органом полномочий по государственному контролю (надзору) за исключением осуществления контроля за деятельностью аккредитованных лиц, с полномочиями по аккредитации или сертификации;
- недопустимости совмещения одним органом полномочий по аккредитации и сертификации;
- недопустимости внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов;
- недопустимости одновременного возложения одних и тех же полномочий на два и более органа государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

2.1.3. Технический регламент, порядок его разработки, принятия, изменения и отмены

Документом, устанавливающим **обязательные для применения и исполнения требования к ОТР, является технический регламент (ТР).**

ТР принимаются в целях:

- защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе покупателей;

- обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения.

В ТР с учетом степени риска причинения вреда устанавливают обязательные минимально необходимые требования, способные обеспечить безопасность излучений, биологическую, пожарную, механическую, промышленную, термическую, химическую, электрическую, ядерную и радиационную безопасность; электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования и другие виды безопасности, а также единство измерений.

ТР должен содержать: перечень и (или) описание ОТР, требования к этим объектам и правила их идентификации в целях применения ТР; правила и формы оценки соответствия (в том числе в ТР могут содержаться схемы подтверждения соответствия, порядок продления срока действия выданного сертификата соответствия), определяемые с учетом степени риска; предельные сроки оценки соответствия в отношении каждого ОТР и (или) требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения. ТР должен содержать требования энергетической эффективности и ресурсосбережения.

ТР должен содержать обобщенные и (или) конкретные требования к характеристикам продукции, или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам производства, эксплуатации, хранения и другим ОТР, но **не должен содержать требования к самой конструкции и исполнению, за исключением случаев**, если не включение этих требований не обеспечивает достижение безопасности и защиты окружающей среды.

Не включенные в ТР требования к ОТР, правилам и формам оценки, терминологии, упаковке и др. не носят обязательный характер.

ТР не может содержать требования к продукции, причиняющей вред жизни и здоровью граждан, накапливаемый при длительном использовании этой продукции и зависящий от других факторов, не

позволяющих определить степень допустимого риска. В этом случае ТР может содержать только требование об информировании потребителя о возможном вреде и о факторах, от которых он зависит.

Для обеспечения соответствия технического регулирования интересам национальной экономики, уровню развития материально-технической базы и уровню научно-технического развития, а также международным нормам и правилам Правительством РФ утверждается программа разработки ТР (технические регламенты также могут быть разработаны вне утвержденной программы).

В настоящее время в рамках этой программы утверждено значительное число ТР, в частности:

«О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных загрязняющих веществ»;

«О требованиях пожарной безопасности населения»;

«О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей, топочному мазуту»; «О безопасности машин и оборудования»;

«О безопасности колесных транспортных средств» и др.

ТР может быть принят:

- **федеральным законом;**
- **постановлением Правительства РФ** в порядке, установленном соответственно для принятия федеральных законов и постановлений Правительства РФ, с учетом положений настоящего Федерального закона;
- **указом Президента РФ** в исключительных случаях, если есть непосредственная угроза жизни или здоровью граждан, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, или необходимость обеспечения безопасности продукции или других объектов технического регулирования;

- **международным договором РФ**, ратифицированным в порядке, установленном законодательством РФ или **межправительственным соглашением**, заключаемым в порядке, установленном законодательством РФ;

- **нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию** в соответствии с поручениями Президента РФ или Правительства РФ.

В качестве основы для разработки проектов ТР международные стандарты должны, а национальные стандарты могут использоваться полностью или частично.

Разработчиком проекта ТР может быть любое лицо (физическое или юридическое).

В ФЗ « О техническом регулировании » представлены порядок разработки, принятия, изменения и отмены ТР.

- **Принятие ТР федеральным законом РФ.**

1. Порядок разработки ТР начинается с уведомления о разработке проекта ТР в печатном издании федерального органа исполнительной власти (ФОИВ) по техническому регулированию и в информационной системе общего пользования (ИСОП) в электронно–цифровой форме. Это уведомление содержит указания, к какому ОТР устанавливаются требования ТР и его цели, обосновывается его необходимость и указываются его отличия от действующих регламентов, отечественных или международных стандартов, а также информацию о способе ознакомления с проектом ТР, реквизиты разработчика проекта данного ТР, по которым должен осуществляться в письменной форме прием замечаний заинтересованных лиц.

2. С учетом полученных в письменном виде замечаний заинтересованных лиц разработчик дорабатывает проект ТР , проводит публичное обсуждение проекта ТР и составляет перечень замечаний заинтересованных лиц с кратким изложением содержания данных замечаний и результатов их обсуждения .

Разработчик обязан сохранять полученные замечания заинтересованных лиц до дня вступления в силу принимаемого соответствующим нормативным правовым актом ТР и предоставлять их депутатам Государственной Думы, представителям федеральных органов исполнительной власти и экспертным комиссиям по техническому регулированию по их запросам.

Срок публичного обсуждения проекта ТР со дня опубликования уведомления о разработке проекта ТР до дня опубликования уведомления о завершении публичного обсуждения не может быть менее чем два месяца.

3. Уведомление о завершении публичного обсуждения проекта ТР, также, как и уведомление о разработке проекта ТР должно быть опубликовано в печатном издании ФОИВ по техническому регулированию и в ИСОП в электронно–цифровой форме в течение десяти дней с момента оплаты опубликования уведомления, которая устанавливается Правительством РФ.

Уведомление о завершении публичного обсуждения проекта ТР должно включать в себя информацию о том, как познакомиться с проектом ТР, перечнем замечаний заинтересованных лиц и реквизитами разработчика проекта ТР.

Со дня опубликования уведомления о завершении публичного обсуждения проекта ТР доработанный проект ТР и перечень замечаний должны быть доступны заинтересованным лицам для ознакомления.

4. С внесения субъектом, обладающим правом законодательной инициативы, проекта федерального закона о ТР в Государственную Думу начинается принятие ТР.

Регистрация проекта федерального закона о ТР осуществляется при наличии следующих документов:

- обоснование необходимости принятия федерального закона о ТР;
- финансово-экономическое обоснование принятия федерального закона о ТР;

- документы, подтверждающие опубликование уведомлений о разработке и завершении публичного обсуждения проекта ТР;
- перечень замечаний заинтересованных лиц с результатами их обсуждения.

Государственная Дума направляет внесенный проект федерального закона о ТР и комплект перечисленных документов в Правительство РФ, которое в течение **девяноста дней** должно отдать в Государственную Думу отзыв, подготовленный с учетом заключения экспертной комиссии по техническому регулированию.

Если отзыв Правительства РФ не будет представлен в указанный срок, то проект федерального закона о ТР может быть рассмотрен Государственной Думой в первом чтении без отзыва Правительства РФ.

5. Проект федерального закона о ТР, принятый Государственной Думой в первом чтении, публикуется в печатном издании ФОИВ по техническому регулированию и в ИСОП в электронно–цифровой форме.

После окончания срока подачи поправок к принятому в первом чтении проекту федерального закона о ТР, поправки публикуются в ИСОП в электронно–цифровой форме не позднее чем за месяц до рассмотрения Государственной Думой проекта федерального закона о ТР во втором чтении.

Государственная Дума направляет проект федерального закона о ТР, подготовленный ко второму чтению в Правительство РФ, которое в течение **шестидесяти дней** должно направить в Государственную Думу отзыв, подготовленный с учетом заключения экспертной комиссии по техническому регулированию.

Если отзыв Правительства РФ не будет представлен в указанный срок, то проект федерального закона о ТР может быть рассмотрен Государственной Думой во втором чтении и принят без отзыва Правительства РФ.

Порядок принятия Закона РФ о введении технического регламента может быть представлен на следующей схеме (рис.10).

- **Принятие ТР постановлением Правительства РФ.**

Проект постановления Правительства РФ о ТР, разработанный в установленном выше пунктами 1-3 порядке и подготовленный к рассмотрению на заседании Правительства РФ, не позднее чем за тридцать дней до дня его рассмотрения, направляется на экспертизу в соответствующую экспертную комиссию по техническому регулированию, порядок создания идеальности

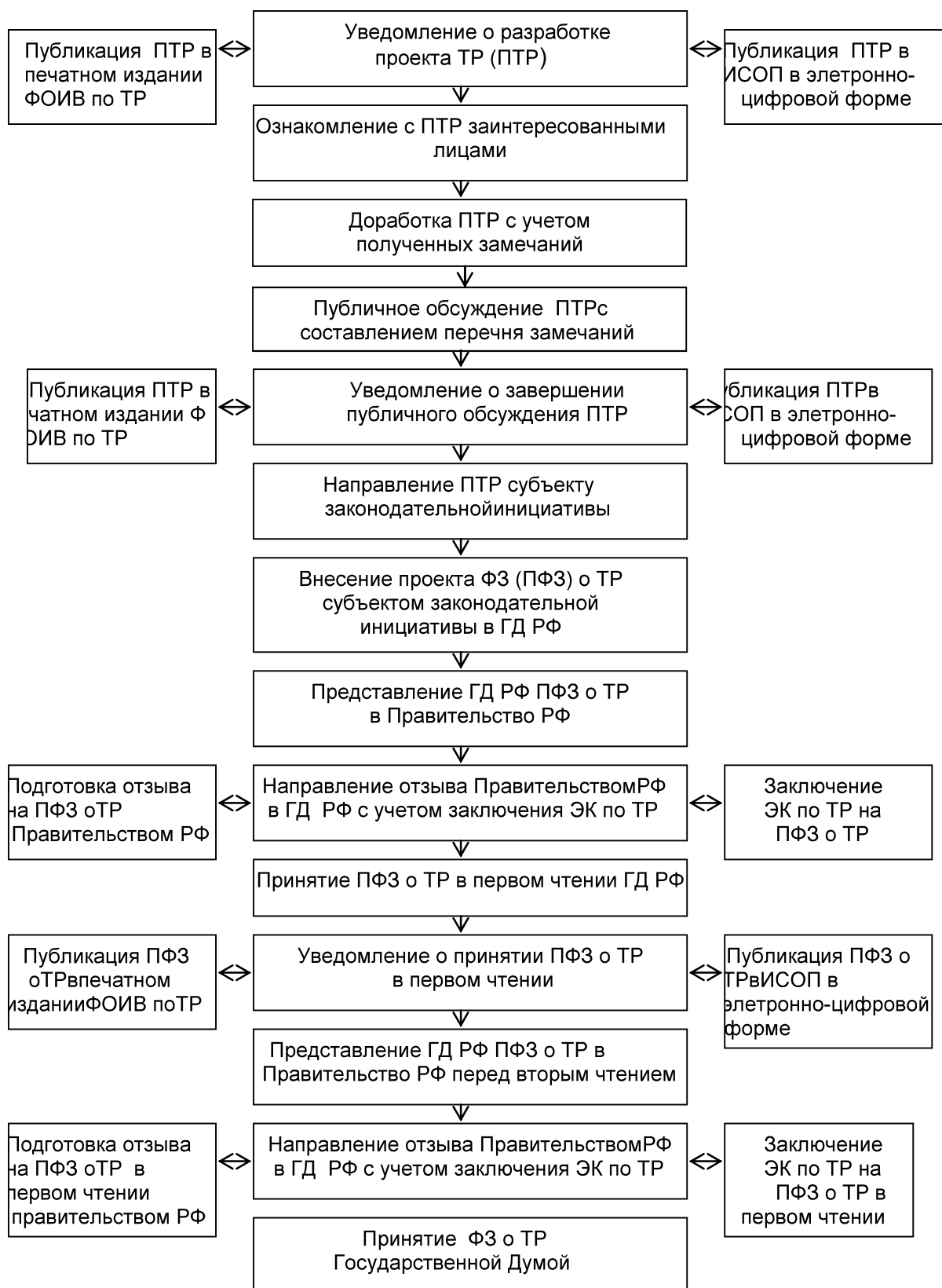


Рис.10. Типовая процедура разработки и принятия технического регламента Государственной Думой:

ТР–технический регламент; ПТР–проект технического регламента; ПФЗ о ТР – проект федерального закона о ТР; ФОИВ по ТР– федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию; ИСОП – информационная система общего пользования;ЭК по ТР–экспертная комиссия по техническому регулированию которых утверждается Правительством РФ.

В состав экспертных комиссий на паритетных началах включаются представители федеральных органов исполнительной власти, научных организаций, общественных объединений предпринимателей и потребителей. Заседания экспертных комиссий по техническому регулированию являются открытыми.

Проект постановления Правительства РФ о ТР рассматривается на его заседании при наличии заключения соответствующей экспертной комиссии по техническому регулированию.

Проект постановления Правительства РФ о ТР должен быть опубликован в печатном издании ФОИВ по техническому регулированию и размещен в ИСОП в электронно–цифровой форме не позднее чем за тридцать дней до дня его рассмотрения на заседании Правительства РФ.

ТР, принимаемый федеральным законом или постановлением правительства РФ, вступает в силу не ранее чем через шесть месяцев со дня его официального опубликования.

Внесение изменений и дополнений в ТР или его отмена рассматривается как разработка нового ТР и осуществляется в порядке, предусмотренном соответствующими статьями ФЗ «О техническом регулировании» в части разработки и принятия ТР.

Контрольные вопросы

- 1.Что такое техническое регулирование, технический регламент?
- 2.Какие цели и принципы технического регулирования?
- 3.Каким образом разрабатывается технический регламент?
- 4.Кем принимается технический регламент?

2.2. Основы стандартизации

2.2.1. Цели и принципы стандартизации

и ее связь с техническими регламентами

Стандартизация - это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного и многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышения конкурентоспособности продукции, работ и услуг.

Результатом такой деятельности является **стандарт** - документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг.

Стандарт может распространяться на готовую продукцию или отдельные требования к их свойствам, например, требования к безопасности и взаимозаменяемости; группы однородной продукции – машины в целом, сборочные единицы (например, автомобильные двигатели), отдельные детали (например, автомобильные стекла или свечи), или даже отдельные размеры (например, присоединительные размеры аккумуляторов); технологические процессы производства, обслуживания и сервиса изделий и их составных частей, в первую очередь – обеспечивающие безопасность готовых изделий; требования по информационной и технической совместимости продукции, а также взаимозаменяемости продукции; методы контроля эксплуатационных характеристик, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению, применению и утилизации продукции или ее составных частей (если они не оговорены ТР); терминологию и условные обозначения общепромышленного или межотраслевого применения.

Стандарты (международные и (или) национальные) полностью или частично используются в качестве основы и доказательной базы для подтверждения соответствия при разработке проектов технических регламентов, вплоть до включения их полностью или частично в текст технического регламента.

Основными целями стандартизации являются:

- повышение уровня безопасности жизни или здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества, объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, повышения уровня экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений;
- обеспечение конкурентоспособности и качества продукции (работ, услуг), единства измерений, рационального использования ресурсов, взаимозаменяемости технических средств (машин и оборудования, их составных частей, комплектующих изделий и материалов), технической и информационной совместимости, сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико - статистических данных, проведения анализа характеристик продукции (работ, услуг), исполнения государственных заказов, добровольного подтверждения соответствия продукции (работ, услуг);
- содействие соблюдению требований ТР;
- создание систем классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации, систем каталогизации продукции (работ, услуг), систем обеспечения качества продукции (работ, услуг), систем поиска и передачи данных, содействие проведению работ по унификации.

Стандартизация, осуществляемая в целях содействия соблюдению требований ТР и других выше указанных целях, реализуется в соответствии с **принципами**:

- добровольного применения документов в области стандартизации;
- максимального учета при разработке стандартов интересов заинтересованных лиц;
- применения международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, если такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов по климатическим или географическим особенностям РФ, техническим и (или) технологическим особенностям или по иным основаниям либо РФ в соответствии с установленными процедурами выступила против принятия международного стандарта или его отдельного положения;
- недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей, указанных выше;
- недопустимости установления таких стандартов, которые противоречат ТР;
- обеспечения условий для единообразного применения стандартов.

Добровольный принцип применения стандартов не означает вседозволенности разработчиков и производителей продукции. На базе стандартов разрабатывают обязательные для применения технические регламенты. Это означает, что если изделие выпущено с отклонением от стандарта (а значит и технического регламента), оно не пройдет оценки соответствия и не будет допущено к производству или эксплуатации. До утверждения и вступления в силу ТР правительство РФ утверждает перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР.

Таким образом, если раньше стандарты, в которых были указаны требования к качеству продукции, являлись обязательными, и их соблюдение контролировалось государством, то теперь в дело вступают условия рынка. Это означает, что изделия и продукция, выпущенные с отклонением от стандартов, просто окажутся неконкурентоспособными.

Контрольные вопросы

1. Дать определения стандартизации и стандарта.
2. Какие цели и принципы стандартизации?

2.2.2. Национальная система стандартизации и виды документов по стандартизации

Национальную систему стандартизации образуют национальные стандарты, предварительные национальные стандарты, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, правила их разработки и применения, правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации и своды правил, а также участники работ по стандартизации.

Введение в соответствии с ФЗ «О техническом регулировании» в национальную систему стандартизации участников работ по стандартизации позволило привлекать к разработке документов по стандартизации не только физических, но и юридических лиц, в том числе таких коммерческих и некоммерческих организаций, как ОАО «Газпром», ОАО «РЖД», Российский союз промышленников и предпринимателей (РСПП), Ассоциацию автомобильных инженеров и др., без которых обеспечить баланс интересов при разработке стандартов невозможно.

Правительство РФ определяет орган, уполномоченный на исполнение функций национального органа по стандартизации (его функции возложены на Ростехрегулирование).

Национальный орган по стандартизации:

- утверждает национальные стандарты и предварительные национальные стандарты;
- принимает программу разработки национальных стандартов;

- организует экспертизу проектов национальных стандартов, а также стандартов и сводов правил, представляемых на регистрацию;

- организует проведение экспертизы проектов предварительных национальных стандартов, а в случае, если технический комитет по стандартизации не создан, проводит экспертизу проектов предварительных национальных стандартов;

- создает технические комитеты по стандартизации, утверждает положения о них и координирует их деятельность;

- осуществляет учет документов в области стандартизации в Федеральном информационном фонде ТР и стандартов и обеспечивает их доступность заинтересованным лицам;

- организует официальное опубликование и распространение документов в области стандартизации в печатном издании и в ИСОП в электронно-цифровой форме и представляет информацию и документы в области стандартизации;

- регистрирует в Федеральном информационном фонде ТР и стандартов международные стандарты, региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств;

- представляет РФ в соответствующих международных организациях и участвует в разработке международных стандартов, обеспечивая интересы РФ при их принятии;

- утверждает изображение знака соответствия национальным стандартам.

К документам в области стандартизации, которые используются на территории РФ, относятся:

- национальные стандарты;
- предварительные национальные стандарты;
- правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;

- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, а также применяемые в установленном порядке классификации;

- стандарты организаций;
- своды правил;
- международные стандарты, региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде ТР и стандартов;
- надлежащим образом заверенные переводы на русский язык международных стандартов, региональных стандартов, региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств, принятых на учет национальным органом РФ по стандартизации.

Рассмотрим подробнее перечисленные документы в области стандартизации.

Национальный стандарт – стандарт, утвержденный национальным органом РФ по стандартизации.

Предварительный национальный стандарт – документ в области стандартизации, который утвержден национальным органом РФ по стандартизации и срок действия которого ограничен (три года).

Национальный стандарт и предварительный национальный стандарт применяются на **добровольной основе** независимо от страны и (или) места происхождения продукции и других ОТР, а также юридических и физических лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями или потребителями.

Национальные стандарты и предварительные национальные стандарты, как и ТР, могут разрабатываться любым физическим или юридическим лицом.

Применение национального стандарта подтверждается знаком соответствия национальному стандарту.

Порядок разработки, обсуждения и утверждения национальных стандартов и предварительных национальных стандартов аналогичен порядку утверждения ТР, с той лишь разницей, что они подлежат утверждению национальным органом РФ по

стандартизации, а не Государственной Думой, а проекты национального стандарта и предварительного национального стандарта представляются в технический комитет по стандартизации, который организует проведение экспертизы и осуществляет подготовку мотивированного предложения об утверждении или отклонении проекта национального стандарта или предварительного национального стандарта и направляет в национальный орган РФ по стандартизации для принятия решения.

Предварительные национальные стандарты утверждаются национальным органом по стандартизации сроком **на три года**.

Не позднее чем за три месяца до истечения срока действия утвержденного предварительного национального стандарта национальный орган по стандартизации направляет его, а также результаты мониторинга и оценки применения предварительного национального стандарта в технический комитет по стандартизации, который организует экспертизу предварительного национального стандарта и результатов мониторинга и оценки его применения, после чего техническим комитетом по стандартизации подготавливается мотивированное предложение об утверждении или отклонении предварительного национального стандарта в качестве национального стандарта и направляется в национальный орган по стандартизации для принятия решения.

Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации (общероссийские классификаторы) — нормативные документы, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и др.) и являющиеся обязательными для применения при создании государственных информационных систем, информационных ресурсов, межведомственном обмене информацией.

Например, Общероссийский классификатор продукции (ОКП), Общероссийский классификатор предприятий и организаций

(ОКПО), Общероссийский классификатор единиц измерения (ОКЕИ) и т.п.

Порядок разработки, принятия, введения в действие и применения отечественных и международных классификаторов устанавливается правительством РФ.

Стандарты организаций – стандарты, утвержденные организациями.

Организациями, имеющими право разработки и утверждения стандартов, являются коммерческие, общественные, научные, саморегулируемые организации, объединения юридических лиц, организации как федеральной, региональной, муниципальной и др. собственности (федеральные государственные унитарные предприятия–ФГУП, УП и др.), так и акционерные (АО, ЗАО, ООО), а также предприятия со смешанным капиталом (например, совместное предприятие GM-АВТОВАЗ).

Требования, заявленные в стандартах организаций, могут быть выше требований, заявленных в национальных стандартах.

Порядок разработки, утверждения, учета, изменения и отмены стандартов организаций устанавливается ими самостоятельно с учетом положений ФЗ « О техническом регулировании» исходя из необходимости их применения для целей стандартизации, совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг и т.д.

Стандарт организаций может быть использован в качестве основы для разработки предварительного национального стандарта.

Сводь правил – документ в области стандартизации, в котором содержатся технические правила и (или) описание процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции и который применяется на добровольной основе.

В Российской Федерации к таким документам относятся, например, Строительные нормы и правила (СНиПы),

выполняющие, по сути, роль стандартов в строительстве, но нигде не узаконенные; нормы пожарной безопасности; нормы расчета на прочность; санитарные правила и нормы (СанПиНы); нормы и правила проектирования; правила эксплуатации и др. подобные документы федеральной и исполнительной власти.

В случае отсутствия национальных стандартов применительно к отдельным требованиям ТР или ОТР разрабатываются своды правил.

Введение сводов правил в число документов в области стандартизации позволяет их применять на добровольной основе для соблюдения в полной мере требований безопасности и защиты окружающей среды, определенных ТР. В то же время это позволяет избежать дорогостоящей и длительной переработки огромного количества подобных документов в национальные стандарты.

Международный стандарт – принятый международной организацией.

Региональный стандарт - стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации. **Региональная организация по стандартизации** – организация, членами (участниками) которой являются национальные органы (организации) по стандартизации государств, входящих в один географический регион мира и (или) группу стран, находящихся в соответствии с международными договорами в процессе экономической интеграции.

Региональный свод правил - свод правил, принятый региональной организацией по стандартизации.

Стандарт иностранного государства - стандарт, принятый национальным (компетентным) органом (организацией) по стандартизации иностранного государства.

Свод правил иностранного государства – свод правил, принятый компетентным органом иностранного государства.

Контрольные вопросы

1. Что составляет национальную систему стандартизации?

2. Какие виды документов в области стандартизации используются на территории РФ?

3. Что входит в функциональный орган по стандартизации?

2.2.3. Методы стандартизации

В зависимости от поставленных целей и решаемых задач используют различные методы стандартизации.

Смысл стандартизации состоит в упорядочивании решений, правил, методов и т. д. в целях их многократного использования. Любая работа в сфере стандартизации начинается с анализа имеющегося массива информации и выделения основных, наиболее характерных признаков, в соответствии с которыми этот массив может быть систематизирован.

К методам стандартизации относятся систематизация, классификация, кодирование, типизация, унификация (основной метод стандартизации) и агрегатирование.

Систематизация - распределение предметов исследования в определенном порядке или последовательности, образующее систему, удобную для использования.

В технике систематизация широко используется при делении машины на сборочные единицы, а последних – на детали с определенными принципами их обозначения, например, каталоги запасных частей автомобилей.

Систематизация является предпосылкой перехода к следующему методу стандартизации – классификации.

Классификация – распределение множества объектов стандартизации на классификационные группы по определенным, как правило, наиболее характерным для группы изделий одного назначения, признакам.

На этом принципе в технике построены типоразмерные ряды главных параметров, производится классификация однотипных машин по основным параметрам и т. д., например, типоразмерные

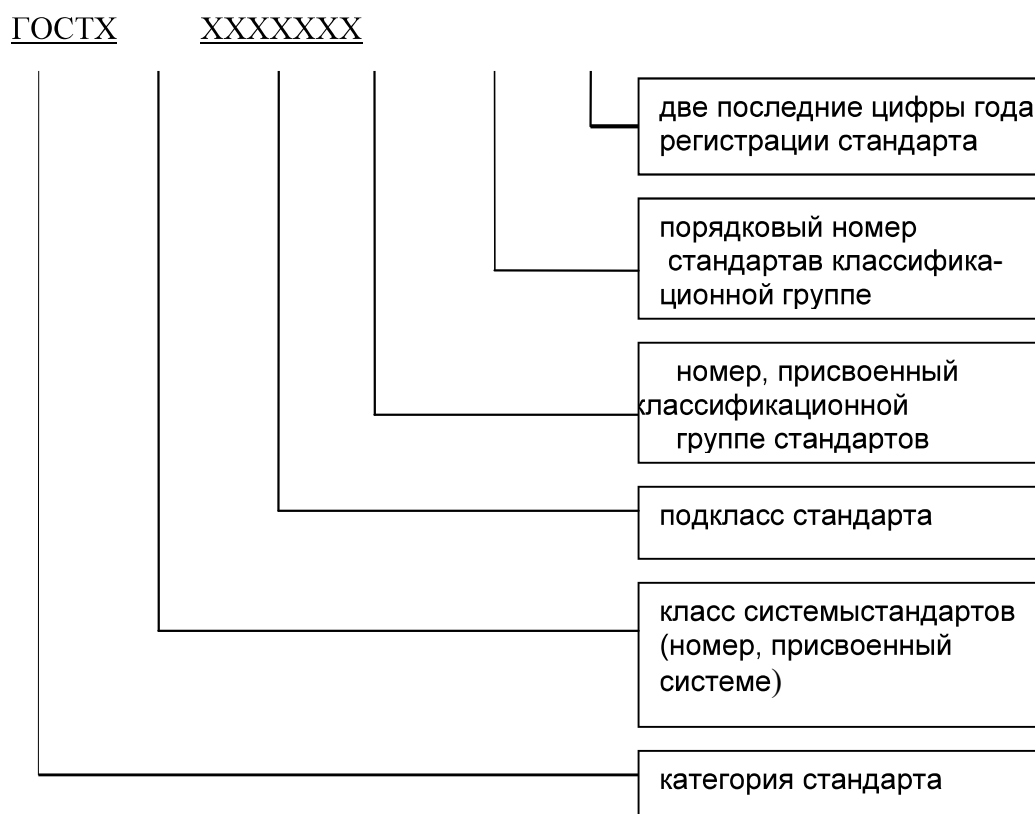
ряды грузоподъемности строительных кранов или пределы измерения микрометров: 0...25 мм; 25...50 мм; 50...75 мм и т. д.

Классификация и систематизация предполагает кодирование информации.

Кодирование – образование по определенным правилам объектов или групп объектов и присвоение им кодов, позволяющих заменить несколькими знаками (или символами) наименования этих объектов.

Коды позволяют идентифицировать объекты наиболее коротким способом (минимальным количеством знаков), способствуя повышению эффективности сбора, учета, хранения и обработки информации. Число знаков в коде определяется его структурой и зависит от количества кодируемых признаков. Наиболее часто применяются десятизначные системы кодирования.

Классификация и кодирование широко применяются в стандартизации для обозначения стандартов, входящих в межотраслевые системы стандартов, например:



Порядок проведения работ по классификации и кодированию информации регламентирован комплексом государственных стандартов «Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК ТЭСИ)». На его основе разработаны такие широко используемые в нашей стране классификаторы как Общероссийский классификатор отраслей народного хозяйства (ОКОНХ), общероссийский классификатор предприятий и организаций (ОКПО), Общероссийский классификатор единиц измерений (ОКЕИ) и др. В ряде случаев классификаторы могут иметь и более длинное кодовое обозначение объектов, например по технологическому классификатору машиностроительной продукции технологический код включает 14 индексов, из которых 6 индексов – на постоянную часть кода, а 8 – переменную.

Постоянная часть предназначена для классификации групп основных признаков детали: размерных характеристик (диаметр, длина и т.п.); группы материалов (стали, чугуны, цветные сплавы и др.); способа технологических процессов получения детали (резанье, литье, обработка давлением и т.д.).

Переменную часть кода используют для конкретизации признаков определенного вида детали, описанной постоянным кодом. В переменную часть кода входит вид заготовки (пруток, поковка, отливка и др.); точность (калитет) элементов детали, шероховатость ее поверхностей, наличие термообработки и масса детали.

Структура технологического кода позволяет с использованием электронно-вычислительной техники обрабатывать информацию на различных уровнях конструкторско-технологической подготовки производства, существенно влияя на выбор оборудования, подъемно-транспортных и складских средств, технологических режимов обработки деталей и режущего инструмента, а также и средств измерений для их контроля.

После того, как собранный массив информации систематизирован и классифицирован по определенным

признакам, переходят к следующему методу стандартизации – типизации.

Типизация конструкций изделий и технологических процессов позволяет существенно снизить издержки за счет повышения серийности производства и качества продукции, что, в свою очередь, повышает конкурентоспособность как выпускаемой продукции, так и самой фирмы.

Типизация конструкций изделий – разработка и установление типовых конструкций, содержащих конструктивные параметры, общие для изделий сборочных единиц и деталей.

При типизации анализируют уже существующие типоразмеры изделий, их составные части, агрегаты и детали, а также оценивают перспективы развития науки, техники и промышленности, возникающие при этом возможные потребности рынков сбыта. В результате такого анализа может оказаться, что внесение сравнительно небольших изменений в конструкцию детали или сборочной единицы может удовлетворить потребности большого количества новых потребителей.

Итогом такой работы часто может стать установление соответствующих типоразмерных рядов изделий, их составных частей, деталей или даже их элементов.

Типизация технологических процессов – разработка и установление технологического процесса для производства однотипных деталей или сборки однотипных составных частей или изделий в целом. В этом случае типовой технологический процесс разрабатывается для типовой детали, обладающей наибольшим количеством признаков, характерных для деталей данной классификационной группы, имея в виду, что некоторые операции или переходы технологического процесса будут опущены при обработке деталей, не обладающих данным технологическим или конструктивным признаком.

Наиболее распространенным и эффективным методом стандартизации является унификация.

Унификация—это выбор оптимального числа разновидностей продукции, процессов и услуг, значений их параметров и размеров.

Унификация позволяет установить минимально необходимое, но достаточное количество видов, типов, типоразмеров, обладающих высокими показателями качества и полной взаимозаменяемостью.

Результаты унификации не обязательно оформляются в виде стандарта, но стандартизация изделий и их элементов обязательно основывается на унификации.

Принципиальное отличие унификации от других методов стандартизации состоит в том, что в процессе унификации предполагается внесение изменений в конструкцию изделия или иного объекта унификации с целью увеличения его применяемости и снижения его себестоимости с одновременным повышением качества.

Объектами унификации могут быть изделия массового, серийного и/или индивидуального производства, а также отдельные размеры или элементы деталей, агрегаты, сборочные единицы, модули (например, гибкие производственные модули), машины, если они состоят из сравнительно небольшого количества сборочных единиц одинакового назначения и выполняют близкие по характеру операции или процессы.

Таким образом, по объектам различают унификацию размерную и параметрическую, унификацию методов испытаний и контроля, требований обозначений и т.д.

Унификация начинается с цели и выбора номенклатуры объектов, подлежащих унификации, и заканчивается внедрением результатов унификации на различных уровнях :заводском, отраслевом, межотраслевом и международном.

Унификация подразделяется на:

- внутриразмерную, когда унификация охватывает все модификации определенной машины как в отношении ее базовой модели, так и в отношении модификации этой модели;

- межразмерную, когда унифицируют не только модификации одной базовой модели, но и базовые модели машин разных размеров данного параметрического ряда;
- межтиповую, когда унификация распространяется на машины разных типов, входящих в различные параметрические ряды.

Внутриразмерная и межразмерная унификация наиболее часто проводится на заводском уровне. Так, например, в коробке передач автомобиля ВАЗ 2110 используется 131 наименование деталей из ранее созданных автомашин – от ВАЗ 111 – «Ока» до ВАЗ 2109 «Самара» и лишь 60 новых, а в двигателе - 195 ранее используемых и 75 новых (оригинальных). И это несмотря на то, что в ВАЗ 2110 новый инжекторный двигатель.

Межтиповая унификация широко используется в автомобильной промышленности крупнейших мировых производителей. Например, такие разные марки автомобилей, как Opel Signum V6, Audi A3 и Nissan Micra используют систему управления двигателем фирмы Bosch.

Агрегатирование – принцип создания машин, оборудования и приборов из унифицированных стандартных агрегатов (автономных узлов), устанавливаемых в изделия в различном количестве и комбинациях.

Эти агрегаты должны обладать полной взаимозаменяемостью по всем эксплуатационным параметрам и присоединительным размерам. Агрегатирование позволяет снизить сроки проектирования и освоения производства новых изделий в 2-3 раза.

Внедрение унификации и агрегатирования привело к тому, что до 80% деталей и сборочных единиц переходят из изделия в изделие без изменений, обеспечивая при этом оптимальные эксплуатационные показатели и сокращая сроки проектирования и освоения новой техники в 2...2,5 раза при снижении в 1,5...2 раза соответствующих затрат.

2.2.4. Комплексная и опережающая стандартизация

Одним из основных путей достижения высокого качества машин является использование тесно взаимосвязанных между собой комплексной и опережающей стандартизации.

Комплексная стандартизация (КС) – это стандартизация, при которой осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимосвязанных требований как к объекту в целом, так и к факторам, влияющим на объект, в целях обеспечения оптимального решения конкретной





Рис. 11. Схема комплексной стандартизации проблемы. Сущность КС в систематизации, оптимизации и увязке всех взаимодействующих факторов, обеспечивающих оптимальный уровень качества продукции (рис. 11).

Наиболее эффективным средством организации работ по КС являются разработка и реализация программ КС, включающих комплексы взаимосвязанных нормативно-технических документов по стандартизации, регламентирующих нормы и требования к сырью, материалам, полуфабрикатам, комплектующим изделиям, изделиям в целом, технологическим процессам изготовления продукции, правилам и методам испытаний.

Опережающая стандартизация (ОС) – это стандартизация, заключающаяся в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм, требований к объектам стандартизации, которые, согласно научно-техническим прогнозам, будут оптимальными в последующий планируемый период.

В последние годы, в связи с ускорением научно-технического прогресса, ОС играет все более существенную роль в создании новой техники. ОС неразрывно связана с маркетингом, поскольку детальное изучение рынка и путей развития техники и будущих требований потребителя позволяет производителю продукции своевременно сформулировать новые, повышенные требования к ее качеству.

Ярким примером этого являются экологические требования к топливу, предъявляемые в Европе к автомобилям будущего. Так, в свое время, в Европейском сообществе были сформулированы ступенчато изменяемые в сторону ужесточения требования к бензину: Евро 4, Евро 5, Евро 6. В настоящее время в странах общего рынка действуют требования Евро 5, но заранее объявлены сроки перехода и нормативы Евро 6, которым должен будет соответствовать бензин для автомобилей уже в грядущем десятилетии.

Контрольные вопросы

1. Какие установлены методы стандартизации?
2. Дать определение каждого метода стандартизации.
3. Что понимается под комплексной и опережающей стандартизациями?

2.2.5. Параметрическая стандартизация

Объектами параметрической стандартизации являются параметры изделий. **Параметрами изделий** называют признаки изделий, количественно характеризующие любые их свойства или состояния.

Современные изделия требуют для характеристики их свойств большого числа параметров.

Обычно свойства изделий машиностроения выражают через показатели качества, объединяемые в группы. Основными группами показателей качества изделий являются: показатели назначения, надежности, технологичности, стандартизации и унификации и др. Названные группы объединяют несколько показателей, каждый из которых характеризуется соответствующим параметром или совокупностью параметров изделия. Например, показатель долговечности любой изнашиваемой в процессе эксплуатации механической пары представлен ресурсом, который будет зависеть от геометрических параметров (линейные и угловые размеры, отклонения формы и взаимного расположения поверхностей, волнистость,

шероховатость поверхностей сопрягаемых деталей) и от нормирования их точности, физико-механических параметров материала деталей и состояния поверхностных слоев (химический состав, структура, твердость и др.), параметров, характеризующих режим работы и условия эксплуатации и т.д.

Показатели функционального назначения, например, для автомобилей — грузоподъемность, мощность двигателя, габаритные размеры, масса и др., одновременно являются и параметрами автомобилей.

Таким образом, каждое изделие характеризуется множеством взаимосвязанных параметров.

Обычно для целей стандартизации параметры делят на главные, основные и вспомогательные.

Главным параметром изделия называют такой, который наиболее полно определяет важнейший показатель функционального назначения изделия. Особенностью главных параметров изделий являются их стабильность при конструктивных модификациях, технических и технологических усовершенствованиях изделия, а также независимость от организационных типов производства, характера оборудования, методов технологии и др.

Стандарты на главные параметры длительное время не подвергаются изменениям, а их пересмотр вызывается в большинстве случаев переходом на новые, более совершенные изделия одинакового функционального назначения.

В качестве главных параметров для металлорежущих станков принимают, как правило, габаритные размеры устанавливаемых на них заготовок. Так, для токарных станков — это высота линии центров, для фрезерных и продольно-строгальных — размеры стола для установки обрабатываемых деталей, для карусельных станков — диаметр планшайбы станка и т.д. Для кузнечно-прессового оборудования главными параметрами служат усилие, развиваемое рабочими органами, или масса падающих частей. Для

колесных и гусеничных тракторов главными параметрами являются мощность или тяговое усилие на крюке.

Основные параметры, которых для каждого изделия несколько, характеризуют в дополнение к главному параметру другие важные эксплуатационные показатели изделия. Например, для металлорежущих станков в качестве основных параметров принимают число ступеней оборотов шпинделя или двойных ходов ползуна, предельные значения чисел оборотов шпинделя; предельные значения и число ступеней подач, мощность привода станков и др.

Для колесных и гусеничных тракторов основными параметрами служат ширина колеи, скорость движения, конструктивная масса трактора.

Как видно из примеров, каждое изделие обычно характеризуется несколькими основными параметрами, причем желательно, чтобы каждый из этих параметров был оптимальным.

Оптимальные размеры должны удовлетворять ограничениям конструктивно-технологического характера. В числе установленных главных и основных параметров, используемых для параметрической стандартизации изделий, должны быть параметры, отражающие развитие науки и техники, например параметры, характеризующие производительность, материалоемкость, уровень механизации и автоматизации, динамические и скоростные показатели процессов, удельные расходы энергии, топлива и др.

Вспомогательные параметры составляют наиболее обширную группу. Применительно к автомобилям это: усилия переключения рычагов, педалей, стопоров, физико-химико-механические параметры материалов и геометрические параметры деталей, параметры режимов работы электро-, гидро- и пневмосистем, требования к внешнему виду, отделке и др.

Вспомогательные параметры изделий непосредственно связаны с конструктивными и технологическими решениями и подвержены гораздо более частым изменениям, чем главные и

основные параметры, в связи с внедрением в производство достижений науки, техники и передового опыта, и потому они не являются объектом параметрической стандартизации.

Для упорядочивания номенклатуры изготавливаемых изделий разрабатывают параметрические ряды изделий.

Под **параметрическим рядом** понимается совокупность величин (параметров), построенная по определенному признаку. Если в основу параметрического ряда положены какие – либо размеры или типы изделий, то его называют **типоразмерный ряд**. Изделия выполняют свои функции не изолировано, а в комплексе с другими изделиями и поэтому необходимо рационально сформировать систему изделий. В такой системе изделий должны быть взаимно согласованы, например, грузоподъемность кранов, мощность электроагрегатов, давление насосов и др. Установление именно стандартизованных параметрических и размерных рядов для различных машин, сборочных единиц, деталей и размеров привело к созданию изделий на основе широкой унификации сборочных единиц, комплектующих изделие.

Различают одномерную и многомерную параметрическую стандартизацию.

Одномерная стандартизация предполагает стандартизацию одного, как правило, **главного параметра изделия**.

При многомерной стандартизации объектами стандартизации являются несколько параметров изделия.

Контрольные вопросы

1. Что называется параметром изделия?
2. Как разделяются параметры изделий для стандартизации?
3. По какому параметру в основном осуществляется одномерная стандартизация?

2.2.6. Предпочтительные числа и их закономерности

Система предпочтительных чисел является основой параметрической стандартизации.

Применение предпочтительных чисел, значения которых определены стандартом, позволяет широко унифицировать параметры изделий не только в пределах одной отрасли, но и в масштабах всего народного хозяйства.

Предпочтительные числа и их ряды используются:

- при установлении стандартных значений и рядов стандартных значений величин;
- при нормировании значений исходных параметров продукции, условий ее существования и процессов, а также разрешенных (допускаемых) их отклонений;
- при нормировании значений параметров продукции, связанных логарифмируемой зависимостью с исходными параметрами, значения которых нормируются посредством предпочтительных чисел;
- при приведении значений параметров и процессов (в том числе природных констант), если использование предпочтительных чисел не влечет выхода ?... за пределы допускаемого отклонения.

К рядам предпочтительных чисел предъявляют следующие требования:

- представлять рациональную систему градаций, отвечающую потребностям всех отраслей народного хозяйства;
- допускать неограниченное развитие параметров в сторону их уменьшения и увеличения, включать все десятикратные значения любого числа, число π и единицу;
- быть простыми при построении ряда и легко запоминаемыми.

Наиболее часто ряды строятся на основании предпочтительных чисел, образованных по геометрической прогрессии, как закономерности, позволяющей наиболее полно удовлетворять предъявляемые к рядам требования.

Основным достоинством такой закономерности является постоянство относительной разности между любыми соседними числами ряда:

$$\frac{N_i - N_{i-1}}{N_{i-1}} = \varphi - 1$$

где φ — показатель геометрической прогрессии, определяющий отношение любого последующего числа ряда (N_i) к предыдущему (N_{i-1}).

Ряды чисел, построенные по закономерности геометрической прогрессии, рассчитываются по формуле

$$N = \varphi^i$$

где i — порядковый номер числа, начиная с $i=0$.

Принимая для примера $\varphi = 2$, получим ряд чисел:

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$N_i = \varphi^i$	$2^0=1$	$2^1=2$	$2^2=4$	$2^3=8$	$2^4=16$	$2^5=32$	$2^6=64$	$2^7=128$	$2^8=256$

Ряды чисел, построенные по геометрической прогрессии, обладают важными для их практического использования свойствами:

1. Произведение любых двух чисел такого ряда всегда является также числом, принадлежащим этому ряду:

$$N_n N_m = N_{n+m},$$

где n и m — порядковые номера чисел ряда.

2. Частное от деления двух чисел ряда всегда является также числом, принадлежащим этому ряду:

$$\frac{N_n}{N_m} = N_{n-m}.$$

3. Целая положительная или отрицательная степень (q) любого ряда также является числом этого ряда:

$$N_n^q = N_{nq}.$$

Указанные свойства чисел ряда геометрической прогрессии важны, так как большинство параметров изделий, такие как площадь, объем, мощность, скорость (частота вращения), моменты

инерции, сопротивления, прочностные характеристики и многие другие образуются в результате перемножения и возведения в степень других параметров, характеризующих линейные размеры, действующую силу, массу, режимы электрического тока ит.д.

Ряды чисел, построенные по геометрической прогрессии, имеют и недостатки. Сумма и разность чисел ряда не являются числами ряда. Числа ряда, построенного по геометрической прогрессии в десятичной системе, не являются круглыми числами и для практического их использования нуждаются в округлениях.

В настоящее время в основу стандартов рядов предпочтительных чисел национальных систем стандартов, в том числе в России, а также в Международной системе ИСО заложены закономерности геометрической прогрессии. Вместе с тем в ряде параметрических стандартов можно встретить закономерности арифметических и ступенчато-арифметических рядов.

Например, главный параметр метрической резьбы - диаметр по ГОСТ 24705-81 состоит из ряда чисел, построенных по закономерности ступенчато-арифметической прогрессии:

от 0,25 до 0,6 мм через 0,05 мм; от 0,6 до 1,2 мм через 0,1 мм;
от 1,2 до 2,2 мм через 0,2 мм; от 2,5 до 5,5 мм через 0,5 мм;
от 6 до 12 мм через 1 мм; от 85 до 300 мм через 5 мм;
от 300 до 600 мм через 10 мм.

Ряды чисел, построенные по арифметической прогрессии, находят из выражения:

$$N_i - N_{i-1} = a ,$$

где a - постоянная величина — знаменатель арифметической прогрессии.

Числа ряда в этом случае, как правило, не требуют округлений.

Для арифметических рядов относительная разность между соседними числами ряда величина переменная.

$$\frac{N_i - N_{i-1}}{N_i} = \frac{a}{N_{i-1}} .$$

Например, для ряда чисел от 1 до 10 $sa = 1$ относительная разность соседних чисел будет колебаться от $(2 - 1)/1 \times 100 = 100\%$ до $(10-9)/9 \times 10 = 11\%$.

В настоящее время в соответствии с рекомендациями ИСО в России действует ГОСТ 8032—84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел». Он устанавливает **четыре основных ряда** ($R5$, $R10$, $R20$ и $R40$) (табл.12) и **два дополнительных ряда** ($R80$, $R160$) предпочтительных чисел

Особенности чисел и рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84:

- все ряды состоят из рядов десятичных интервалов с округленными числами, рассчитанными по геометрической прогрессии;

- знаменатели прогрессии для рядов являются числами рядов геометрической прогрессии;

- число членов ряда в каждом десятичном интервале (0,01... 0,1; 0,1...1; 1...10; 10...100;...) постоянное для всех рядов на протяжении всего ряда;

- каждый последующий ряд включает в себя все числа предыдущих рядов;

- ряды предпочтительных чисел бесконечны в обоих направлениях;

- при выборе предпочтительных чисел из ГОСТ 8032—84 следует предпочитать ряд $R5$ ряду $R10$, ряд $R10$ – ряду $R20$ и т.д.;

- начиная с $R10$ среди предпочтительных чисел есть число 3,15, близкое к π .

Таблица 12

Характеристики основных рядов предпочтительных чисел

Обозначение ряда	Знаменатель прогрессии ϕ	Число членов ряда в десятичном интервале	Относительная разность соседних чисел ряда, %
$R5$	$\sqrt[5]{10} = 1,6$	5	60
$R10$	$\sqrt[10]{10} = 1,25$	10	25
$R20$	$\sqrt[20]{10} = 1,12$	20	12

<i>R40</i>	$\sqrt[4]{10} = 1,06$	40	6
------------	-----------------------	----	---

Примечание. Точность округления чисел ряда для всех параметрических рядов колеблется в пределах от 1,26 до 1,01 %.

R40 включает в себя числа 3000; 1500; 750; 375, имеющие особое значение в электротехнике, т.к. им соответствует ряд чисел оборота асинхронных двигателей.

В отдельных случаях, когда не представляется возможность или нет необходимости использовать все числа ряда, стандартом допускается применение выборочных рядов, которые получают из основных или дополнительных рядов отбором из них каждого второго, третьего или *i*-го члена ряда, что указывается в обозначении такого выборочного ряда. Например, выборочный ряд *R10/3* образуется включением в него каждого третьего члена основного ряда, например:

R10: 1 - 1,25 - 1,6 - 2 - 2,5 - 3,15 - 4 - 5 - 6,3 - 8 ... ;

R10/3: 1 - 2 - 4 - 8

Помимо рядов ИСО в электротехнике используются ряды Международной Электротехнической комиссии (МЭК): Е3; Е6; Е12; Е24; Е48; Е96 и Е192. Наибольшее распространение получили первые четыре ряда. Ряды МЭК также построены на базе геометрической прогрессии, знаменателями ряда: ряд Е3- $\sqrt[3]{10}=2,15$; ряд Е6- $\sqrt[6]{10}=1,47$; ряд Е12- $\sqrt[12]{10}=1,21$; ряд Е24- $\sqrt[24]{10}=1,1$ и т.д.

В случае необходимости стандартом представляется возможность создавать **составные ряды** путем сочетания предпочтительных чисел различных основных и (или) выборочных рядов, а также **производные ряды** предпочтительных чисел, которые получают путем простейшего преобразования основных и дополнительных рядов предпочтительных чисел и они также разделяются на основные и дополнительные.

Примером использования чисел и рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84 является создание стандартизированных параметрических рядов изделий на их основе и формирование взаимосвязанных и согласованных систем изделий.

Так, например –параметрический ряд, построенный по грузоподъемности (признак) железнодорожных вагонов, составляет 25; 40; 63; 100 т, то для наилучшего использования транспортных средств в народном хозяйстве грузоподъемность грузовых автомобилей должна быть 2,5; 4,0; 6,3 и 10 т, масса контейнеров - 250; 400; 630 и 1000 кг, а масса ящиков - 25; 40; 63 и 100 кг. Указанные числа параметрических рядов являются числами из предпочтительного ряда R5. Еще одним примером использования ГОСТ 8032-84 является стандарт ГОСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры», который используется для выбора размеров элементов деталей в машиностроении.

2.2.7. Система стандартизации в Российской Федерации

В настоящее время в РФ, основываясь на принципах стандартизации, действуют общетехнические системы и комплексы прогрессивных стандартов, охватывающих все этапы жизненного цикла изделий (проектирование, изготовление и эксплуатация). Каждая из систем или комплексов стандартов имеет свой номер (индекс):

- Система стандартизации в РФ (1);
- Единая система конструкторской документации (ЕСКД) (2);
- Единая система технологической документации (ЕСТД) (3);
- Система информационно-библиографической документации (СИБИД) (7);
- Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) (8);
- Единая система защиты от коррозии, старения и биоповреждений (ЕСЗКС) (9);
- Система стандартов в области безопасности труда (ССБТ)(12);
- Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП)(15);
- Единая система программной документации (ЕСПД) (19);
- Обеспечение износостойкости изделий (23);

- Система технической документации на АСУ (24);
- Расчеты и испытания на прочность и ресурс (25);
- Система стандартов «Надежность в технике» (ССНТ) (27);
- Система стандартов эргономических требований и технической эстетики (ССЭТО) (29) и др.

Установлен общий принцип обозначения стандартов, входящих в межотраслевые системы: категория стандартов, класс системы (номер системы), подкласс стандартов (если имеется), классификационная группа стандартов, порядковый номер и год регистрации стандарта.

Например, ГОСТ 2. 001– 93 , где « ГОСТ» – категория стандарта -Государственный стандарт; цифра 2 – класс системы - ЕСКД ; цифра 0 - классификационная группа стандартов, которая устанавливает общие положения в ЕСКД; цифры 01 – порядковый номер стандарта, а 93 – последние две цифры года регистрации стандарта.

Стандартами комплекса ГОСТ Р 1. (Система стандартизации в РФ) определены порядок разработки, утверждения, обновления и отмены документов по стандартизации (включая национальные, межгосударственные стандарты и стандарты организаций, а также терминологию в области стандартизации и др. организационные документы).

В настоящее время стандарты называются национальными, а с 2003-го года их утверждают, а не принимают.

ГОСТ Р 1. 2 – 2004 установил, что национальные стандарты должны пересматриваться не реже одного раза в пять лет, если не возникла необходимость в более раннем его пересмотре.

В соответствие с ГОСТ Р 1.5 – 2005 изменились правила обозначения стандартов. Ранее в СССР в обозначении государственных стандартов указывали категорию стандарта « ГОСТ», цифры, соответствующие номеру утвержденного стандарта, и через тире две последние цифры года принятия стандарта, например: ГОСТ 24642 – 81.

В соответствие с ГОСТ Р 1. 5 – 2004 стандарт обозначается :

- для внесистемных стандартов - категория стандарта «ГОСТ Р», регистрационный номер и через тире четыре цифры года утверждения стандарта, например: ГОСТ Р 1.2 – 2004; если стандарт был принят до 2000-го года, то через тире - две последние цифры года его принятия, например ГОСТ Р 16504-91;

- для стандартов, входящих в систему или комплекс общетехнических или организационно-методических национальных стандартов РФ, обозначение данного стандарта формируют при его разработке в порядке, установленном основополагающим стандартом данной системы. При этом в обозначение стандарта включают одно-двухразрядный код системы стандартов, отделенный от остальной цифровой части обозначений точкой, например: ГОСТ 2.103-68, ГОСТ 12.0.003-74;

- для национальных стандартов РФ, которые разработаны и применяются в качестве межгосударственных стандартов, буква «Р» в обозначении не указывается, например: ГОСТ 16093-2004.

- если национальный стандарт РФ полностью идентичен международному стандарту (ИСО или МЭК), то в его обозначении должна присутствовать ссылка на аналогичный стандарт ИСО или МЭК, например ГОСТ Р МЭК 61097-10-2004. а если номер и год принятия стандарта различаются - обозначение международной организации, номер и год утверждения стандарта пишутся в скобках после обозначения национального стандарта РФ, например ГОСТ 16093-2004 (ИСО 965-1:1998, ИСО 965-3:1998).

Возможны и другие варианты обозначения стандартов, которые приведены в национальном стандарте РФ ГОСТ Р 1.5-2004.

Контрольные вопросы

- 1.Зачем нужны ряды предпочтительных чисел?
2. Каким образом образуются ряды предпочтительных чисел?
- 3.Какие особенности чисел и рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84?
- 4.Каким образом обозначаются стандарты в РФ?

2.3.Сертификация и подтверждение соответствия

2.3.1.Основные понятия в области сертификации

В соответствии с ФЗ «О техническом регулировании», **сертификация**— форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям ТР, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров.

Сертификат соответствия — документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям ТР, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров.

Декларирование— форма подтверждения соответствия продукции требованиям ТР.

Декларация о соответствии – документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям ТР.

Знак обращения на рынке— обозначение, служащее для информирования приобретателей (потребителей) о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям ТР.

Знак соответствия - обозначение, служащее для информирования приобретателей (потребителей) о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту.

Орган по сертификации —юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

Аккредитация — официальное признание органом по аккредитации компетентности физического или юридического лица выполнять работы в определенной области оценки соответствия.

Аттестат аккредитации — документ, удостоверяющий аккредитацию лица в качестве органа по сертификации испытательной лаборатории (центра) в определенной области аккредитации.

Область аккредитации – сфера деятельности органа по сертификации, испытательной лаборатории (центра), определяемая при их аккредитации.

Идентификация продукции– установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам.

Испытательная лаборатория - организация, которая проводит исследования (испытания) и измерения продукции. Несколько испытательных лабораторий могут быть объединены общей сферой деятельности и единым руководством. В этом случае используется термин «центр».

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Схема подтверждения соответствия – перечень действий участников подтверждения соответствия, результаты которых рассматриваются ими в качестве доказательств соответствия продукции и иных объектов установленным требованиям.

Контроль (надзор) за соблюдением требований ТР – проверка выполнения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований ТР к объектам технического регулирования (кроме работ и услуг) и принятие мер по результатам проверки.

2.3.2. Цели и принципы подтверждения соответствия

Подтверждение соответствия – документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям ТР, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров.

Подтверждение соответствия осуществляется в **целях**:

- удостоверения соответствия ОТР техническим регламентам, стандартам, сводам правил и условиям договоров;

- содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ и услуг;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ и услуг на российском и международном рынках;
- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории РФ, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Подтверждение соответствия осуществляется на основе принципов:

- доступности информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;
- недопустимости применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования ТР;
- установления перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем ТР;
- уменьшения сроков осуществления обязательного соответствия и затрат заявителя;
- недопустимости принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе добровольной сертификации;
- защиты имущественных интересов заявителей, соблюдения коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия;
- недопустимости подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией.

Подтверждение соответствия разрабатывается и применяется независимо от страны и места происхождения ОТР и лиц, которые являются изготовителями, исполнителями, продавцами и приобретателями.

2.3.3. Формы подтверждения соответствия

Форма подтверждения соответствия - определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных ОТР требованиям ТР, положениям стандартов или условиям договоров.

Подтверждение соответствия может носить обязательный или добровольный характер (рис.12).

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах: **декларирования соответствия** и **обязательной сертификации**.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме **добровольной сертификации**.



Рис. 12. Схема форм подтверждения соответствия по ФЗ «О техническом регулировании»

2.3.3.1. Обязательное подтверждение соответствия

Обязательное подтверждение соответствия (декларирование соответствия обязательная сертификация) проводится только в случаях, установленных соответствующим ТР, и исключительно на соответствие требованиям ТР.

Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только **продукция**, которая выпускается в обращение на территории РФ.

Под **продукцией** понимают результат деятельности, представленный в материально – вещественной форме и предназначенный для дальнейшего использования в хозяйственных и иных целях.

Формы и схемы обязательного подтверждения соответствия могут устанавливаться только ТР с учетом степени риска не достижения целей ТР.

1. Декларирование соответствия – форма подтверждения соответствия продукции требованиям ТР, а документом, удостоверяющим соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям ТР, является **декларация о соответствии**. Декларирование соответствия осуществляется по одной из следующих схем (рис.13)

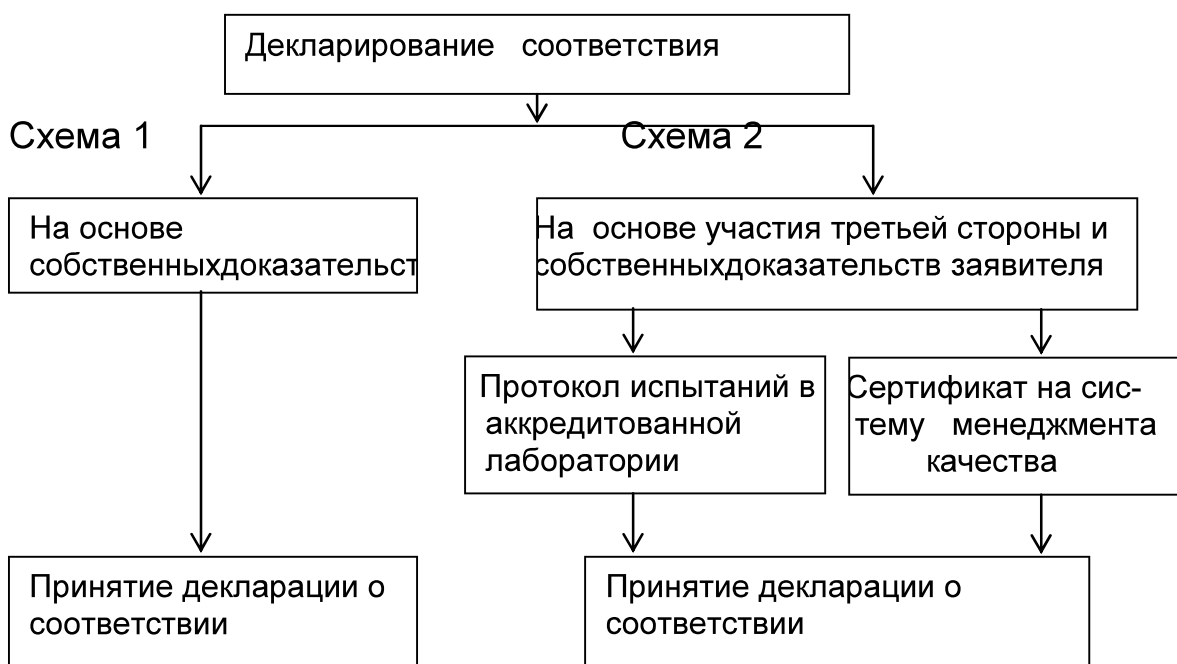


Рис.13. Схемы декларирования соответствия

При декларировании соответствия на основании собственных доказательств заявитель самостоятельно формирует доказательные материалы, такие как техническая документация, в которую должны входить: основные параметры, характеристики, описание продукции; описание мер по обеспечению безопасности продукции на одной или нескольких стадиях ее проектирования, производства, строительства, монтажа и т.д.; список документов в области стандартизации, используемых полностью или частично в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР.

Техническая документация может содержать общее описание продукции, конструкторскую и технологическую документацию на продукцию, схемы компонентов и узлов, а также результаты выполненных расчетов, проведенных испытаний и измерений и другие документы, послужившие основанием для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Конкретный состав доказательных материалов определяется соответствующим ТР.

При декларировании соответствия на основании собственных доказательств и доказательств, полученных с участием третьей стороны, заявитель по своему выбору в дополнение к собственным доказательствам:

включает в доказательные материалы протоколы исследований (испытаний) и измерений, проведенных в аккредитованной испытательной лаборатории (центре);

предоставляет сертификат системы качества, в отношении которой предусматривается контроль (надзор) органа по сертификации, выдавшего данный сертификат, за объектом сертификации.

Декларация о соответствии независимо от схем декларирования должна содержать:

- наименование и местонахождение заявителя;
- наименование и местонахождение изготовителя;

- информацию об объекте подтверждения соответствия, позволяющую идентифицировать этот объект;
- наименование ТР, на соответствие требованиям которого подтверждается продукция;
- указание на схему декларирования соответствия;
- заявление заявителя о безопасности продукции при ее использовании в соответствии с ее целевым назначением и принятии заявителем мер по обеспечению соответствия продукции требованиям ТР;
- сведения о проведенных исследованиях (испытаниях) и измерениях, сертификате системы менеджмента качества, а также документах, послуживших основанием для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов;
- срок действия декларации о соответствии, который устанавливается соответствующим ТР, и иные сведения, определенные соответствующим ТР.

Форма декларации о соответствии утверждается ФОИВ по техническому регулированию.

Декларация о соответствии, оформленная заявителем таким образом, подлежит регистрации в едином реестре деклараций о соответствии в течение трех дней, за порядок формирования и ведения которого отвечает федеральный орган исполнительной власти (ФОИВ).

Декларация о соответствии и доказательные материалы хранятся у заявителя в течение трех лет с момента окончания срока действия декларации, а второй экземпляр декларации о соответствии – у ФОИВ.

2. Обязательная сертификация – это вторая форма обязательного подтверждения соответствия продукции требованиям ТР, которая осуществляется только органом по сертификации на основании договора с заявителем.

Орган по сертификации (см. п.2.3.1.) привлекает на договорной основе аккредитованные лаборатории (центры) для проведения исследований и измерений; выдает сертификаты соответствия;

ведет реестр выданных им сертификатов соответствия; приостанавливает или прекращает действие выданных сертификатов соответствия и информирует об этом ФОИВ и органы государственного контроля; принимает решение о продлении срока действия сертификата соответствия; проводит проверку производства сертифицируемой продукции; осуществляет совместно с органами государственного контроля (надзора) инспекционный контроль за соответствием выпускаемой продукции сертифицированному образцу; предоставляет заявителям информацию о порядке проведения сертификации; определяет стоимость работ по сертификации и т.д.

Если органов по сертификации одной и той же продукции несколько, то заявитель имеет право обратиться в любой из соответствующих органов по сертификации, аккредитованных в соответствующей области.

Для осуществления работ по сертификации испытательные лаборатории (центры) аккредитуются в установленном порядке и осуществляют свою деятельность в соответствии с областями их аккредитации на условиях договоров с органами по сертификации.

Органы по сертификации не вправе предоставлять аккредитованным испытательным лабораториям (центрам) сведения о заявителе.

По результатам исследований (испытаний) и измерений аккредитованная испытательная лаборатория (центр) оформляет протоколы, на основании которых орган по сертификации принимает решение о выдаче или об отказе в выдаче сертификата

Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим ТР.

Соответствие продукции требованиям ТР подтверждается документом – **сертификатом соответствия**, выдаваемым заявителю органом по сертификации.

Сертификат соответствия включает в себя:

- наименование и местонахождение заявителя;

- наименование и местонахождение изготовителя продукции, прошедшей сертификацию;
- наименование и местонахождение органа по сертификации, выдавшего сертификат соответствия;
- информацию об объекте сертификации, позволяющую идентифицировать этот объект;
- наименование ТР, на соответствие требованиям которого проводилась сертификация;
- информацию о проведенных исследованиях (испытаниях) и измерениях;
- информацию о документах, представленных заявителем в орган по сертификации в качестве доказательств соответствия продукции требованиям ТР;
- срок действия сертификата соответствия, который устанавливается соответствующим ТР.
- информацию об использовании или не использовании заявителем национальных стандартов, включенных в перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР.

Форма сертификата соответствия утверждается ФОИВ по техническому регулированию.

Сертификат соответствия выдается на серийно выпускаемую продукцию, на отдельно поставляемую партию продукции или на единичный экземпляр продукции.

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу и действуют на всей территории РФ.

Продукция, соответствие которой требованиям ТР подтверждено декларированием соответствия или обязательной сертификацией, маркируется знаком обращения на рынке(см. п.2.3.1.), изображение которого устанавливается Правительством РФ, а маркировка знака обращения на рынке

продукции осуществляется самостоятельно заявителем любым удобным для него способом.

Обязательная сертификация в ТР должна закладываться только в обоснованных случаях. Для ее применения рекомендуется руководствоваться одним из следующих критериев:

- высокая степень потенциальной опасности продукции в сочетании со специальными мерами по защите рынка (например, обязательная сертификация лекарственных средств);
- принадлежность конкретной продукции к сфере действия международных соглашений и других документов, к которым присоединилась Россия и в которых предусмотрена сертификация подобной продукции (например, система сертификации механических транспортных средств на соответствие правилам ЕЭК ООН - Женевское соглашение 1958г.). Этот критерий обеспечивает взаимное признание результатов подтверждения соответствия без повторной сертификации;
- исключение случаев, когда заявитель не может реализовать положение ФЗ об обязательном подтверждении соответствия (например, невозможность ввоза необходимой нашей стране продукции из-за отсутствия у поставщика необходимой процедуры подтверждения соответствия).

При обязательном подтверждении соответствия заявитель вправе выбирать форму и схему подтверждения соответствия, предусмотренные для определенных видов продукции соответствующим ТР; обращаться для обязательной сертификации в любой орган по сертификации, аккредитация которого распространяется на сертифицируемую заявителем продукцию, а также обращаться в орган по аккредитации с жалобами на неправомерные действия органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров).

2.3.3.2. Добровольное подтверждение соответствия

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в **форме добровольной сертификации** по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации.

Добровольная сертификация – это форма для установления соответствия объектов требованиям национальных стандартов, стандартов организаций, сводов правил, систем добровольной сертификации, условий договоров.

Объектами добровольного подтверждения соответствия являются объекты, на которые отсутствуют обязательные к выполнению требования по безопасности: продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации, сводами правил и договорами устанавливаются требования. Добровольная сертификация ограничивает доступ на рынок некачественных изделий.

Орган по сертификации:

осуществляет подтверждение соответствия объектов добровольного подтверждения соответствия;

выдает сертификаты соответствия на объекты, прошедшие добровольную сертификацию ;

предоставляет заявителям право на применение знака соответствия, если его применение предусмотрено системой добровольной сертификацией;

приостанавливает или прекращает действие выданных им сертификатов соответствия.

Система добровольной сертификации (см.п.2.3.2.) может быть создана юридическим лицом и (или) индивидуальным предпринимателем или несколькими юридическими лицами и (или) индивидуальными предпринимателями. При создании системы добровольной сертификации устанавливается перечень объектов, подлежащих добровольной сертификации, их характеристик, на соответствие которым осуществляется добровольная сертификация, правила выполнения работ и их

оплаты. Системой добровольной сертификации может предусматриваться применение знака соответствия. ФОИВ ведет единый реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации.

При регистрации системы добровольной сертификации, которая осуществляется в течение 5-и дней, в ФОИВ по ТР представляют:

- свидетельство о государственной регистрации юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя;
- правила функционирования системы добровольной сертификации;
- изображение знака соответствия, применяемое в данной системедобровольной сертификации, если оно предусмотрено, и порядок его применения;
- документ об оплате регистрации системыдобровольной сертификации.

Порядок регистрациисистемы добровольной сертификации и размер платы за регистрацию устанавливается Правительством РФ.

Порядок ведения единого реестра зарегистрированныхсистем добровольной сертификации и предоставления сведений, содержащихся в этом реестре, устанавливается ФОИВ.

Контрольные вопросы

- 1.Что такое подтверждение соответствия и вкаких формах осуществляется подтверждение соответствия?
- 2.Что такое декларация и сертификат соответствия?
- 3.Что такое знак обращенияна рынке и знак соответствия ?

2.3.4. Правила и порядок проведения сертификации

Правилами конкретной системы сертификации устанавливается порядок ее проведения, а основные этапы процесса сертификации неизменны независимо от вида и объекта сертификации: заявка на сертификацию, оценка соответствия объекта сертификации установленным требованиям, анализ результатов оценки

соответствия, решение по сертификации, инспекционный контроль за сертифицированным объектом (рис.14).

Схемы сертификации (определенный набор действий) могут включать одну или несколько операций, результаты которых необходимы для подтверждения соответствия объекта сертификации установленным нормам, а именно:

- испытания (типовых образцов, партий и единиц продукции);
- сертификацию системы качества (на стадиях проектирования и производства, только производства или при окончательном контроле и испытаниях);
- инспекционный контроль;
- рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам.



Рис.14. Основные этапы процесса сертификации

При **выборе схемы сертификации** должны учитываться: особенности производства, испытаний, поставки и использование конкретной продукции; требуемый уровень доказательства и возможные затраты заявителя.

Ниже представлены рекомендуемые схемы сертификации: 1 – 10а и схемы декларирования: 1д – 7д.

Схемы сертификации[29]

№ схемы	Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и другие способы доказательства соответствия	Проверка производства (системы качества)	Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства)
1	Испытание типового образца*		
1а	Испытание типового образца	Анализ состояния производства	
2	Испытание типового образца		Испытания образцов, взятых у продавца
2а	Испытание типового образца	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Анализ состояния производства
3	Испытание типового образца		Испытания образцов, взятых у изготовителя
3а	Испытание типового образца	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
4	Испытание типового образца		Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя
4а	Испытание типового образца	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
5	Испытание типового образца	Сертификация системы качества или сертификация производства	Контроль сертифицированной системы качества (производства). Испытания образцов, взятых у продавца и (или) у изготовителя**
6	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества
7	Испытания партии		
8	Испытания каждого образца		
9	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам		

9а	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	
10	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам		Испытания образцов, взятых у изготовителя и (или) у продавца
10а	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя и (или) у продавца. Анализ состояния производства.

* Испытания выпускаемой продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями.

** Необходимость и объем испытаний, место отбора образцов определяет орган по сертификации продукции по результатам инспекционного контроля за сертифицированной системой качества (производством).

Схемы сертификации 1- 6 используются при сертификации продукции, серийно выпускаемой в течение действия сертификата; схемы 7,8,9 – при сертификации уже выпущенной партии или единичного изделия. С введением недавно принятых схем 9-10а российская система сертификации еще больше приблизилась к европейской системе.

Схемы декларирования соответствия

Схемы	Содержание схемы и её исполнители	Обозначение европейского модуля, близкого к схеме
1д	Заявитель приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле; принимает декларацию о соответствии	A
2д	Аккредитованная испытательная лаборатория проводит испытания типового образца продукции. Заявитель принимает декларацию о соответствии	C
3д	Орган по сертификации сертифицирует систему качества на стадии производства. Аккредитованная испытательная лаборатория проводит испытания типового образца продукции. Заявитель принимает декларацию о соответствии. Орган по сертификации осуществляет инспекционный контроль за системой качества	D
4д	Орган по сертификации сертифицирует систему качества на этапах контроля и испытаний. Аккредитованная испытательная лаборатория проводит испытания типового образца продукции. Заявитель принимает декларацию о соответствии. Орган по сертификации осуществляет инспекционный контроль за системой качества	E

5д	Аккредитованная испытательная лаборатория проводит испытания партиивыпускаемой продукции. Заявитель принимает декларацию о соответствии.	F
6д	Аккредитованная испытательная лаборатория проводит испытания каждой единицы продукции. Заявитель принимает декларацию о соответствии.	G
7д	Орган по сертификации сертифицирует систему качества на стадиях проектирования и производства. Заявитель проводит испытания образца продукции; принимает декларацию о соответствии. Орган по сертификации осуществляет инспекционный контроль за системой качества	H

Порядок проведения сертификации:

1. Этап заявки на сертификацию заключается в выборе заявителем органа по сертификации, способного провести оценку соответствия интересующего его объекта. Это определяется областью аккредитации органа по сертификации. Если данную работу могут провести несколько органов по сертификации, то заявитель вправе обратиться в любой из них. Заявка направляется по установленной в системе сертификации форме. Орган по сертификации рассматривает ее и сообщает заявителю решение.

Решение по заявке также имеет определенную форму. В ней указываются все основные условия сертификации, в том числе схема сертификации, наименование испытательной лаборатории для проведения испытаний (если они предусмотрены схемой сертификации) или их перечень для выбора заявителем, номенклатура нормативных документов, на соответствие которым будет проведена сертификация.

2. Этап оценки соответствия имеет особенности в зависимости от объекта сертификации.

- **Оценкесоответствия продукции** состоит из отбора и идентификации образцов изделий и их испытаний. Образцы должны быть такими же, как и продукция, поставляемая потребителю. Образцы выбираются случайным образом по установленным правилам из готовой продукции. Отобранные

образцы изолируют от основной продукции, упаковывают, пломбируют или опечатывают на месте отбора, после чего составляется акт по установленной в испытательной лаборатории форме. Отбор образцов для испытаний осуществляет, как правило, испытательная лаборатория (или орган по сертификации). На всех стадиях хранения, транспортирования и подготовки образцов к испытаниям, а также в процессе испытаний должны соблюдаться требования, приведенные в нормативной документации на продукцию. Все этапы движения образцов в ходе работ по сертификации регистрируются в журнале и подтверждаются подписью ответственных лиц.

Испытания для сертификации проводятся в испытательных лабораториях, аккредитованных на проведение тех испытаний, которые предусмотрены в нормативных документах, используемых при сертификации данной продукции.

Протоколы испытаний представляются заявителю и в орган по сертификации. Копии протоколов испытаний хранятся в течение времени не менее срока действия сертификата.

- **Оценка соответствия услуг** зависит от их вида. *Услуги нематериального характера (например, оценка движимого и недвижимого имущества) оцениваются экспертным или социологическим методом. Проверка материальных услуг (например, услуги по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств) основана на испытаниях результата услуги и оформление протокола испытаний.*

Испытания результата услуги проводятся в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке, или на базе заявителя экспертами органа по сертификации с использованием его испытательного и технологического оборудования. Это оборудование должно быть проверено или откалибровано органами метрологической службы. При проведении испытаний осуществляется выборочная проверка отремонтированных изделий, если сертифицируются услуги по ремонту (например, автомобиль или швейная машинка). Если вид

услуг подпадает под требования обязательной сертификации, то оцениваются показатели безопасности изделий после ремонта или обслуживания. При добровольной сертификации услуг в основном оцениваются функциональные показатели. Число проверяемых изделий и порядок их отбора определяет орган по сертификации в соответствии с нормативными документами системы сертификации.

Протоколы испытаний представляются заявителю и в орган по сертификации. Копии протоколов испытаний подлежат хранению в течение времени не менее срока действия сертификата.

• **Оценка соответствия системы качества предприятия**

требованиям, установленным в соответствующих нормативных документах, включает в себя предварительную оценку готовности проверяемой организации и оценку системы качества непосредственно на месте:

Предварительная оценка готовности проверяемой организации состоит в анализе описания системы качества в документах, присланных предприятием вместе с заявкой на сертификацию, которая завершается подготовкой письменного заключения о возможности проведения сертификации системы качества на предприятии. При положительном решении орган по сертификации направляет заявителю «Заключение по результатам предварительной оценки системы качества» и проект договора на проведение проверки и оценки системы качества в организации. В договоре определяют цель, объем и сроки проводимых работ, ответственность сторон, а также порядок оплаты работ по проверке и оценке системы качества.

После предварительной оценки системы качества начинается **оценка системы качества** на предприятии с выполнения следующих работ в органе по сертификации:

а) составляют программу проверки; б) распределяют обязанности между членами комиссии в соответствии с программой проверки; в) подготавливают рабочие документы; г) согласуют программу проверки с проверяемой организацией, которую разрабатывает

главный эксперт комиссии. Разногласия по программе между главным экспертом и представителем заявителя разрешаются до начала проведения проверки.

Обследование проверяемой организации осуществляется путём сбора и анализа фактических данных и регистрации наблюдений в ходе проверки. Сбор фактических данных производится на основе опроса персонала, анализа использованных документов, процессов производства, деятельности функциональных подразделений и персонала, а также изучения и оценки проводимых мероприятий по обеспечению качества продукции.

Обнаруженные отклонения от требований стандарта тщательно анализируются группой экспертов, проводящих проверку, перед тем как охарактеризовать их как несоответствия.

Несоответствие- это невыполнение установленных требований.

Различают следующие категории несоответствия:

- категория 1- значительное несоответствие**, заключающееся в отсутствии, неприменении или полном нарушении требований к элементам системы качества;

- категория 2 - малозначительное несоответствие** — единичное упущение в элементе системы качества.

Уведомление - наблюдение, сделанное экспертом в целях предотвращения появления возможного несоответствия.

Зарегистрированные несоответствия (уведомления) официально представляют руководству проверяемой организации. Каждое несоответствие должно быть подтверждено объективными доказательствами. Уполномоченный представитель руководства проверяемой организации ставит свою подпись на бланках с несоответствиями (уведомления), чем подтверждает их принятие.

Решение о признании системы качества соответствующей стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2001 принимают при отсутствии значительных несоответствий или наличии не более 10 малозначительных несоответствий. Отрицательное решение

принимается в случае однозначительного несоответствия или более 10 малозначительных несоответствий. Наличие уведомлений не влияет на принятие решение о сертификации. Затем комиссия составляет акт о проверке, в котором указывает соответствует или не соответствует система качества заявленному стандарту, дает заключение о наличии системы испытаний, обеспечивающих контроль всех характеристик выпускаемой продукции и указывает сроки устранения малозначительных несоответствий, если они имеются. Акт, к которому прилагается программа проверки, сведения о несоответствиях и уведомления, подписывается членами комиссии, главным экспертом и руководителем проверяемой организации и издается в трех экземплярах: для проверяемой организации, органа по сертификации и Технического центра регистра систем качества.

3. Анализ практической оценки соответствия объекта сертификации установленным требованиям заключается в рассмотрении результатов испытаний, экзамена или проверки системы качества в органе по сертификации.

При **сертификации продукции** заявитель представляет в орган документы, указанные в решении по заявке, и протокол испытаний образцов продукции из испытательной лаборатории. Эксперты органа по сертификации проверяют соответствие результатов испытаний, отраженных в протоколе действующей нормативной документации. После этого принимается решение о выдаче сертификата соответствия или проведении недостающих испытаний.

Аналогичные действия производятся органом по **сертификации услуг** при проверке соответствия результата услуги.

При **сертификации систем качества** анализ результатов оценки соответствия проводится на основании акта о проверке. Выводы по акту сводятся к одному из трех вариантов:

- система полностью соответствует заявленному стандарту;

- система в целом соответствует стандарту, но обнаружены отдельные малозначительные несоответствия по элементам системы качества;

- система содержит значительные несоответствия.

Решение о сертификации или отказе в ней принимает руководство органа по сертификации совместно с главным экспертом комиссии. В системе сертификации ГОСТ Р окончательное решение принимает Центральный орган по сертификации.

4.Решение по сертификации сопровождается выдачей сертификата соответствия заявителю или отказом в нем. При положительных результатах испытаний (проверок), предусмотренных схемой сертификации, и экспертизы представленных документов орган по сертификации оформляет сертификат соответствия, регистрирует его и выдает лицензию на право применения знака соответствия. Этим знаком маркируется продукция или документация на услуги, прошедшая сертификацию.

Вид сертификата соответствия и срок его действия устанавливаются правилами системы добровольной сертификации. Обычно действие сертификата распространяется: на продукцию на срок ее службы, эксплуатации или реализации, на услуги- до трех лет, на системы качества предприятий – три года, на персонал – пять лет.

При обязательном подтверждении соответствия продукции форма и схемы обязательного подтверждения соответствия определяются соответствующим ТР. Орган по сертификации при положительном решении оформляет декларацию о соответствии или сертификат соответствия на продукцию, которая маркируется знаком обращения на рынке. Изображение знака обращения на рынке устанавливается Правительством РФ. Срок действия декларации о соответствии или сертификата соответствия определяется соответствующим ТР.

5.Инспекционный контроль за сертифицированным объектом проводится органом, выдавшим сертификат, если это

предусмотрено схемой сертификации. Он проводится в течение всего срока действия сертификата, обычно один раз в год в форме периодических проверок.

В комиссии органа по сертификации при инспекционном контроле могут участвовать специалисты территориальных Ростехрегулирования, представители обществ потребителей и других заинтересованных организаций. Внеплановые проверки осуществляются при наличии информации о претензиях к качеству продукции и услуг, а также при существенных изменениях в конструкции сертифицированного изделия, технологии оказания услуг или организационной структуре предприятия, влияющих на процессы системы качества.

Инспекционный контроль включает в себя анализ информации о сертифицированном объекте и проведении выборочных проверок образцов продукции, услуг или элементов системы качества. По итогам инспекционного контроля составляется акт, где дается заключение о возможности сохранения действия сертификата или приостановлении его действия, которое происходит при выявлении нарушений его использования. Если нарушения можно устранить в достаточно короткое время, тогда орган по сертификации предписывает заявителю выполнение корректирующих мероприятий и устанавливает срок их реализации. При выполнении корректирующих мероприятий в согласованные сроки заявителем и признании органом по сертификации результативности этих мероприятий принимается решение о продлении действия сертификата соответствия.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы сертификации продукции, услуг и систем качества.
2. Что такое схема сертификации?
3. Какие установлены схемы сертификации и декларирования соответствия?

2.3.5. Аккредитация органов по сертификации

испытательных лабораторий (центров)

Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) осуществляется **в целях**:

- подтверждения компетентности органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия;
- обеспечения доверия изготовителей, продавцов и приобретателей к деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров);
- создания условий для признания результатов деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров).

Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия, осуществляется **на основе принципов**:

- добровольности;
- открытости и доступности правил аккредитации;
- компетентности и независимости органов, осуществляющих аккредитацию;
- недопустимости ограничения конкуренции и создания препятствий пользованию услугами органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров);
- обеспечения равных условий лицам, претендующим на получение аккредитации;
- недопустимости совмещения полномочий на аккредитацию и подтверждение соответствия;
- недопустимости установления пределов действия документов об аккредитации на отдельных территориях.
- недопустимости совмещения полномочий по аккредитации с полномочиями по государственному контролю (надзору) за соблюдением требований ТР, за исключением осуществления контроля за деятельностью аккредитованных лиц;
- обеспечения конфиденциальности информации, полученной при осуществлении аккредитации;

- недопустимости предоставления органом по аккредитации платных консультационных услуг.

Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) осуществляется национальным органом РФ по аккредитации.

Порядок аккредитации органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия, включая порядок и условия выдачи, переоформления, подтверждения аттестатов аккредитации, приостановления и прекращения их действия, порядок аттестации экспертов по аккредитации, порядок привлечения, отбора экспертов по аккредитации и технических экспертов устанавливается Правительством РФ.

Критерии аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) и требования к ним устанавливаются ФОИВ, уполномоченным Правительством РФ на основании международных стандартов.

Порядок формирования, ведения реестра органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров), реестра экспертов по аккредитации устанавливаются Правительством РФ.

Национальный орган по аккредитации:

- осуществляет аккредитацию органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), проверку соблюдения требований к ним;
- ведет реестр органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров) и экспертов по аккредитации;
- выдает аттестаты аккредитации, переоформляет, приостанавливает их или прекращает их действие;
- участвует в международных организациях по вопросам аккредитации и взаимодействует с национальными органами иностранных государств по аккредитации;

- обеспечивает предоставление заявителям информации о порядке и правилах проведения аккредитации, устанавливает порядок рассмотрения жалоб (претензий) заявителей и пр.

Принципы организации системы аккредитации в РФ определены в стандартах ГОСТ Р серии 51 000, которые гармонизированы с руководствами ИСО/МЭК, европейскими стандартами серии EN 45 000, положениями Международной конференции по аккредитации испытательных лабораторий.

Перечень организаций, участвующих в деятельности по аккредитации, аккредитованных органов по сертификации, испытательных лабораторий, других субъектов, а также установленных норм, правил, процедур, которые определяют действие этой системы, представлены на рис.15.



Рис. 15.Российская система аккредитации по ГОСТ Р 5 1000.6-96

Участниками российской системы аккредитации являются:

Совет по аккредитации в РФ, аккредитующие органы и технические центры по видам деятельности, объекты аккредитации и аккредитованные организации, эксперты по аккредитации.

2.3.6. Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов

Государственный контроль (надзор) осуществляется органами федеральной власти и субъектов РФ в соответствии с законодательством исключительно за соблюдением требований ТР в отношении продукции или связанных с требованиями к ней процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

В отношении продукции государственный контроль (надзор) за соблюдением требований ТР осуществляется исключительно на стадии обращения продукции.

Органы госконтроля (надзора) имеют право требовать от изготовителя предъявления декларации о соответствии или сертификата соответствия, подтверждающих соответствие продукции требованиям ТР, или их копий, если они предусмотрены соответствующим ТР; выдавать предписания об устранении нарушений требований ТР в определенный срок вплоть до решения о запрете передачи продукции; о полном или частичном приостановлении процессов производства, эксплуатации, хранения и др.; приостановки или прекращения действия декларации или сертификата соответствия, требовать от изготовителя предъявления доказательственных материалов при обязательном подтверждении соответствия продукции а также привлекать изготовителя к ответственности в соответствии с законодательством РФ.

Органы госконтроля (надзора) обязаны соблюдать коммерческую тайну, порядок осуществления мероприятий по государственному контролю (надзору) за соблюдением требований ТР и принимать меры по результатам этих мероприятий,

направлять информацию о несоответствии продукции требованиям ТР и осуществлять другие предусмотренные законодательством РФ полномочиями.

2.3.7. Международные организации по стандартизации и метрологии

ИСО – международная организация по стандартизации, которая создана в 1946 году. Целью ИСО является содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи, а также для расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

Организационная структура ИСО представлена на рис.16:

В состав ИСО входят 120 стран через свои национальные организации по стандартизации. Россию представляет Ростехрегулирование в качестве комитета-члена ИСО.

Высшим органом управления является Генеральная ассамблея, которая собирается не реже одного раза в 3 года. В период между сессиями Генеральной ассамблеи работой руководит Совет ИСО, в состав которого входят представители национальных организаций по стандартизации.



Рис. 16. Организационная структура ИСО

Совету ИСО подчиняются семь комитетов:

ПРОФКО – комитет по изучению научных принципов стандартизации; оказывает методическую и информационную помощь Совету ИСО по принципам и методике разработки международных стандартов.

ПЛАКО – техническое бюро; подготавливает предложения по планированию работы ИСО, организации и координации технических сторон работы.

КАСКО – комитет по оценке соответствия; занимается вопросами подтверждения соответствия продукции, процессов, услуг и систем качества требованиям стандартов, компетентности испытательных лабораторий и органов по сертификации.

ДЕВКО – комитет по оказанию помощи развивающимся странам; изучает запросы развивающихся стран в области стандартизации и разрабатывает рекомендации по содействию этим странам в данной области.

КОПОЛКО – комитет по защите интересов потребителей; изучает возможности содействия интересам потребителей через международную стандартизацию.

РЕМКО – комитет по стандартным образцам; занимается разработкой руководств по вопросам, связанным со стандартными образцами (эталоны) и является координатором деятельности по стандартным образцам с международными метрологическими организациями, в частности с Международной организацией законодательной метрологии.

МОЗМ – международная организация законодательной метрологии, членами которой являются около 90 стран мира; создана в 1955 году, разрабатывает общие вопросы законодательной метрологии; собирается один раз в 4 года.

Высшим руководящим органом МОЗМ является Международная конференция законодательной метрологии, а

исполнительным органом организации – Международный комитет законодательной метрологии, который руководит в промежутке между конференциями и собирается один раз в 2 года. В настоящее время странами-членами МОЗМ являются 50 государств и членами-корреспондентами – 32 государства.

МОЗМ участвует в работе 29 технических комитетов ИСО.

Целью МОЗМ является международное согласование деятельности государственных метрологических служб или других национальных учреждений, направленное на обеспечение единства и точности измерений в странах, входящих в МОЗМ.

МЭК – международная электротехническая комиссия, основной задачей которой является разработка международных стандартов в области электротехники и радиоэлектроники; образована в 1906 году, собирается МЭК ежегодно. Советский СОЮЗ входил в МЭК с 1922 г. В настоящее время Ростехрегулирование представляет Россию в МЭК.

Основными объектами стандартизации являются: материалы для электротехнической промышленности - медь, алюминий и их сплавы, жидкие, твердые, газообразные диэлектрики, магнитные материалы; электротехническое оборудование производственного назначения – сварочные аппараты, двигатели, кабель и др.; электроэнергетическое оборудование – паровые и гидравлические турбины, линии электропередач, генераторы, трансформаторы, изделия электронной промышленности – интегральные схемы, печатные платы, микропроцессоры и т. д.; электробытовая техника; электроинструменты, радиоаппаратура, терминология и пр.

Высшим органом МЭК является Совет.

Основной координационный орган – это Комитет действий, в подчинении которого работают комитеты по направлениям и консультативные группы.

ЕС – Европейский Союз, возник как организация в 1993 г. на основе Европейского экономического сообщества(**ЕЭС**), которое было создано в 1957 году с целью создания единого экономического пространства путем повышения уровня

экономического развития его участников и которое включало шесть стран: Францию, Италию, ФРГ, Бельгию, Нидерланды, Люксембург. В настоящее время в ЕС входят 27 стран Европы.

ЕС придает первостепенное значение устранению национальных барьеров в торговле и развитию европейской стандартизации - созданию системы обязательных для ЕС единых стандартов, базирующихся на лучших национальных стандартах европейских стран.

ЕС разрабатывает и утверждает "Директивы ЕС", обязательные для применения во всех странах – членах ЕС, которые вводятся через законодательные акты государств – членов ЕС.

СЕН – Европейский комитет по стандартизации; учрежден в 1961г. в рамках Европейского союза (ЕС) по инициативе Европейского экономического сообщества (ЕЭС) и Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ); включает только национальные организации стран Европейского сообщества; разрабатывает европейские стандарты (EN) на основе стандартов международных организаций ИСО и МЭК.

Высшим органом СЕН является Генеральная ассамблея. Административный совет через центральный секретариат осуществляет всю административную работу, а технические комитеты и консультативные группы ведут работы по стандартизации.

МБМВ -Международное Бюро Мер и Весов; эта организация была основана в 1875 г. с целью унификации применяемых в разных странах систем единиц измерений и установления единообразия эталонов длины и массы. В настоящее время МБМВ, находясь в г.Севр (Франция), активно функционирует, координируя деятельность метрологических организаций более чем 100 стран. Она хранит международные прототипы метра и килограмма, имеет международные эталоны электрических измерений, единиц ионизирующих излучений, организует периодическое сличение национальных эталонов длины, массы, ЭДС, электрического сопротивления и др.

Высшим международным органом МБМВ является Генеральная конференция по мерам и весам (собирается не реже одного раза в 4 года), которая избирает Международный комитет мер и весов (МКМВ). Он собирается ежегодно и руководит работой всей организации в промежутках между Генеральными конференциями.

ЕОК - Европейская организация по качеству была создана как Европейская организация по контролю качества (ЕОКК) в 1957 г., в 1988 г. переименована в ЕОК. Основная цель этой организации - это содействие, распространение, совершенствование практических методов и теоретических принципов управления качеством для повышения качества, надежности продукции и услуг. В организацию входят 65 стран Европы, Азии, Америки и Африки.

Высшим руководящим органом ЕОК является Совет, в состав которого входят официальные представители членов ЕОК и должностные лица ЕОК. Высшим должностным ЕОК является президент, избираемый на два года.

Контрольные вопросы

1. Перечислите цели и принципы аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров).
2. Кто является участником российской системы аккредитации?
3. Какие права и обязанности установлены для органов государственного контроля (надзора)?
4. Какие вы знаете основные международные организации по метрологии, стандартизации и качеству?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Значение коэффициента t_p для случайной величины, имеющей распределение Стьюдента с $n-1$ степенями свободы

$n-1$	P=0,90	P=0,95	P=0,98	P=0,99
2	2,920	4,303	6,965	9,925
3	2,353	3,182	4,541	5,841
4	2,132	2,776	3,747	4,604
5	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,761	2,145	2,624	2,997
15	1,753	2,133	2,602	2,947
16	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,699	2,045	2,462	2,756

30	1,697	2,043	2,457	2,750
∞	1,64485	1,95996	2,32634	2,57582

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Дифференциальная функция нормированного нормального
распределения [4] $p(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,398942	0,398922	0,398862	0,398763	0,398623	0,398444	0,398225	0,397966	0,397668	0,397330
0,1	0,396953	0,396536	0,396080	0,395585	0,395052	0,394479	0,393868	0,393219	0,392531	0,391806
0,2	0,391043	0,390242	0,389404	0,388529	0,387617	0,386668	0,385683	0,384663	0,383606	0,382515
0,3	0,381388	0,380226	0,379031	0,377801	0,376537	0,375240	0,373911	0,372548	0,371154	0,369728
0,4	0,36827	0,366782	0,365263	0,363714	0,362135	0,360527	0,358890	0,357225	0,355533	0,353812
0,5	0,352065	0,350292	0,348493	0,346668	0,344818	0,342944	0,341046	0,339124	0,337180	0,335213
0,6	0,333225	0,331215	0,329184	0,327133	0,325062	0,322972	0,320864	0,318737	0,316593	0,314432
0,7	0,312254	0,310060	0,307851	0,305627	0,303389	0,301137	0,298872	0,296595	0,294305	0,292004
0,8	0,289692	0,287369	0,285036	0,282694	0,280344	0,277985	0,275618	0,273244	0,270864	0,268477
0,9	0,266085	0,263688	0,261286	0,258881	0,256471	0,254059	0,251644	0,249228	0,246809	0,24439
1,0	0,241971	0,239551	0,237132	0,234714	0,232297	0,229882	0,227470	0,22506	0,222653	0,220251
1,1	0,217852	0,215458	0,213069	0,210686	0,208308	0,205936	0,203571	0,201214	0,198863	0,196520
1,2	0,194186	0,19186	0,189543	0,187235	0,184937	0,182649	0,180371	0,178104	0,175847	0,173602
1,3	0,171369	0,169147	0,166937	0,164740	0,162555	0,160383	0,158225	0,15608	0,153948	0,151831
1,4	0,149727	0,147639	0,145564	0,143505	0,14146	0,139431	0,137417	0,135418	0,133435	0,131468
1,5	0,129518	0,127583	0,125665	0,123763	0,121878	0,120009	0,118157	0,116323	0,114505	0,112704
1,6	0,110921	0,109155	0,107406	0,105675	0,103961	0,102265	0,100586	0,098925	0,097282	0,095657
1,7	0,094049	0,092459	0,090887	0,089333	0,087796	0,086277	0,084776	0,083293	0,081828	0,08038
1,8	0,07895	0,077538	0,076143	0,074766	0,073407	0,072065	0,070740	0,069433	0,068144	0,066871
1,9	0,065616	0,064378	0,063157	0,061952	0,060765	0,059595	0,058441	0,057304	0,056183	0,055079
2,0	0,053991	0,052919	0,051864	0,050824	0,04980	0,048792	0,047800	0,046823	0,045861	0,044915
2,1	0,043984	0,043067	0,042166	0,041280	0,040408	0,039550	0,038707	0,037878	0,037063	0,036262
2,2	0,035475	0,034701	0,033941	0,033194	0,03246	0,031740	0,031032	0,030337	0,029655	0,028985
2,3	0,028327	0,027682	0,027048	0,026426	0,025817	0,025218	0,024631	0,024056	0,023491	0,022937
2,4	0,022395	0,021862	0,021341	0,020829	0,020328	0,019837	0,019356	0,018885	0,018423	0,017971
2,5	0,017528	0,017095	0,016670	0,016254	0,015848	0,015449	0,015060	0,014678	0,014305	0,01394
2,6	0,013583	0,013234	0,012892	0,012558	0,012232	0,011912	0,011600	0,011295	0,010997	0,010706

2,7	0,010421	0,010143	0,009871	0,009606	0,009347	0,009094	0,008846	0,008605	0,00837	0,00814
2,8	0,007915	0,007697	0,007483	0,007274	0,007071	0,006873	0,006679	0,006491	0,006307	0,006127
2,9	0,005953	0,005782	0,005616	0,005454	0,005296	0,005143	0,004993	0,004847	0,004705	0,004567
3,0	0,004432	0,004301	0,004173	0,004049	0,003928	0,003810	0,003695	0,003584	0,003475	0,00337
3,1	0,003267	0,003167	0,00307	0,002975	0,002884	0,002794	0,002707	0,002623	0,002541	0,002461
3,2	0,002384	0,002309	0,002236	0,002165	0,002096	0,002029	0,001964	0,001901	0,001840	0,001780
3,3	0,001723	0,001667	0,001612	0,001560	0,001508	0,001459	0,001411	0,001364	0,001319	0,001275
3,4	0,001232	0,001191	0,001151	0,001112	0,001075	0,001038	0,001003	0,000969	0,000936	0,000904

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Интегральная функция χ^2 -распределения Пирсона.Значения $\chi^2_{k;P}$ для различных k и P [4]

k	P												
	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
1	0,0157	0,0628	0,0393	0,0158	0,0642	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635
2	0,0201	0,0404	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	9,837	11,345
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277
5	0,554	0,752	1,145	1,660	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,233	11,070	13,388	15,086
6	0,872	1,134	1,635	2,204	3,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812
7	1,239	1,564	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475
8	1,646	2,032	2,733	3,490	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	18,168	20,090
9	2,088	2,532	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666
10	2,358	3,059	3,940	4,865	6,179	7,267	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209
11	3,053	3,609	4,575	5,578	6,989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	22,618	24,725
12	3,571	4,178	5,226	6,304	7,807	9,034	11,340	14,011	15,821	18,549	21,026	24,054	26,217
13	4,107	4,765	5,892	7,042	8,634	9,926	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	25,472	27,688
14	4,660	5,368	6,571	7,790	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,585	26,873	29,141
15	5,229	5,985	7,261	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	28,259	30,578
16	5,812	6,614	7,962	9,312	11,152	12,624	15,333	18,418	20,465	23,542	26,296	29,633	32,000
17	6,408	7,255	8,672	10,035	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	30,995	33,409
18	7,015	7,906	9,390	10,865	12,857	14,440	17,338	20,601	22,760	25,989	28,869	32,346	34,805
19	7,633	8,567	10,117	11,651	13,716	15,352	18,338	21,689	23,900	27,204	30,144	33,687	36,191
20	8,260	9,237	10,851	12,443	14,578	16,266	19,337	22,775	25,038	28,412	31,410	35,020	37,566
21	8,897	9,915	11,591	13,240	15,445	17,182	20,337	23,858	26,171	29,615	32,671	36,343	38,932
22	9,542	10,600	12,338	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	37,659	40,289
23	10,196	11,293	13,091	14,848	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	38,968	41,638
24	10,856	11,992	13,848	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	40,270	42,980
25	11,524	12,697	14,611	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,675	34,382	37,652	41,566	44,314
26	12,198	13,409	15,379	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,885	42,856	45,642
27	12,879	14,125	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	44,140	46,963
28	13,565	14,847	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	45,419	48,278
29	14,256	15,574	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	46,693	49,588
30	14,953	16,306	18,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	47,962	50,892

Список литературы

1. Актуальные проблемы метрологии в радиоэлектронике / под редакцией В.К. Коробова.- М. : Изд-во стандартов, 1985. – 128 с.
2. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учеб.заведений. - 4-е изд., перераб. / А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик. – М.: Издательский центр “Академия”, 2008. – 384 с.
3. Аронов, И.З. Еще раз о презумции соответствия, или взаимосвязь между техническими регламентами и стандартами. / И. З. Аронов, А. Л. Теркель, А. М. Рыбакова. // Стандарты и качество. – 2007. - №7. – С 40 – 42.
- 4.Бурдун, Г. Д. Основы метрологии /Г.Д.Бурдун, Б.Н. Марков.– М.:Изд-во стандартов, 1975. – 334 с.
5. Бурдун, Г. Д. Линейные и угловые измерения / Г.Д.Бурдун, Б.Н. Марков.– М.: Изд-во стандартов, 1977. – 334 с.
6. Годлевский, В.Е. Система менеджмента качества: учебное пособие / В.Е.Годлевский, Г.Н. Изюменко, В.Я. Кокотов.– Самара: Самарский научный центр РАН. – 2001. – 132 с.
7. Колтик, Е. Д. Государственный первичный эталон единицы ЭДС и переход на новый размер вольта./ Е. Д. Коптик.
// Измерительная техника. – 1990. - № 11. – С. 6 –7.
8. Курочкин, Ф.Е.Государственный эталон единицыэлектрического сопротивления новое представление
ома
на основе квантового эффекта Холла. / Ф. Е. Курочкин.
//Измерительная техника. – 1990. - № 12. –С. 3 – 4.

9. Катков, А. С. Государственный первичный эталон единицы постоянного электрического тока – ампера./ А.С. Катков. //Измерительная техника. – 1995. – №1. – С. 3– 4.
10. Казаков, А.Я.Перспективы децентрализации системы обеспечения единства измерений и квантовая метрология. /А.Я. Казаков, В. М.Мостепаненко, М. И. Эйдес.// Измерительная техника. – 1992. – № 11. – С. 3– 5.
- 11.Камке, Д.Физические основы единиц измерений / Д.Камке, К. Крамер. – М.: Мир, 1980. – 198 с.
12. Машиностроение: энциклопедия. Т.1 – 5. Стандартизация и сертификация в машиностроении. – М. : Машиностроение, 2000. – 656 с.
13. Международная практическая температурная шкала 1968 г. (МПТШ – 68). – М.:Изд – во стандартов, 1976. – 48 с.
14. Походун, А.Н. Новая международная практическая шкала и проблемы повышения точности измерения температуры. /А.Н. Походун. // Измерительная техника. – 1992. – № 5. – С. 3– 4.
15. Саприцкий, В. И. Метрологическое обеспечение световых измерений / В. И.Саприцкий. – М. : ВНИИФТРИ. – 1986. – 126 с.
16. Сергеев, А.Г. Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта / А.Г. Сергеев. – М.: Транспорт, 1988. – 198 с.
17. Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В.Терегеря. - М. : Изд-во «Логос», 2003. – 536 с.
- 18.Тарбеев, Д. В. Эталоны России. /Д. В.Тарбеев. // Измерительная техника. – 1995. – № 6. – С. 67– 69.
19. Шостын, И. А. Очерки истории русской метрологии / И. А. Шостын. –М.: Изд-во стандартов, 1975. – 272 с.
- 20.Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник /Я.М. Радкевич . - 2-е изд., доп.-М.: Высшая школа, 2006.
21. Радкевич, Я.М. Метрологическое обеспечение производства. /Я.М. Радкевич. -М.: КНОРУС, 2009.-240с.

22. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник – 2-е изд. - Ю.Н. Борисов, А.С. Сигов, В.И. Нефедов и др.; под редакцией профессора А.С. Сигова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 336 с.

23. Кузнецов, В.А. Общая метрология./В.А. Кузнецов, Г.В. Ялунина.–М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. - 272 с.

24. Шаламов, А.Н. Методические указания к лабораторно-практическим работам по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация». Обработка результатов прямых измерений при многократных наблюдениях. / А.Н. Шаламов, Т.М. Раковщик. □ М.: МАДИ, 2013.-48 с.

25. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008, № 102 – ФЗ (в ред. Федеральных законов от 18.07.2011, № 242–ФЗ, от 30.11.2011 № 347–ФЗ, от 28.07.2012 № 13–ФЗ).

26. Закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12. 2002 № 184 – ФЗ (в ред. Федеральных законов от 09.05.2005 № 45 – ФЗ, 01.05.2007 № 65 – ФЗ, от 01.12.2007 № 309 – ФЗ, от 23.07.2008 № 160 – ФЗ, от 18.07.2009 № 189 – ФЗ, от 23.11.2009 № 261 – ФЗ, от 30.12.2009 № 384 – ФЗ, от 30.12.2009 № 385 – ФЗ, от 28.09.2010 № 243 – ФЗ, от 21. 07.2011 № 255 – ФЗ).

27. РМГ 29-99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. - Минск: Изд-во стандартов, 2000.-30 с.

28. Р 50.1.025-2000. Рекомендации по стандартизации. Энергосбережение. Методы оценки точности и воспроизводимости результатов испытаний по оценке показателей энергетической эффективности.- М.: Изд-во стандартов, 2000.-21 с.

29. Порядок проведения сертификации продукции в Российской Федерации. Утвержден Постановлением Госстандарта РФ от 21.09.94 г. № 15 с изменениями от 25.07.1996 г. № 15 и от 11.07.2002 г. № 60.

30. Правила по проведению сертификации в Российской Федерации. Утверждены Постановлением Госстандарта РФ от 10.05.2000 № 26, с изменениями от 05.07.2002 № 57.

31. ГОСТ 8.009 – 84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

32.ГОСТ 8.016-80. ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.

33. ГОСТ 8.050 – 73*. ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.

34.ГОСТ 8.051 – 81. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм.- М. Изд-во стандартов, 1982.-10 с.

35. ГОСТ 8.057 – 80. ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения

36. ГОСТ 8.061-80.ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.

37.ГОСТ 8.207- 76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

38. ГОСТ 8.381 – 80. ГСИ. Эталоны. Способы выражения погрешностей.

39. ГОСТ 8.395 – 80. ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования.

40. ГОСТ 8.401 – 80. ГСИ.Классы точности средств измерений. Общие требования.

41. ГОСТ 8.549 – 86. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм с неуказанными допусками.

42.ГОСТ Р 8.563 – 96*. ГСИ. Методики исполнения измерений.

43. ГОСТ 2875-88. Меры плоского угла призматические. Общие технические требования.

44. ГОСТ 9038-90*. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.

45. ГОСТ 12069 -90.Меры длины штриховые брусковые. Технические условия.

Оглавление

Введение.....	3
ГЛАВА 1. Основы метрологии.....	4
1.1.Основные понятия и термины.....	4
1.2.Физические величины и системы единиц физических величин	8
1.2.1.Физические величины и их размерность.....	8
1.2.2. Шкалы физических величин.....	10
1.2.3.Системы единиц физических величин.....	12
1.3. Эталоны единиц физических величин.....	17
1.3.1. Эталоны.....	17
1.3.2. Краткая история развития эталона единицы длины—метра.....	25
1.3.3. Рабочие эталоны.....	29
1.3.4. Поверочные схемы.....	38
1.4. Виды, методы и методики измерений геометрических параметров изделий.....	41
1.4.1. Виды измерений и их характеристика.....	41
1.4.2.Методы измерений.....	46
1.4.3. Методики измерений.....	47
1.5. Средства измерений.....	50
1.5.1. Классификация средств измерений.....	50
1.5.2. Метрологические характеристики средств измерений.....	56
1.5.3.Классификация погрешностей средств измерений.....	58
1.5.4. Классы точности средств измерений.....	61

1.5.5. Выбор средств измерений.....	66
1.6. Измерения при контроле качества.....	72
1.7. Погрешности измерений и обработка результатов измерений.....	75
1.7.1. Погрешности измерений	75
1.7.2. Систематические погрешности.....	77
1.7.3. Случайные погрешности.....	79
1.7.4. Грубые погрешности (промахи).....	82
1.7.5. Точечная и интервальная оценки истинных значений измеряемой величины.....	85
1.7.6. Проверка распределения случайных величин на соответствие нормальному закону.....	89
1.7.7. Неисключенная систематическая погрешность.....	95
1.7.8. Обработка результатов прямых равноточных измерений.....	96
1.7.9. Однократные прямые измерения.....	97
1.7.10. Обработка результатов неравноточных рядов измерений.....	98
1.7.11. Обработка результатов косвенных измерений.....	102
1.8. Метрологическое обеспечение	104
 ГЛАВА 2. Основы технического регулирования, стандартизации и сертификации.....	120
2.1. Основы технического регулирования.....	120
2.1.1. Основные понятия технического регулирования.....	120
2.1.2. Принципы технического регулирования.....	122
2.1.3. Технический регламент, порядок разработки, принятия, изменения и его отмены.....	123
2.2. Основы стандартизации.....	130
2.2.1. Цели и принципы стандартизации и ее связь с техническими регламентами.....	130
2.2.2. Национальная система стандартизации виды документов по стандартизации	134