

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

*Рекомендовано
Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы
среднего профессионального образования*



Москва
Издательский центр «Академия»
2009

УДК 389(075.32)
ББК 30.10я723
М576

Рецензент —
преподаватель дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация»
и «Метрологическое обеспечение» ГОУ СПО электромеханического
колледжа № 55 С. С. Зайцева

Метрология, стандартизация и сертификация в энергетике
М576 кс : учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / [С.А. Зайцев,
А. Н. Толстов, Д. Д. Грибанов, Р. В. Меркулов]. — М. : Издательский центр
«Академия», 2009. — 224 с.

ISBN 978-5-7695-4978-6

Рассмотрены основы метрологии и метрологического обеспечения: термины, физические величины, основы теории измерений, средства измерений и контроля, метрологические характеристики, измерения и контроль электрических и магнитных величин. Изложены основы стандартизации: история развития, нормативно-правовая основа, международная, региональная и отечественная, унификация и агрегатирование, качество продукции. Особое внимание уделено основам сертификации и подтверждению соответствия.

Для студентов средних профессиональных учебных заведений.

УДК 389(075.32)
ББК 30.10я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Зайцев С.А., Толстов А.Н., Грибанов Д.Д., Меркулов Р.В., 2009

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009

© Оформление Издательский центр «Академия», 2009

ISBN 978-5-7695-4978-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная техника и перспективы ее развития, постоянно повышающиеся требования к качеству изделий предопределяют необходимость получения и использования знаний, которые являются базовыми, т. е. основными для всех специалистов, работающих и на этапе разработки конструкции, и на этапе ее изготовления, и на этапах эксплуатации и обслуживания вне зависимости от ведомственной принадлежности. Эти знания будут востребованы и в общем машиностроении, и в энергомашиностроении, и во многих других областях. Эти базовые материалы и рассмотрены в настоящем учебном пособии. Материал, который представлен в учебном пособии, не является обособленным от других дисциплин, изучаемых в учебном заведении. Знания, полученные в ходе изучения ряда дисциплин, например «Математики», «Физики», пригодятся при освоении вопросов метрологии, стандартизации, подтверждения соответствия, взаимозаменяемости. Знания, умения и практические навыки после изучения этого учебного материала будут востребованы на протяжении всего времени работы после окончания учебного заведения вне зависимости от места работы, будь то сфера производства или сервисного обслуживания, или сфера торговли техническими механизмами или машинами.

В главе 1 представлены основные понятия о науке «Метрология», рассмотрены основы теории измерений, средства измерений и контроля электрических и магнитных величин, вопросы метрологического обеспечения и единства измерений.

Глава 2 рассказывает о системе стандартизации в Российской Федерации, системах стандартов, унификации и агрегатировании, вопросах взаимозаменяемости деталей, узлов и механизмов, показателях качества продукции, системах качества.

Материал, представленный в главе 3, позволит изучить и практически использовать знания в области сертификации, подтверждения соответствия продукции и работ, аттестации испытательного оборудования, используемого в энергомашиностроении.

Для лучшего усвоения представленного материала в конце каждого подраздела приведены контрольные вопросы.

Предисловие, глава 2 написаны А. Н. Толстым, глава 1 — С. А. Зайцевым, Р. В. Меркуловым, Д. Д. Грибановым, глава 3 — Д. Д. Грибановым.

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1.1. Введение в метрологию

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

Она зародилась в глубокой древности, как только человеку понадобились измерения массы, длины, времени и т. п. Причем в качестве единиц величин использовались такие, которые были всегда «под рукой». Так, например, в России длина измерялась перстами, локтями, саженьями и др. Эти меры представлены на рис. 1.1.

Роль метрологии за последние десятилетия чрезвычайно возросла. Она проникла и завоевала (в некоторых областях завоевывает) себе весьма твердые позиции. В связи с тем, что метрология распространилась практически на все области человеческой деятельности, метрологическая терминология тесно соприкасается с терминологией каждой из «специальных» сфер. При этом возникло что-то, напоминающее явление несовместимости. Тот или иной термин, приемлемый для одной области науки или техники, оказывается неприемлемым для другой, так как в традиционной терминологии другой области этим же словом может обозначаться совершенно другое понятие. Например, размер по отношению к одежде может обозначать «большой», «средний» и «малый»; слово «полотно» может иметь различные значения: в текстильной промышленности — это материал (льняное полотно); применительно к железнодорожному транспорту оно обозначает путь, по которому этот транспорт движется (полотно железной дороги).

В целях наведения порядка в этом вопросе был разработан и утвержден государственный стандарт на метрологическую терминологию — ГОСТ 16263 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения». В настоящее время этот ГОСТ заменен РМГ 29—99 «ГСИ. Метрология. Термины и определения». Далее в учебнике термины и определения представлены в соответствии с этим документом.

Поскольку к терминам предъявляются требования лаконичности, им свойственна определенная условность. С одной стороны,

не следует об этом забывать и применять утвержденные термины в соответствии с их определением, а с другой стороны, понятия, данные в определении, заменять другими терминами.

В настоящее время объектом метрологии являются все единицы измерения физических величин (механических, электрических,

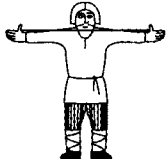
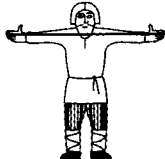
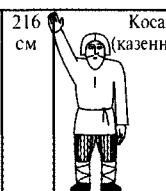



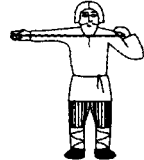



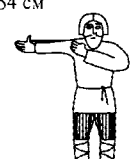

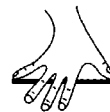




Основные первичные меры					
Сажень	152 см Простая 	176 см Мерная (маховая) 		216 см Косая (казенная) 	1
	76 см 	76 см 	88 см 	108 см 	
Локоть	38 см 	44 см 	46 см 	54 см 	1/4
	19 см Малая 	22 — 23 см Великая 	27 см Скувырком 		1/8
Дополнительные меры					
Сажень	148 см 	Косая (великая)	197 см 	Без чети	
	62 см 				

Рис. 1.1. Меры длины, ранее применяемые в России

тепловых и др.), все средства измерений, виды и методы измерений, т. е. все то, что необходимо для обеспечения единства измерений и организации метрологического обеспечения на всех этапах жизненного цикла любых изделий и научных исследований, а также учет любых ресурсов.

Современная метрология как наука, опирающаяся на достижения других наук, их методы и средства измерений, в свою очередь способствует их развитию. Метрология проникла во все области человеческой деятельности, во все науки и дисциплины и является для всех них единой наукой. Нет ни одной области человеческой деятельности, где можно было бы обойтись без количественных оценок, получаемых в результате измерений.

Например, относительная погрешность определения влажности, равная 1 %, в 1982 г. привела к неточности определения годовой стоимости угля в 73 млн руб., а зерна — 60 млн руб. Чтобы было более наглядно, метрологи обычно приводят такой пример:

«На складе было 100 кг огурцов. Проведенные измерения показали, что их влажность составляет 99 %, т. е. в 100 кг огурцов содержится 99 кг воды и 1 кг сухого вещества. Через какое-то время хранения вновь была измерена влажность этой же партии огурцов. Результаты измерения, занесенные в соответствующий протокол, показали, что влажность уменьшилась до 98 %. Поскольку влажность изменилась всего на 1 %, то ни у кого не возникло мысли, а какова же масса оставшихся огурцов? А оказывается, что если влажность стала 98 %, то огурцов осталось ровно половина, т. е. 50 кг. И вот почему. Количество сухого вещества в огурцах не зависит от влажности, следовательно, оно не изменилось и как было 1 кг, так и осталось 1 кг, но если раньше это составляло 1 %, то после хранения стало 2 %. Составив пропорцию, легко определить, что огурцов стало 50 кг».

В промышленности значительная часть измерений состава вещества все еще производится с помощью качественного анализа. Погрешности этих анализов иногда бывают в несколько раз выше, чем разница между количествами отдельных компонентов, на которые должны отличаться друг от друга металлы различных марок, химических материалов и др. В результате таких измерений невозможно достичь необходимого качества продукции.

Контрольные вопросы

1. Что такое метрология и почему ей уделяется столько внимания?
2. Какие объекты метрологии вы знаете?
3. Зачем нужны измерения?
4. Возможны ли измерения без погрешностей?

1.2. Физическая величина. Системы единиц физических величин

Физическая величина (ФВ) — свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Например, длина различных объектов (стола, шариковой ручки, автомобиля и т. п.) может оцениваться в метрах или долях метра, а каждого из них — в конкретных величинах длины: 0,9 м; 15 см; 3,3 мм. Примеры можно привести не только для любых свойств физических объектов, но и для физических систем, их состояний и происходящих в них процессов.

Термин «величина» обычно применяется в отношении тех свойств или характеристик, которые могут быть оценены количественно физическими методами, т. е. могут быть измерены. Существуют такие свойства или характеристики, которые в настоящее время наука и техника еще не позволяют оценивать количественно, например запах, вкус, цвет. Поэтому такие характеристики обычно избегают называть «величинами», а называют «свойствами».

В широком смысле «величина» — понятие многовидовое. Это можно продемонстрировать на примере трех величин.

Первый пример — это цена, стоимость товаров, выраженная в денежных единицах. Раньше системы денежных единиц были составной частью метрологии. В настоящее время это самостоятельная область.

Вторым примером разновидности величин можно назвать биологическую активность лекарственных веществ. Биологическая активность ряда витаминов, антибиотиков, гормональных препаратов выражается в Международных единицах биологической активности, обозначаемых И. Е. (например, в рецептах пишут «количество пенициллина — 300 тыс. И. Е.»).

Третий пример — физические величины, т. е. свойства, присущие физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам). Именно этими величинами, главным образом, и занимается современная метрология.

Размер ФВ (размер величины) — количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию «физическая величина» (например, размер длины, массы, силы тока и т. д.).

Термин «размер» следует употреблять в тех случаях, когда необходимо подчеркнуть, что речь идет о количественном содержании свойства в данном объекте физической величины.

Размерность ФВ (размерность величины) — выражение, отражающее связь величины с основными величинами системы, в которой коэффициент пропорциональности равен единице. Размер-

ность величины представляет собой произведение основных величин, возведенных в соответствующие степени.

Количественная оценка конкретной физической величины, выраженная в виде некоторого числа единиц данной величины, называется *значением физической величины*. Отвлеченное число, входящее в значение физической величины, называется *числовым значением*, например 1 м, 5 г, 10 А и т. п. Между значением и размером величины есть принципиальная разница. Размер величины существует реально, независимо от того, знаем ли мы его, или нет. Выразить размер величины можно при помощи любой единицы.

Истинное значение ФВ (истинное значение величины) — значение ФВ, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта. Например, скорость света в вакууме, плотность дистиллированной воды при температуре +4 °С имеют вполне определенное значение — идеальное, которое мы не знаем.

Экспериментальным путем может быть получено действительное значение физической величины.

Действительное значение ФВ (действительное значение величины) — значение ФВ, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть, использовано вместо него.

Размер ФВ, обозначаемый Q , не зависит от выбора единицы, однако числовое значение целиком зависит от выбранной единицы. Если размер величины Q в системе единиц ФВ «1» определится как

$$Q = n_1 [Q_1],$$

где n_1 — числовое значение размера ФВ в системе «1»; $[Q_1]$ — единица ФВ в этой же системе, то в другой системе единиц ФВ «2», в которой $[Q_2]$ не равно $[Q_1]$, не изменившийся размер Q будет выражен другим значением:

$$Q = n_2 [Q_2],$$

но при этом $n_2 \neq n_1$.

Так, например, масса одного и того же батона хлеба может быть 1 кг или 2,5 фунта или диаметр трубы равен 20" или 50,8 см.

Поскольку размерность ФВ представляет собой выражение, отражающее связь с основными величинами системы, в которой коэффициент пропорциональности равен 1, то размерность равна произведению основных ФВ, возведенных в соответствующую степень.

В общем случае формула размерности для единиц ФВ имеет вид

$$[Q] = K[A]^{\alpha}[B]^{\beta}[C]^{\gamma},$$

где $[Q]$ — размерность производной единицы; K — некоторое постоянное число; $[A]$, $[B]$ и $[C]$ — размерность основных единиц;

α, β, γ — целые положительные или отрицательные числа, включая и 0.

При $K = 1$ производные единицы определяются следующим образом:

$$[Q] = [A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma.$$

Если в системе в качестве основных единиц приняты длина L , масса M и время T , она обозначается L, M, T . В этой системе размерность производной единицы Q имеет следующий вид:

$$Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma.$$

Системы единиц, производные единицы которых образуются по приведенной выше формуле, называются *согласованными*, или *когерентными*.

Понятие размерности широко используется в физике, технике и метрологической практике при проверке правильности сложных расчетных формул и выяснении зависимости между ФВ.

На практике часто бывает необходимо использовать безразмерные величины.

Безразмерная ФВ — это величина, в размерность которой основные величины входят в степени, равной 0. Однако следует понимать, что величины, безразмерные в одной системе единиц, могут иметь размерность в другой системе. Например, абсолютная диэлектрическая проницаемость в электростатической системе является безразмерной, в то время как в электромагнитной системе ее размерность равна $L^{-2}T^2$, а в системе $LMTI$ ее размерность — $L^{-3} M^{-1} T^4 I^2$.

Единицы той или иной физической величины, как правило, связаны с мерами. Размер единицы измеряемой физической величины принимается равным размеру величины, воспроизводимому мерой. Однако на практике одна единица оказывается неудобной для измерения больших и малых размеров данной величины. Поэтому применяется несколько единиц, находящихся в кратных и дольных соотношениях между собой.

Кратная единица ФВ — единица, которая в целое число раз больше, чем основная или производная единица.

Дольная единица ФВ — единица, которая в целое число раз меньше основной или производной единицы.

Кратные и дольные единицы ФВ образуются благодаря соответствующим приставкам к основным единицам. Эти приставки приведены в табл. 1.1.

Единицы величин начали появляться с того момента, когда у человека возникла необходимость выражать что-либо количественно. Первоначально единицы физических величин выбирались произвольно, без какой-либо связи друг с другом, что создавало значительные трудности.

**Приставки СИ и множители для образования десятичных кратных
и дольных единиц и их наименования**

Множитель	Обозначение приставки		
	Приставка	русское	международное
10^{15}	пета	П	P
10^{12}	тера	Т	T
10^9	гига	Г	G
10^6	мега	М	M
10^3	кило	к	k
10^2	гекто	г	h
10^1	дека	да	da
10^{-1}	деци	д	d
10^{-2}	санти	с	c
10^{-3}	мили	м	m
10^{-6}	микро	мк	μ
10^{-9}	нано	н	n
10^{-12}	пико	п	p
10^{-15}	фемто	ф	f

В связи с этим был введен термин «единица физической величины».

Единица основной ФВ (единица величины) — физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1. Единицы одной и той же ФВ могут в различных системах различаться по своему размеру. Например, метр, фут и дюйм, являясь единицами длины, имеют различный размер:

$$1 \text{ фут} = 0,3038 \text{ м}; \quad 1 \text{ дюйм} = 0,0254 \text{ м}.$$

По мере развития техники и международных связей, трудности использования результатов измерений, выраженных в различных единицах, возрастали и тормозили дальнейший научно-технический прогресс. Возникла необходимость в создании единой системы единиц физических величин. Под *системой единиц ФВ* понимается совокупность основных единиц ФВ, выби-

раемых независимо друг от друга и производных единиц ФВ, которые получаются из основных на основании физических зависимостей.

Если система единиц физических величин не имеет своего наименования, она обычно обозначается по своим основным единицам, например *LMT*.

Производная ФВ (производная величина) — ФВ, входящая в систему и определяемая через основные величины этой системы по известным физическим зависимостям. Например, скорость в системе величин *LMT* определяется в общем случае уравнением

$$v = l/t,$$

где v — скорость; l — расстояние; t — время.

Впервые понятие системы единиц ввел немецкий ученый К. Гаусс, который предложил принцип ее построения. По этому принципу вначале устанавливаются основные физические величины и их единицы. Единицы этих физических величин называются *основными*, потому что они являются основой для построения всей системы единиц других величин.

Первоначально была создана система единиц, основанная на трех единицах: длина — масса — время (сантиметр — грамм — секунда (СГС)).

Рассмотрим наиболее распространенную во всем мире и принятую в нашей стране Международную систему единиц СИ, содержащую семь основных единиц и две дополнительных. Основные единицы ФВ этой системы приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Основные единицы СИ

Физическая величина	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	К
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Дополнительными ФВ являются:

- *плоский угол*, выражаемый в радианах; радиан (рад, *rad*), равный углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу;
- *телесный угол*, выражаемый в стерadianах, стерadian (ср, *sr*), равный телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Производные единицы системы СИ образуются с помощью простейших уравнений связи между величинами и без какого-либо коэффициента, поскольку эта система когерентна и $K=1$. В этой системе размерность производной ФВ $[Q]$ в общем виде определится следующим образом:

$$[Q] = [L]^{\alpha}[M]^{\gamma}[T]^{\beta}[I]^{\delta}[Q]^{\epsilon}[J]^{\omega}[N]^{\lambda},$$

где $[L]$ — единица длины, м; $[M]$ — единица массы, кг; $[T]$ — единица времени, с; $[I]$ — единица силы тока, А; $[Q]$ — единица термодинамической температуры, К; $[J]$ — единица силы света, кд; $[N]$ — единица количества вещества, моль; $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \omega, \lambda$ — целые положительные или отрицательные числа, включая и 0.

Например, размерность единицы скорости в системе СИ будет выглядеть следующим образом:

$$[V] = [L]^1[M]^0[T]^{-1}[I]^0[Q]^0[J]^0[M]^0 = [L]^1[T]^{-1}.$$

Так как написанное выражение для размерности производной ФВ в системе СИ совпадает с уравнением связи между производной ФВ и единицами основных ФВ, то удобнее пользоваться выражением для размерностей, т.е.

$$V = LT^{-1}.$$

Аналогично частота периодического процесса $F = T^{-1}$ (Гц); сила — MT^{-2} ; плотность — $L^{-3}M$; энергия — L^2MT^{-2} .

Подобным образом можно получить любую производную ФВ системы СИ.

Эта система была введена в нашей стране 1 января 1982 г. В настоящее время действует ГОСТ 8.417—2002, который определяет основные единицы системы СИ.

Метр равен 1650763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86.

Килограмм равен массе международного прототипа килограмма.

Секунда равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Ампер равен силе не изменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам

бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвин равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды. (Температура тройной точки воды — это температура точки равновесия воды в твердой (лед), жидкой и газообразной (пар) фазах на $0,01$ К или $0,01$ °С выше точки таяния льда).

Допускается применение шкалы Цельсия (С). Температура в °С обозначается символом t :

$$t = T - T_0,$$

где $T_0 = 273,15$ К.

Тогда $t = 0$ при $T = 273,15$.

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой $0,012$ кг.

Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Кроме системных единиц системы СИ в нашей стране узаконено применение некоторых *внесистемных единиц*, удобных для практики и традиционно применяющихся для измерения:

давления — атмосфера ($9,8$ Н/см²), бар, мм ртутного столба;

длины — дюйм ($25,4$ мм), ангстрем (10^{-10} м);

мощности — киловатт-час;

времени — час (3600 с) и др.

Кроме того, применяются *логарифмические ФВ* — логарифм (десятичный или натуральный) безразмерного отношения одноименных ФВ. Логарифмические ФВ применяют для выражения звукового давления, усиления, ослабления. Единица логарифмической ФВ — бел (Б) — определяется по формуле

$$1 \text{ Б} = \lg(P_2/P_1) \text{ при } P_2 = 10P_1,$$

где P_2 и P_1 — одноименные энергетические величины: мощность, энергия.

Для «силовых» величин (напряжения, сила тока, давления, напряженности поля) бел определяется по формуле

$$1 \text{ Б} = 2 \lg F_2/F_1 \text{ при } F_2 = \sqrt{10F_1}.$$

Дольная единица от бела — децибел (дБ):

$$1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}.$$

Широкое применение получили *относительные ФВ* — безразмерные отношения двух одноименных ФВ. Они выражаются в процентах (%), безразмерных единицах.

В табл. 1.3 и 1.4 приведены примеры производных единиц СИ, наименование которых образованы из наименований основных и дополнительных единиц и имеют специальные наименования.

Существуют определенные правила написания обозначений единиц. При написании обозначений производных единиц обо-

Таблица 1.3

Примеры производных единиц СИ, наименования которых образованы из наименований основных и дополнительных единиц

Величина	Единица			
	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Площадь	L^2	квадратный метр	m^2	м ²
Объем, вместимость	L^3	кубический метр	m^3	м ³
Скорость	LT^{-1}	метр в секунду	m/s	м/с
Угловая скорость	T^{-1}	радиан в секунду	rad/s	рад/с
Ускорение	LT^{-2}	метр на секунду в квадрате	m/s^2	м/с ²
Угловое ускорение	T^{-2}	радиан на секунду в квадрате	rad/s^2	рад/с ²
Плотность	$L^{-3}M$	килограмм на кубический метр	kg/m^3	кг/м ³
Удельный объем	L^3M^{-1}	кубический метр на килограмм	m^3/kg	м ³ /кг
Напряженность магнитного поля	$L^{-1}I$	ампер на метр	A/m	А/м
Яркость	$L^{-2}J$	кандела на квадратный метр	cd/m^2	кд/м ²

Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования

Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и производные единицы СИ
			международное	русское	
Частота	T^{-1}	герц	Hz	Гц	s^{-1}
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	N	Н	$mkg s^{-2}$
Давление, механическое напряжение, модуль упругости	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Pa	Па	$m^{-1}kg s^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	J	Дж	$m^2kg s^{-2}$
Мощность, поток энергии	L^2MT^{-3}	ватт	W	Вт	$m^2kg s^{-3}$
Количество электричества (электрический заряд)	TI	кулон	C	л	sA
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	V	В	$m^2kg^{-3}A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	F	Ф	$m^{-2}kg^{-1}s^4A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	Ω	Ом	$m^2kg^{-3}A^{-2}$

Величина	Единица				Выражение через основные и производные единицы СИ	
	Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		
				международное		русское
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	<i>Wb</i>	Вб	$m^2kgs^{-2}A^{-1}$	
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	<i>H</i>	Гн	$m^2kgs^{-2}A^{-2}$	
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	<i>lx</i>	лк	$m^{-2}cdsr$	

значения единиц, входящих в производные, разделяются точками, стоящими на средней линии как знак умножения «...». Например: Н · м (читается «ньютон-метр»), А · м² (ампер-квадратный метр), Н · с/м² (ньютон-секунда на квадратный метр). Наиболее употребительно выражение в виде произведения обозначений единиц, возведенных в соответствующую степень, например м² · с⁻¹.

При наименовании, соответствующем произведению единиц с кратными или дольными приставками, рекомендуется приставку присоединять к наименованию первой единицы, входящей в произведение. Например, 10³ единиц момента силы — ньютон-метров следует именовать «килоньютон-метр», а не «ньютон-километр». Записывается это следующим образом: кН · м, а не Н · км.

Контрольные вопросы

1. Что такое физическая величина?
2. Почему величины называются физическими?
3. Что понимается под размером ФВ?
4. Что означает истинное и действительное значения ФВ?
5. Что означает безразмерная ФВ?
6. Чем отличается крагная единица ФВ величины от дольной?
7. Укажите правильный ответ на следующие вопросы:
 - единицей объема, принятой в СИ, является:
 - 1) литр; 2) галлон; 3) баррель; 4) кубический метр; 5) унция;
 - единицей температуры, принятой в СИ, является:

1) градус Фаренгейта; 2) градус Цельсия; 3) Кельвин, 4) градус Ранкина;

• единицей массы, принятой в СИ, является:

1) тонна; 2) карат; 3) килограмм; 4) фунт; 5) унция.

8. Не заглядывая в пройденный материал, напишите в столбик наименования основных физических величин Международной системы единиц СИ, их наименования и условные обозначения.

9. Назовите известные внесистемные единицы физических величин, узаконенные и широко применяющиеся в нашей стране.

10. Попробуйте с помощью табл. 1.1 присвоить приставки к основным и производным единицам физических величин и запомнить наиболее распространенные в энергетике для измерений электрических и магнитных величин.

1.3. Воспроизведение и передача размеров физических величин

Как уже говорилось, метрология — это наука, которая в первую очередь занимается измерениями.

Измерение — нахождение значения ФВ опытным путем с помощью специальных технических средств.

Измерение включает в себя различные операции, после завершения которых получается некоторый результат, являющийся результатом измерения (прямые измерения) или исходными данными для получения результата наблюдения (косвенные измерения). Измерение включает в себя наблюдение.

Наблюдение при измерении — экспериментальная операция, выполняемая в процессе измерений, в результате которой получают одно значение из группы значений величины, подлежащих совместной обработке для получения результата измерения.

Для того, чтобы результатами измерений можно было пользоваться, необходимо обеспечить единство измерений.

Единство измерений — это такое состояние измерений, при котором результаты измерений выражаются в узаконенных единицах, а их погрешность известна с заданной вероятностью. Так же указывалось, что измерение — это нахождение значения ФВ опытным путем с помощью специальных технических средств — средств измерений (СИ).

Для обеспечения единства измерений необходима *тождественность* единиц, в которых проградуированы все средства измерений, т. е. должна быть использована определенная шкала ФВ, воспроизведение, хранение и передача единиц ФВ.

Шкала ФВ — последовательности значений, присвоенная в соответствии с правилами, принятыми по соглашению, последовательности одноименных ФВ различного размера (например, шкала медицинского термометра или весов).

Воспроизведение, хранение и передача размеров единиц ФВ осуществляется с помощью эталонов. Высшим звеном в цепи передачи размеров единиц ФВ являются эталоны первичные эталоны и эталоны-копии.

Первичный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью.

Вторичный эталон — эталон, значение которого устанавливается по первичному эталону.

Специальный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий для этих условий первичный эталон.

Государственный эталон — первичный или специальный эталон, официально утвержденный в качестве исходного для страны.

Эталон-свидетель — вторичный эталон, предназначенный для проверки сохранности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты.

Эталон-копия — вторичный эталон, предназначенный для передачи размеров единиц рабочим эталонам.

Эталон сравнения — вторичный эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом.

Рабочий эталон — эталон, применяемый для передачи размера единицы рабочим СИ.

Эталон единицы — средство измерений (или комплекс СИ), обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы в целях передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке в качестве эталона.

Эталонная установка — измерительная установка, входящая в комплекс СИ, утвержденная в качестве эталона.

Основное назначение эталонов — обеспечение материально-технической базы воспроизведения и хранения единиц ФВ. Они систематизируются по воспроизводимым единицам:

- основные единицы ФВ Международной системы СИ должны воспроизводиться централизованно с помощью Государственных эталонов;

- дополнительные, производные, а при необходимости и внесистемные единицы ФВ исходя из технико-экономической целесообразности воспроизводятся одним из двух способов:

- 1) централизованно с помощью единого для всей страны Государственного эталона;

- 2) децентрализованно посредством косвенных измерений, выполненных в органах метрологической службы с помощью рабочих эталонов.

Централизованно воспроизводится большинство важнейших производных единиц Международной системы единиц СИ:

ньютон — сила ($1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$);

джоуль — энергия, работа ($1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$);

паскаль — давление ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$);

ом — электрическое сопротивление;

вольт — электрическое напряжение.

Децентрализованно воспроизводятся единицы, размер которых не может передаваться прямым сравнением с эталоном (например, единица площади) или если поверка мер посредством косвенных измерений проще, чем сравнение с эталоном, и обеспечивает необходимую точность (например, единица вместимости и объема). При этом создаются поверочные установки высшей точности.

Государственные эталоны хранятся в соответствующих метрологических институтах Российской Федерации. По ныне действующему решению Госстандарта РФ допускается их хранение и применение в органах ведомственных метрологических служб.

Кроме национальных эталонов единиц ФВ существуют международные эталоны, хранимые в Международном бюро мер и весов. Под эгидой Международного бюро мер и весов проводится систематическое международное сличение национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий с международными эталонами и между собой. Так, например, эталон метра и килограмма сличают один раз в 25 лет, эталоны электрического напряжения, сопротивления и световые — один раз в 3 года.

Большинство эталонов представляют собой сложные и весьма дорогостоящие физические установки, требующие для своего обслуживания и применения ученых высочайшей квалификации, обеспечивающих их эксплуатацию, совершенствование и хранение.

Рассмотрим примеры некоторых государственных эталонов.

В качестве *эталона длины* до 1960 г. действовал следующий эталон метра. Метр определялся как расстояние при 0°C между осями двух соседних штрихов, нанесенных на платиново-иридиевом бруске, хранящемся в Международном бюро мер и весов, при условии, что эта линейка находится при нормальном давлении и поддерживается двумя роликами диаметром не менее 1 см, расположенными симметрично в одной продольной плоскости на расстоянии 571 мм один от другого.

Требование к повышению точности (платиново-иридиевый брусок не позволяет воспроизводить метр с погрешностью, меньшей $0,1 \text{ мкм}$), а также целесообразность установления естественного и неразмерного эталона привели к созданию в 1960 г. нового, действующего по настоящее время эталона метра, точность которого на порядок выше старого.

В новом эталоне метр определяется как длина, равная 1 650 763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86. Физический принцип эталона заключается в определении излучения световой энергии при переходе атома с одного энергетического уровня на другой.

Место хранения эталона метра — ВНИИМ им. Д. И. Менделеева.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) воспроизведения единицы метра не превышает $5 \cdot 10^{-9}$ м.

Эталон постоянно совершенствуется в целях повышения точности, стабильности, надежности с учетом последних достижений физики.

Государственный первичный *эталон РФ массы* (килограмма) хранится во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Он обеспечивает воспроизведение единицы массы 1 кг с СКО не более $3 \cdot 10^{-8}$ кг. В состав государственного первичного эталона килограмма входят:

- копия международного прототипа килограмма — платиново-иридиевый прототип № 12, представляющий собой гирю в виде цилиндра с закругленными ребрами диаметром 39 мм и высотой 39 мм;

- эталонные весы № 1 и № 2 на 1 кг с дистанционным управлением для передачи размера единицы массы от прототипа № 12 эталонам-копиям и от эталонов-копий рабочим эталонам.

Эталон единицы силы электрического тока хранится во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Он состоит из токовых весов и аппаратуры для передачи размера единицы силы тока, в которую входит катушка электрического сопротивления, получившая значение сопротивления от первичного эталона единицы электрического сопротивления — ома.

СКО погрешности воспроизведения не превышает $4 \cdot 10^{-6}$, не-исключенная систематическая погрешность не превышает $8 \cdot 10^{-6}$.

Эталон единицы температуры представляет собой очень сложную установку. Измерение температуры в диапазоне 0,01...0,8 К осуществляется по температурной шкале термометра магнитной восприимчивости ТШТМВ. В диапазоне 0,8...1,5 К используется шкала гелия-3 (^3He), основанная на зависимости давления насыщенных паров гелия-3 от температуры. В диапазоне 1,5...4,2 К используется шкала гелия-4 (^4He), основанная на том же принципе. В диапазоне 4,2...13,81 К температура измеряется по шкале германиевого термометра сопротивления ТШГТС. В диапазоне 13,81...6 300 К используется международная практическая шкала МПТШ-68, основанная на ряде воспроизводимых равновесных состояний различных веществ.

Передача размеров единиц от первичного эталона рабочим мерам и средствам измерения осуществляется с помощью разрядных эталонов.

Разрядный эталон — мера, измерительный преобразователь или измерительный прибор, служащий для поверок по ним других СИ и утвержденный в органах Государственной метрологической службы.

Передача размеров от соответствующего эталона рабочим средствам измерения (РСИ) осуществляется по поверочной схеме.

Поверочная схема — утвержденный в установленном порядке документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размера единицы от эталона рабочим СИ.

Схема передачи размеров (метрологическая цепь) от эталонов к рабочим СИ (первичный эталон → эталон-копия → разрядные эталоны → рабочие СИ) представлена на рис. 1.2.

Между разрядными эталонами существует соподчиненность: эталоны первого разряда поверяются непосредственно по эталонам-копиям; эталоны второго разряда — по эталонам 1-го разряда и т. д.

Отдельные рабочие СИ наивысшей точности могут поверяться по эталонам-копиям, высшей точности — по эталонам 1-го разряда.

Разрядные эталоны находятся в метрологических институтах Государственной метрологической службы (МС), а также в пове-

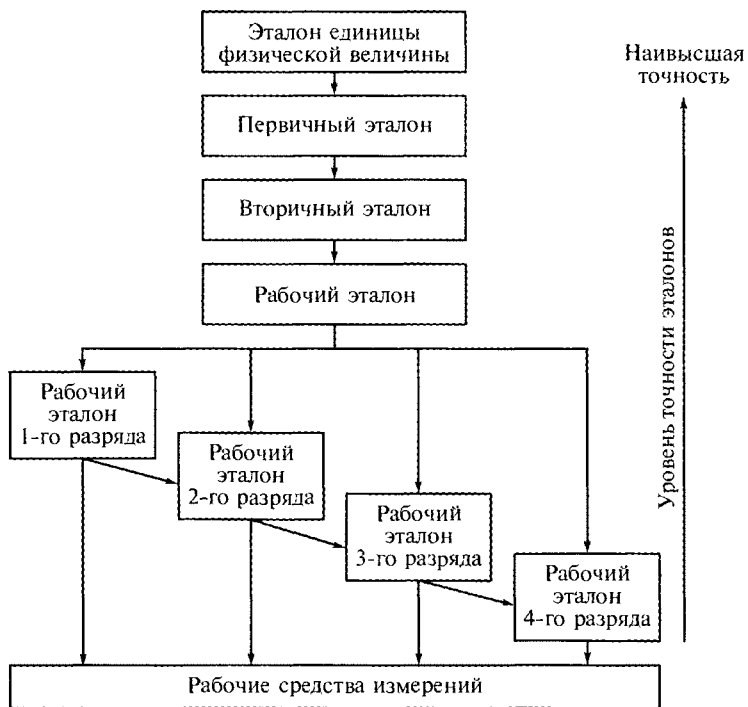


Рис. 1.2. Схема передачи размеров

рочных лабораториях отраслевых МС, которым в установленном порядке предоставлено право поверки СИ.

СИ в качестве разрядного эталона утверждаются органом Государственной МС. Для обеспечения правильности передачи размеров ФВ во всех звеньях метрологической цепи должен быть установлен определенный порядок. Этот порядок приводится в поверочных схемах.

Положение о поверочных схемах установлено ГОСТ 8.061—80 «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение».

Различают Государственные поверочные схемы и локальные (отдельных региональных органов Государственной МС или ведомственных МС). Поверочные схемы содержат текстовую часть и необходимые чертежи и схемы.

Строгое соблюдение поверочных схем и своевременная поверка разрядных эталонов — необходимые условия для передачи достоверных размеров единиц физических величин рабочим средствам измерений.

Непосредственно для выполнения измерений в науке и технике используют рабочие средства измерения.

Рабочее средство измерения — СИ, применяемое для измерений, не связанных с передачей размеров.

Контрольные вопросы

1. Что такое эталон единицы физической величины?
2. Каково основное назначение эталонов?
3. На каких принципах основан эталон единицы длины?
4. Что такое поверочная схема?

1.4. Основы теории измерений

С точки зрения информационной теории измерение представляет собой процесс, направленный на уменьшение энтропии измеряемого объекта. Энтропия является мерой неопределенности наших знаний об объекте измерений.

В процессе измерения мы уменьшаем энтропию объекта, т.е. получаем дополнительную информацию об объекте.

Измерительной информацией называется информация о значениях измеренных ФВ.

Эта информация и называется измерительной, поскольку получается в результате измерений. Таким образом, измерение — это нахождение значения ФВ опытным путем, заключающемся в сравнении измеряемой ФВ с ее единицей с помощью специальных технических средств, которые часто называют средствами измерений.

Применяемые при измерениях методы и технические средства не являются идеальными, а органы восприятия экспериментатора не могут идеально воспринимать показания приборов. Поэтому после завершения процесса измерения остается некоторая неопределенность в наших знаниях об объекте измерения, т. е. получить истинное значение ФВ невозможно. Остаточная неопределенность наших знаний об измеряемом объекте может характеризоваться различными мерами неопределенности. В метрологической практике энтропия практически не используется (за исключением аналитических измерений). В теории измерений мерой неопределенности результата измерений является погрешность результата наблюдений.

Под *погрешностью результата измерения*, или *погрешностью измерения*, понимается отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой физической величины.

Записывается это следующим образом:

$$\Delta = X_{\text{изм}} - X,$$

где $X_{\text{изм}}$ — результат измерения; X — истинное значение ФВ.

Однако поскольку истинное значение ФВ остается неизвестным, то неизвестна и погрешность измерений. Поэтому на практике имеют дело с приближенными значениями погрешности или с так называемыми их оценками. В формулу для оценки погрешности подставляют вместо истинного значения ФВ ее действительное значение. Под *действительным значением ФВ* понимается ее значение, полученное опытным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Таким образом, формула для оценки погрешности имеет следующий вид:

$$\Delta = X_{\text{изм}} - X_{\text{д}},$$

где $X_{\text{д}}$ — действительное значение ФВ.

Таким образом, чем меньше погрешность, тем более точными являются измерения.

Точность измерений — качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Численно оно обратно погрешности измерений, например, если погрешность измерений равна 0,0001, то точность равна 10 000.

Каковы же основные причины возникновения погрешности?

Можно выделить четыре основные группы погрешностей измерений:

- 1) погрешности, обусловленные методиками выполнения измерений (погрешность метода измерений);
- 2) погрешность средств измерений;

3) погрешность органов чувств наблюдателей (личные погрешности);

4) погрешности, обусловленные влиянием условий измерений.

Все эти погрешности дают суммарную погрешность измерений. В метрологии принято подразделять суммарную погрешность измерений на две составляющие: случайную и систематическую погрешности.

Эти составляющие различны по своей физической сути и проявлению.

Случайная погрешность измерений — составляющая погрешности результатов измерений, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) в повторных наблюдениях, проведенных с одинаковой тщательностью одной и той же не изменяющейся (детерминированной) ФВ.

Случайная составляющая суммарной погрешности характеризует такое качество измерений, как их точность. Случайная погрешность результата измерения характеризуется так называемой дисперсией D . Она выражается квадратом единиц измеряемой ФВ. Поскольку это неудобно, обычно на практике случайная погрешность характеризуется так называемым средним квадратическим отклонением. Математически СКО выражается как квадратный корень из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{D}.$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерений характеризует рассеяние результатов измерений. Пояснить это можно следующим образом. Если навести винтовку на какую-либо точку, жестко ее закрепить и произвести несколько выстрелов, то не все пули попадут в эту точку. Они будут располагаться вблизи точки прицеливания. Степень их разброса от указанной точки и будет характеризоваться средним квадратическим отклонением.

Систематическая погрешность измерений — составляющая погрешности результата измерений, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных наблюдениях одной и той же не изменяющейся ФВ. Эта составляющая суммарной погрешности характеризует такое качество измерений, как их правильность.

В общем случае в результатах измерений всегда присутствуют эти обе составляющие. На практике часто бывает так, что одна из них значительно превышает другую. В этих случаях меньшей составляющей пренебрегают. Например, при измерениях, проводимых с помощью линейки или рулетки, как правило, преобладает случайная составляющая погрешности, а систематическая — мала, ею пренебрегают. Случайная составляющая в этом случае объясняется следующими основными причинами: неточность (перекос) установки рулетки (линейки), неточность установки начала от-

счета, изменение угла наблюдения, усталость глаза, изменение освещенности.

Систематическая погрешность возникает из-за несовершенства метода выполнения измерений, погрешностей СИ, неточного знания математической модели измерений, влияния условий, погрешностей градуировки и поверки СИ, личных причин.

Поскольку случайные погрешности результатов измерений являются случайными величинами, в основе их обработки лежат методы теории вероятностей и математической статистики.

Случайная погрешность характеризует такое качество, как точность измерений, а систематическая — правильность измерений.

По своему выражению погрешность измерений может быть абсолютной и относительной.

Абсолютная погрешность — погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины. Например, погрешность измерения массы в 5 кг — 0,0001 кг. Она обозначается знаком Δ .

Относительная погрешность — это безразмерная величина, определяющаяся отношением абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой ФВ, она может выражаться в процентах (%). Например, относительная погрешность измерения

массы 5 кг — $\frac{0,0001}{5} = 0,00002$ или 0,002 %. Иногда берется отношение абсолютной погрешности к максимальному значению ФВ, которое может быть измерено данным СИ (верхний предел шкалы прибора). В этом случае относительная погрешность называется *приведенной*.

Относительная погрешность обозначается δ и определяется следующим образом:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_d} = \frac{X_{\text{изм}} - X_d}{X_d}$$

где Δ — абсолютная погрешность результата измерения; X_d — действительное значение ФВ; $X_{\text{изм}}$ — результат измерения ФВ.

Поскольку $X_d \cong X_{\text{изм}}$ (или очень мало отличается от него), то на практике обычно принимается

$$\delta = \Delta/X_{\text{изм}}$$

Кроме случайной и систематической погрешностей измерений различают так называемую грубую погрешность измерения. Иногда в литературе эту погрешность называют *промахом*. *Грубая погрешность результата измерения* — это такая погрешность, которая значительно превышает ожидаемую.

Как уже отмечалось, в общем случае проявляются одновременно обе составляющие суммарной погрешности измерений: случайная и систематическая, поэтому

$$\Delta = \overset{0}{\Delta} + \Theta,$$

где: Δ — суммарная погрешность измерений; $\overset{0}{\Delta}$ — случайная составляющая погрешности измерения; Θ — систематическая составляющая погрешности измерения.

Виды измерений обычно классифицируются по следующим признакам:

- характеристика точности — равноточные, неравноточные (равнорассеянные, неравнорассеянные);
- число измерений — однократные, многократные;
- отношение к изменению измеряемой величины — статические, динамические;
- метрологическое назначение — метрологические, технические;
- выражение результата измерений — абсолютные, относительные;
- общие приемы получения результатов измерений — прямые, косвенные, совместные, совокупные.

Равноточные измерения — ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности СИ и в одних и тех же условиях.

Неравноточные измерения — ряд измерений какой-либо величины, выполненных несколькими различными по точности СИ и (или) в разных условиях.

Однократное измерение — измерение, выполненное один раз.

Многократные измерения — измерения одного и того же размера ФВ, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом наблюдений, т.е. состоящих из ряда однократных измерений.

Прямое измерение — измерение ФВ, проводимое прямым методом, при котором искомое значение ФВ получают непосредственно из опытных данных. Прямое измерение производится путем экспериментального сравнения измеряемой ФВ с мерой этой величины или путем отсчета показаний СИ по шкале или цифровому прибору.

Например, измерения длины, высоты с помощью линейки, напряжения — с помощью вольтметра, массы — с помощью весов.

Косвенное измерение — измерение, проводимое косвенным методом, при котором искомое значение ФВ находят на основании результата прямого измерения другой ФВ, функционально связанной с искомой величиной известной зависимостью между этой ФВ и величиной, получаемой прямым измерением. Например: определение площади, объема с помощью измерения длины, ширины, высоты; электрической мощности — методом измерения силы тока и напряжения и т.д.

Совокупные измерения — проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях различных сочетаний этих величин.

Пр и м е р: Значение массы отдельных гирь набора определяют по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений (сравнений) масс различных сочетаний гирь.

Имеются гири с массами m_1 , m_2 , m_3 :

$$\bar{m}_1 = M_1; \bar{m}_2 = M_{1,2} - \bar{m}_1; \bar{m}_3 = M_{1,2,3} - \bar{m}_1 - \bar{m}_2,$$

где $M_{1,2}$ — масса гирь m_1 и m_2 ; $M_{1,2,3}$ — масса гирь m_1 , m_2 , m_3 .

Часто именно этим путем добиваются повышения точности результатов измерений.

Совместные измерения — проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных физических величин для определения зависимости между ними.

Как уже указывалось, измерение — это процесс нахождения значений физической величины. Таким образом, физическая величина является объектом измерения. Кроме того, следует иметь в виду, что под физической величиной понимается такая величина, размер которой может быть определен физическими методами. Именно поэтому величина и называется физической.

Значение физической величины определяется с помощью средств измерений определенным методом. Под методом измерений понимается совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Различают следующие методы измерений:

метод непосредственной оценки — метод, в котором значение величины определяют непосредственно по отчетному устройству измерительного прибора (измерение длины с помощью линейки, массы — с помощью пружинных весов, давление — с помощью манометра и т. п.);

метод сравнения с мерой — метод измерения, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение зазора между деталями с помощью щупа, измерение массы на рычажных весах с помощью гирь, измерение длины с помощью концевых мер и т. п.);

метод противопоставления — метод сравнения с мерой, в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействует на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами (измерение массы на равноплечных весах с помещением измеряемой массы и уравновешивающих ее гирь на двух чашках весов);

дифференциальный метод — метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой и известной величины, воспроизводимой мерой (измерение дли-

ны сравнением с образцовой мерой на компараторе — средстве сравнения, предназначенном для сличения мер однородных величин);

нулевой метод — метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля (измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием);

метод замещения — метод сравнения с мерой, в котором измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов);

метод совпадений — метод сравнения с мерой, в которой разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение от меток шкал или периодических сигналов (измерение длины с помощью штангенциркуля с нониусом, когда наблюдают совпадение отметок на шкалах штангенциркуля и нониуса; измерение частоты вращения с помощью стробоскопа, когда положение какой-либо отметки на вращающемся объекте совмещают с отметкой на невращающейся части определенной частоте вспышек стробоскопа).

Кроме отмеченных методов различают контактный и бесконтактный методы измерений.

Контактный метод измерений — это метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения. Например, измерение размеров отверстия штангенциркулем или индикаторным нутромером.

Бесконтактный метод измерений — это метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения. Например, измерение расстояния до объекта с помощью радиолокатора, измерение параметров резьбы с помощью инструментального микроскопа.

Итак, мы разобрались (надеемся) с некоторыми положениями метрологии, связанными с единицами физических величин, системами единиц физических величин, группами погрешностей результата измерений и, наконец, с видами и методами измерений.

Мы подошли к одному из важнейших разделов науки об измерении — обработке результатов измерений. На самом деле от того, какой метод измерения мы избрали, чем мы измерили, как мы измерили, зависит результат измерения и его погрешность. Но без обработки этих результатов мы не сможем определить численное значение измеряемой величины, сделать какой-либо конкретный вывод.

По большому счету обработка результатов измерений — это ответственный и порой сложный этап подготовки ответа на воп-

рос об истинном значении измеряемого параметра (физической величины). Это и определение среднего значения измеряемой величины и его дисперсии, и определение доверительных интервалов погрешностей, нахождение и исключение грубых погрешностей, оценка и анализ систематических погрешностей и т. д. Более подробно с этими вопросами можно познакомиться в другой литературе. Здесь же мы рассмотрим лишь первые шаги, выполняемые при обработке результатов равноточных измерений, которые подчиняются нормальному закону распределения.

Как уже указывалось, определить истинное значение физической величины по результатам ее измерения невозможно в принципе. На основании результатов измерений может быть получена оценка этого истинного значения (его среднее значение) и диапазон, внутри которого искомое значение находится с принятой доверительной вероятностью. Другими словами, если принятая доверительная вероятность равна 0,95, то истинное значение измеряемой физической величины с вероятностью 95 % находится внутри определенного интервала результатов всех измерений.

Конечной задачей обработки результатов любых измерений является получение оценки истинного значения измеряемой физической величины, обозначаемой \bar{Q} , и диапазона значений, внутри которого находится эта оценка с принятой доверительной вероятностью.

Для равноточных (равнорассеянных) результатов измерений эта оценка представляет собой *среднее арифметическое значение измеряемой величины из n единичных результатов*:

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

где n — число единичных измерений в ряду; X_i — результаты измерений.

Для определения диапазона (доверительного интервала) изменения среднего значения измеряемой физической величины необходимо знать закон ее распределения и закон распределения погрешности результатов измерений. В метрологической практике обычно используются следующие законы распределения результатов измерений и их погрешностей: нормальный, равномерный, по треугольнику и трапециевидный.

Рассмотрим случай, когда рассеяние результатов измерений подчиняется нормальному закону распределения, а результаты измерений являются равноточными.

На первом этапе обработки результатов измерений оценивают наличие грубых погрешностей (промахов). Для этого определяют *среднюю квадратическую погрешность результатов единичных измерений в ряду измерений (СКП)*

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

Вместо термина СКП на практике широко распространен термин «среднее квадратическое отклонение», которое обозначается символом S . При обработке ряда результатов измерений, свободных от систематических погрешностей, СКП и СКО являются одинаковой оценкой рассеяния результатов единичных измерений.

Для оценки наличия грубых погрешностей пользуются определением *доверительных границ погрешности результата измерения*. В случае нормального закона распределения они вычисляются как

$$\pm t S,$$

где t — коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и числа измерений (выбирается по таблицам).

Если среди результатов измерений найдутся такие, значение которых выходят из доверительных границ, т. е. больше или меньше среднего значения x на величину $3S$, то они являются грубыми погрешностями и из дальнейшего рассмотрения исключаются.

Точность результатов наблюдений и последующих вычислений при обработке данных должна быть согласована с необходимой точностью результатов измерений. Погрешность результатов измерений следует выражать не более чем двумя значащими цифрами.

При обработке результатов наблюдений следует пользоваться правилами приближенных вычислений, а округление выполнять по следующим правилам.

1. *Округлять результат измерения следует так, чтобы он оканчивался цифрой того же порядка, что и погрешность. Если значение результата измерения оканчивается нулями, то ноль отбрасывается до того разряда, который соответствует разряду погрешности.*

Например: погрешность $\Delta = \pm 0,0005$ м.

После вычислений получены результаты измерений:

$$\bar{X}_1 = 9,84236672 \cong 9,8424; \quad X_1 = (9,8424 \pm 0,0005) \text{ м.}$$

$$\bar{X}_2 = 1,260002 \cong 1,2600; \quad X_2 = (1,2600 \pm 0,0005) \text{ м.}$$

2. *Если первая из заменяемых нулем или отбрасываемых цифр (слева направо) меньше 5, то остающиеся цифры не изменяются.*

Например: $\Delta = 0,06$; $\bar{X} = 2,3641 \cong 2,36$.

3. *Если первая из заменяемых нулем или отбрасываемых цифр равна 5, а за ней не следует никаких цифр или нулей, то округление производят до ближайшего четного числа, т. е. четную последнюю оставленную цифру или ноль оставляют без изменений, нечетную увеличивают на 1.*

Например: $\Delta = \pm 0,25$;

$$\bar{X}_1 = 1,385 \cong 1,38;$$

$$\bar{X}_2 = 1,355 \cong 1,36.$$

4. Если первая из заменяемых нулем или отбрасываемых цифр больше или равна 5, но за ней следует отличная от нуля цифра, то последнюю оставленную цифру увеличивают на 1.

Например: $\Delta = \pm 1,2$; $\bar{X}_1 = 236,51 \cong 237$.

Дальнейший анализ и обработка полученных результатов выполняется по ГОСТ 8.207 — 80 ГСИ «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений».

Рассмотрим пример начальной обработки результатов единичных измерений диаметра шейки вала (табл. 1.5), выполненных микрометром в одних и тех же условиях.

1. Расположим полученные результаты в монотонно увеличивающийся ряд:

X_i ; ... 10,03; 10,05; 10,07; 10,08; 10,09; 10,10; 10,12; 10,13; 10,16; 10,30.

2. Определим среднее арифметическое значение результатов измерений:

$$\bar{X} = 1/n \sum_{i=1}^n X_i = 101,13/10 = 10,113 \text{ мм.}$$

3. Определим среднюю квадратическую погрешность результатов измерений в полученном ряду:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)} \approx 0,076.$$

4. Определим интервал, в котором будут находиться результаты измерений без грубых ошибок:

$$\bar{X} + 3S = 10,113 + 0,228 = 10,341;$$

$$\bar{X} - 3S = 10,113 - 0,228 = 9,885.$$

5. Определяем наличие грубых ошибок: в нашем конкретном примере результаты измерений не имеют грубых ошибок и, следовательно, все они принимаются для дальнейшей обработки.

Таблица 1.5

Результаты измерений

Номер измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр шейки, мм	10,08	10,09	10,03	10,10	10,16	10,13	10,05	10,30	10,07	10,12

Если бы в результатах измерений были бы значения больше 10,341 мм и меньше 9,885 мм, то пришлось бы их исключить и снова определить величины \bar{X} и S .

Контрольные вопросы

1. Какие методы измерений находят применение в промышленности?
2. С какой целью выполняется обработка результатов измерений?
3. Как определяется среднее арифметическое значение измеряемой величины?
4. Как определяется средняя квадратическая погрешность результатов единичных измерений?
5. Что такое исправленный ряд результатов измерений?
6. Сколько значащих цифр должна содержать погрешность измерения?
7. Каковы правила округления результатов расчетов?
8. Определите наличие и исключите из результатов равнооточных измерений напряжения в сети, выполненных вольтметром, грубые ошибки (результаты измерений представлены в вольтах): 12,28; 12,38; 12,25; 12,75; 12,40; 12,35; 12,33; 12,21; 12,15; 12,24; 12,71; 12,30; 12,60.
9. Округлите результаты измерений и запишите его с учетом погрешности:

$$\Delta = \pm 0,00015 \text{ м, } \bar{X} = 1,28543 \cong$$

$$\Delta = \pm 0,005 \text{ А, } \bar{X} = 5,3861 \cong$$

$$\Delta = \pm 0,08 \text{ Ом, } \bar{X} = 10,3856 \cong$$

1.5. Средства измерений и контроля

Классификация средств измерений и контроля. Человек практически как в повседневной жизни, так и в трудовой деятельности все время производит различные измерения, часто даже не задумываясь об этом. Каждый свой шаг он соизмеряет с характером дороги, ощущает тепло или холод, уровень освещенности, с помощью сантиметра измеряет объем своей груди для выбора одежды и т.д. Но, конечно, только с помощью специальных средств он может получить достоверные данные о тех или иных параметрах, которые ему необходимы.

Классификация средств измерений и контроля *по типу контролируемых физических величин* включает в себя следующие основные величины: весовые величины, геометрические величины, механические величины, давления, количества, расхода, уровня вещества, времени и частоты, физико-химического состава вещества, тепловые величины, электрические и магнитные величины, радиотехнические величины, оптическое излучение, ионизирующие излучение, акустические величины.

Каждый тип контролируемых физических величин, в свою очередь, может быть подразделен на *виды контролируемых величин*. Так, для электрических и магнитных величин можно выделить основные виды средств измерений и контроля: напряжения, тока, мощности, фазовых сдвигов, сопротивления, частоты, напряженности магнитного поля и т. д.

Универсальные измерительные приборы позволяют проводить измерения многих параметров. Например, широко используемый в практике мультиметр позволяет измерять постоянные и переменные напряжения, силу тока, величину сопротивления. При серийном производстве работник на своем рабочем месте часто должен контролировать только один или ограниченное число параметров. В этом случае ему более удобно применять одномерные измерительные приборы, отсчет результатов измерения по которым более быстр и может быть получена большая точность. Так, например, при настройке стабилизаторов напряжения достаточно иметь два независимых друг от друга приборов: вольтметра для контроля напряжения на выходе и амперметра для измерения тока нагрузки в рабочем диапазоне работы стабилизатора.

Автоматизация процесса производства привела к тому, что все шире начали применяться автоматические средства контроля. Во многих случаях они выдают информацию только в том случае, когда происходит отклонение измеряемого параметра от заданных значений. Автоматические средства контроля классифицируются по числу проверяемых параметров, степени автоматизации, способу преобразования измерительного импульса, воздействию на технологический процесс, использование компьютера.

Последние все чаще входят в состав различных технических устройств, они позволяют фиксировать в процессе эксплуатации возникающие неисправности, выдавать их по требованию обслуживающего персонала и даже указывать на методы устранения возникших неисправностей, обнаруженных с помощью различных измерительных устройств, входящих в состав самого технического устройства. Так, при проведении периодического технического осмотра автомобиля (а это предусмотрено соответствующими правилами) вместо непосредственного подключения измерительных приборов к различным агрегатам достаточно подключить только один измерительный, а фактически фиксирующий, прибор в виде ноутбука, на который компьютер автомобиля (а их может быть даже несколько) выдаст всю информацию не только о сиюминутном состоянии оборудования автомобиля, но и статистику возникавших неисправностей за последние несколько месяцев. Необходимо отметить, что в связи с тем что многие измерительные устройства, входящие в состав оборудования автомобиля (или других технических устройств), работают на принципах электроники, ремонт которых часто невозможен, компью-

тер выдает рекомендации: снять, выбросить, заменить новым. Компьютеры в виде микропроцессоров входят непосредственно в состав различных измерительных приборов, например осциллографов, анализаторов спектра сигналов, измерителей нелинейных искажений. Они обрабатывают измеряемую информацию, запоминают ее и выдают оператору в удобной форме не только во время проведения измерений, но и спустя какое то время по требованию экспериментатора.

Можно провести классификацию по *способу преобразования измерительного импульса*: механические способы, пневматические, гидравлические, электрические, оптические акустические и т.д. Практически в каждом из перечисленных способов можно дополнительно провести классификацию. Например, электрические способы могут использовать сигналы постоянного или переменного напряжения, низкочастотные, высокочастотные, инфранизкочастотные и т.д. В медицине используются флюорографические и рентгеноскопические способы преобразования. Или появившаяся в последнее время магниторезонансная томография (компьютерная томография).

Все это практически показывает, что провести всеобъемную классификацию по каким-то общим принципам фактически нецелесообразно. В то же время в связи с тем, что в последнее время в процесс измерения параметров различных видов, все шире внедряются электронные и электротехнические методы, компьютерная техника, необходимо уделить этим методом большее внимание.

Электрические методы измерений и контроля позволяют достаточно просто осуществить запоминание полученных результатов, обработку их статистически, определять среднее значение, дисперсию, прогнозировать последующие результаты измерений. Использование электроники позволяет передавать результаты измерений по каналам связи. Например, на современных автомобилях информация о снижении давления в шине (а это необходимо для предупреждения аварийной информации) передается водителю по радиоканалу. Для этого на ниппель камеры шины навертывается вместо золотника миниатюрный датчик давления с радиопередатчиком, который передает информацию с вращающегося колеса к неподвижной антенне и далее на приборный щиток водителя. С помощью радиолокатора на последних типах автомашин определяется расстояние до впереди идущей автомашины, и если оно становится слишком малым, автоматически без участия водителя включаются тормоза. В авиации с помощью так называемых черных ящиков (на самом деле они ярко-оранжевые, чтобы были заметны) записывается информация о режиме полета, работе всех основных устройств самолета, что позволяет в случае катастрофы найти ее причину и принять меры для исключения

подобной ситуации в дальнейшем. Подобные устройства по требованию страховых компаний начинают вводиться в ряде стран и на автомобилях. Широко используются радиоканалы передачи измерительной информации с запускаемых спутников и баллистических ракет. Эта информация обрабатывается автоматически (здесь играют роль секунды) и в случае отклонения движения от заданной траектории или возникновения аварийной ситуации с земли передается команда на самоликвидацию запущенного объекта.

Обобщенные структурные схемы средств измерений и контроля.

Для создания и изучения измерительных систем, отдельных средств измерений часто применяют так называемые общие структурные схемы средств измерений и контроля. В этих схемах изображены отдельные элементы средства измерений в виде символических блоков, соединенных между собой сигналами, характеризующими физические величины.

ГОСТ 16263—70 определяет следующие общие структурные элементы средств измерений: чувствительный, преобразовательный элементы, измерительная цепь, измерительный механизм, отсчетное устройство, шкала, указатель, регистрирующее устройство (рис. 1.3).

Практически все элементы структурной схемы кроме чувствительного элемента (в ряде случаев и он тоже) работают на принципах электротехники и электроники.

Чувствительный элемент средства измерений является первым преобразовательным элементом, на который непосредственно воздействует измеряемая величина. Только этот элемент обладает способностью фиксировать изменения измеряемой величины. Конструктивно чувствительные элементы весьма разнообразны, некоторые из них будут рассмотрены далее при изучении датчиков. Главная задача чувствительного элемента — выработать сигнал измерительной информации в форме, удобной для его дальнейшей обработки. Этот сигнал может быть чисто механическим, например перемещение или поворот. Но оптимальным является электрический сигнал (напряжение или реже ток), который подвергается удобной дальнейшей обработке. Так, например, при измерении давления (жидкости, газа) чувствительный элемент представляет собой гофрированную эластичную мембрану кото-

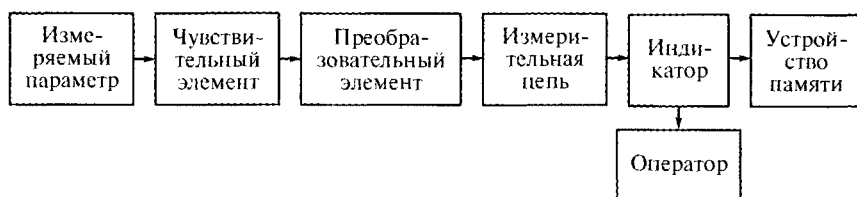


Рис. 1.3. Обобщенная структурная схема средств измерений и контроля

рая под воздействием давления деформируется, т. е. происходит преобразование давления в линейное перемещение. А измерение светового потока с помощью фотодиода непосредственно преобразует интенсивность светового потока в напряжение.

Преобразовательный элемент средства измерений осуществляет преобразование сигнала, выработанного чувствительным элементом, в форму, удобную для последующей обработке и передаче по каналу связи. Так, рассмотренный ранее чувствительный элемент для измерения давления, на выходе которого линейное перемещение требует наличия преобразовательного элемента, например потенциометрического датчика, позволяющего преобразовать линейное перемещение в напряжение пропорциональное перемещению. В некоторых случаях приходится применять последовательно несколько преобразователей, на выходе которых в конечном итоге будет удобный для использования сигнал. В этих случаях говорят о первом, втором и других преобразователях, включенных последовательно. Фактически такая последовательная цепь преобразователей именуется измерительной цепью средства измерения.

Индикатор необходим для выдачи оператору полученную измерительную информацию в удобном для восприятия виде. В зависимости от характера сигнала, поступающего на индикатор от измерительной цепи, индикатор может быть выполнен как с помощью механических или гидравлических элементов, (например, манометра), так и в виде (чаще всего) электрического вольтметра. Сама информация может быть представлена оператору в аналоговом или дискретном (цифровом) виде. В аналоговых индикаторах обычно представляется с помощью стрелки, перемещающейся по шкале с нанесенными значениями измеряемой величины (простейший пример — стрелочные часы) и гораздо реже при неподвижной стрелке с перемещающейся шкалой. Дискретные цифровые индикаторы выдают информацию в виде десятичных цифр (простейший пример — часы с цифровой индикацией). Цифровые индикаторы позволяют получить более точные результаты измерений по сравнению с аналоговыми, но при измерении быстро меняющихся величин оператор на цифровом индикаторе видит мелькание цифр, в то время как на аналоговом приборе хорошо заметно движение стрелки. Так, например, закончились неудачей использовать на автомобилях цифровые спидометры.

Результаты измерений могут быть при необходимости занесены в *память измерительного устройства*, в качестве которых обычно используются микропроцессоры. В этих случаях оператор может спустя какое то время востребовать из памяти необходимые ему предыдущие результаты измерения. Так, например, на всех локомотивах железнодорожного транспорта стоят специальные устройства, записывающие скорость движения состава на разных участках пути. Эта информация сдается на конечных станциях и под-

вергается обработке для принятия мер с нарушителями скоростных режимов на разных участках дороги.

В ряде случаев бывает необходимость передать измеренную информацию на большое расстояние. Например, слежение за спутниками земли специальными центрами, находящимся в различных районах страны. Эта информация оперативно передается в центральный пункт, где обрабатывается для контроля движения спутников.

Для передачи информации в зависимости от расстояния могут использоваться различные каналы связи — электрические кабели, световоды, инфракрасные каналы (простейший пример — дистанционное управление работой телевизора с помощью пульта), радиоканалы. На небольшие расстояния можно передавать аналоговую информацию. Например, на автомобиле информация о давлении масла в системе смазки непосредственно в виде аналогового сигнала передается по проводам от датчика давления к индикатору. При относительно длинных каналах связи приходится использовать передачу цифровой информации. Это связано с тем, что передавая аналоговый сигнал неизбежно его ослабление из-за падения напряжения в проводах. Но оказалось, что передавать цифровую информацию, в десятичной системе счисления невозможно. Нельзя каждой цифре установить какой-то определенный уровень напряжения, например: цифре 2 — 2 В, цифре 3 — 3 В и т. д. Единственным приемлемым способом оказалось использовать так называемую двоичную систему счисления, в которой существуют только две цифры: нуль и единица. Им можно установить соотношения нулю — нулевое напряжение, а единице — какое-то отличное от нуля. Неважно какое. Оно может быть и 3 В и 10 В. Во всех случаях оно будет соответствовать единице двоичной системы. Кстати, и любой компьютер, и портативные калькуляторы работают так же в двоичной системе счисления. Специальные схемы в них перекодируют вводимую с помощью клавиатуру десятичную информацию в двоичную, а результаты вычисления из двоичной формы — в привычную нам десятичную.

Хотя мы часто говорим, что какие-то сведения содержат большой объем информации или здесь практически нет никакой информации, мы не задумываемся о том, что информации можно придать вполне определенную математическую трактовку. Понятие количественной меры информации ввел американский ученый К. Шеннон — один из основателей теории информации:

$$I = \log_2 p_n / p,$$

где I — количество полученной информации; p_n — вероятность у приемника информации события после приема информации; p — вероятность у приемника информации события до приема информации.

Логарифм при основании 2 можно вычислить по формуле

$$\log_2 x = \frac{\log x}{\log 2} = \frac{\log x}{0,3}.$$

Если информация принимается без ошибок, которые принципиально могут быть в линии связи, то вероятность события у приемника сообщения равна единице. Тогда формула для количественной оценки информации примет более простой вид:

$$I = -\log_2 p.$$

В качестве единицы меры количества информации принята единица, получившая название *бит*. Например, если с помощью приборов установлено, что на выходе какого-то устройства есть напряжение (а имеются варианты: есть напряжение или нет) и вероятности этих событий равновероятны, т.е. $p = 0,5$, то количество информации

$$I = -\log_2 0,5 = 1 \text{ бит.}$$

Определение количества передаваемой по каналу связи информации важно потому, что любой канал связи может передавать информацию с определенной скоростью, измеряемой в *бит/с*. Согласно теореме, получившей название теоремы Шеннона, для правильной передачи сообщения (информации) необходимо, чтобы скорость передачи информации была бы больше производительности источника информации. Так, например, стандартная скорость передачи телевизионного изображения в цифровой форме (а именно так работает спутниковое телевидение и в ближайшие годы на этот метод перейдет и эфирное телевидение) равна 27 500 кбит/с. Необходимо иметь в виду, что по телевизионному каналу в ряде случаев передается важная информация снятая с осциллографа (форма сигналов, шкалы приборов и т.д.). Так как каналы связи, какими бы они не были, обладают вполне определенными значениями максимальной скоростью передачи информации, то в информационных системах используют различные способы сжатия объема информации. Например, можно передавать не всю информацию, а только ее изменение. Для уменьшения объема информации в каком-то непрерывном процессе можно ограничиться подготовкой к передаче по каналу связи данных об этом процессе только в определенные моменты времени, осуществляя опрос и получая так называемые выборки. Обычно опрос осуществляется через равные промежутки времени T — периода опроса.

Восстановление на приемном конце канала связи непрерывной функции осуществляется с помощью интерполяционной обработке обычно осуществляемой автоматически. В системе передачи данных с использованием выборок источник непрерывно-

го сигнала с помощью электронного ключа (модулятора) превращается в последовательность импульсов разной амплитуды. Эти импульсы поступают в канал связи, а на приемной стороне определенным образом подобранный фильтр превращает последовательность импульсов снова в непрерывный сигнал. На ключ поступает так же сигнал от специального генератора импульсов, который открывает ключ через равные промежутки времени T . О возможности восстановления первоначальной формы сигнала по выборкам указал в начале 1930-х годов Котельников, который сформулировал теорему, носящую сегодня его имя.

Если спектр функция $f(t)$ ограничен, т.е.

$$|f(j\omega)| = 0 \text{ при } |\omega| > 2\pi f_{\max},$$

где f_{\max} — максимальная частота в спектре и если опрос производится с частотой $f = 2f_{\max}$, то функция $f(t)$ может быть точно восстановлена по выборкам.

Метрологические характеристики средств измерений и контроля. Важнейшими свойствами средств измерений и контроля являются те, от которых зависит качество получаемой с их помощью измерительной информации. Качество измерений характеризуется точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений, а также размером допускаемых погрешностей.

Метрологические характеристики (свойства) средств измерений и контроля — это такие характеристики, которые предназначены для оценки технического уровня и качества средства измерений, для определения результатов измерений и расчетной оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерений.

ГОСТ 8.009 — 84 устанавливает комплекс нормируемых метрологических характеристик средств измерений, который выбирается из числа приводимых далее.

Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправки):

- функция преобразования измерительного преобразователя;
- значение однозначной или значения многозначной меры;
- цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- вид выходного кода, число разрядов кода.

Характеристики погрешностей средств измерений — характеристики систематической и случайной составляющих погрешностей, вариация выходного сигнала средства измерений либо характеристика погрешности средств измерений.

Характеристики чувствительности средств измерений к влияющим величинам — функция влияния или изменение значений метрологических характеристик средств измерений, вызванные изменениями влияющих величин в установленных пределах.

Динамические характеристики средств измерений подразделяются на полные и частные. К первым относятся: переходная характеристика, амплитудно-фазовая и импульсная характеристики, передаточная функция. К частным динамическим характеристикам относятся: время реакции, коэффициент демпфирования, постоянная времени, значение резонансной собственной круговой частоты.

Неинформативные параметры выходного сигнала средств измерений — параметры выходного сигнала, не используемые для передачи или индикации значения информативного параметра входного сигнала измерительного преобразователя или не являющиеся выходной величиной меры.

Рассмотрим более подробно наиболее часто встречающиеся метрологические показатели средств измерений, которые обеспечиваются определенными конструктивными решениями средств измерений и их отдельных узлов.

Цена деления шкалы — это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Например, если перемещение указателя шкалы из положения *I* в положение *II* (рис. 1.4, *а*) соответствует изменению величины в $0,01$ В, то цена деления этой шкалы равна $0,01$ В. Значения цен делений выбирают из ряда 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500. Но чаще всего используют кратные и дольные значения от 1 до 2, а именно: $0,01$; $0,02$; $0,1$; $0,2$; 1; 2; 10 и т. д. Цена деления шкалы всегда указывается на шкале средства измерений.

Интервал деления шкалы — это расстояние между серединами двух соседних штрихов шкалы (рис. 1.4, *б*). На практике исходя из разрешающей силы глаз оператора (острота зрения), учитывая ширину штрихов и указателя, минимальный интервал деления шкалы принимают равным 1 мм, а максимальный — 2,5 мм. Наиболее распространенной величиной интервала является 1 мм.

Начальное и конечное значение шкалы — соответственно наименьшее и наибольшее значение измеряемой величины, указанные на шкале, характеризующие возможности шкалы средства измерений и определяющие диапазон показаний.

Одной из основных характеристик средств измерений контактным методом является *измерительное усилие*, которое возникает в

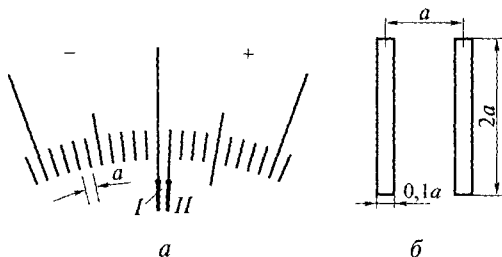


Рис. 1.4. Метрологические характеристики средств измерений:

a — цена деления; *б* — интервал деления шкалы

зоне контакта измерительного наконечника средства измерений с измеряемой поверхностью в направлении линии измерения. Оно необходимо для того, чтобы обеспечить устойчивое замыкание измерительной цепи. В зависимости от допуска контролируемого изделия рекомендуемые величины измерительного усилия находятся в пределах от 2,5 до 3,9 Н. Важным показателем измерительного усилия является *перепад измерительного усилия* — разность измерительного усилия при двух положениях указателя в пределах диапазона показаний. Стандарт ограничивает эту величину в зависимости от типа средства измерений.

Свойство средства измерений, заключающееся в его способности реагировать на изменения измеряемой величины, называется *чувствительностью*. Она оценивается отношением изменения положения указателя относительно шкалы (выраженного в линейных или угловых единицах) к соответствующему изменению измеряемой величины.

Порог чувствительности средства измерений — изменение измеряемой величины, вызывающее наименьшее изменение его показаний, обнаруживаемое при нормальном для данного средства способе отсчета. Эта характеристика важна при оценке малых перемещений.

Вариация показаний — наибольшая экспериментально определяемая разность между повторными показаниями средства измерений, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой им величины при неизменных внешних условиях. Обычно вариация показаний у средств измерений составляет 10... 50 % цены деления, она определяется путем многократного арретирования наконечника средства измерений.

Для датчиков характерны следующие метрологические характеристики:

- *номинальная статическая характеристика преобразования* $S = f_n(X_{вх})$. Эта нормируемая метрологическая характеристика является градуировочной характеристикой преобразователя;

- *коэффициент преобразования* — отношение приращения значения электрической величины к вызвавшему его приращению неэлектрической величины

$$K_{пр} = \Delta S / \Delta X_{вх};$$

- *предельная чувствительность* — порог чувствительности;
- *систематическая составляющая погрешности преобразования*;
- *случайная составляющая погрешности преобразования*;
- *динамическая погрешность преобразования* — связана с тем, что при измерении быстроменяющихся величин инерционность преобразователя приводит к запаздыванию его реакции на изменение входной величины.

Особое место в метрологических характеристиках средств измерений и контроля занимают *погрешности измерений*, в частности *погрешности самих средств измерений и контроля*. В подразд. 1.4 уже были рассмотрены основные группы погрешностей измерений, являющиеся следствием проявления ряда причин, создающих суммарный эффект.

Погрешность измерения — это отклонение Δ результата измерения $X_{изм}$ от действительного значения X_d измеряемой величины. Тогда *погрешность средства измерений* — это разность Δ_n между показанием прибора X_n и действительным значением измеряемой величины:

$$\Delta_n = X_n - X_d.$$

Погрешность средства измерений есть составляющая общей погрешности измерения, которая включает в себя в общем случае помимо Δ_n погрешности установочных мер, температурных колебаний, погрешности, вызванные нарушением первичной настройки СИ, упругими деформациями объекта измерения, обусловленные качеством измеряемой поверхности и другие.

Наряду с терминами «погрешность измерения», «погрешность средства измерений» используется понятие «точность измерения», которое отражает близость его результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерения соответствует малым погрешностям измерений. Погрешности измерений обычно классифицируют по причине их возникновения и по виду погрешностей.

Инструментальные погрешности возникают вследствие недостаточно высокого качества элементов средств измерений и контроля. К этим погрешностям можно отнести погрешности изготовления и сборки СИ; погрешности из-за трения в механизме СИ, недостаточной жесткости его деталей и т.п. Инструментальная погрешность индивидуальна для каждого СИ.

Причиной возникновения *методических погрешностей* служит несовершенство метода измерений, т.е. то, что мы сознательно измеряем, преобразуем или используем на выходе средств измерений не ту величину, которая нам нужна, а другую, которая отражает нужную лишь приблизительно, но гораздо проще реализуется.

За *основную погрешность* принимают погрешность средства измерений, используемого в нормальных условиях, оговоренных в нормативно-технических документах (НТД). Известно, что наряду с чувствительностью к измеряемой величине средство измерений имеет некоторую чувствительность и к неизмеряемым, но влияющим величинам, например к температуре, атмосферному давлению, вибрации, ударам и т.д. Поэтому любое средство измерений имеет основную погрешность, которая отражается в НТД.

При эксплуатации средств измерений и контроля в производственных условиях возникают значительные отклонения от нормальных условий, вызывающие *дополнительные погрешности*. Эти погрешности нормируются соответствующими коэффициентами влияния изменения отдельных влияющих величин на изменение показаний в виде α ; $\%/10^\circ\text{C}$; $\%/10\%$ $U_{\text{пит}}$ и т.д.

Погрешности средств измерений нормируют установлением предела допускаемой погрешности. *Предел допускаемой погрешности средства измерений* — наибольшая (без учета знака) погрешность средства измерений, при которой оно может быть признано и допущено к применению. Например, пределы допускаемой погрешности 100-мм концевой меры длины 1-го класса равны $\pm 5,0$ мкм, а для амперметра класса 1,0 равны $\pm 1\%$ от верхнего предела измерений.

Кроме того, все перечисленные погрешности измерения подразделяют по виду на систематические, случайные и грубые, статические и динамические составляющие погрешностей, абсолютные и относительные (см. подразд. 1.4).

Погрешности средств измерений могут выражаться:

- в виде абсолютной погрешности Δ :
для меры

$$\Delta = X_{\text{ном}} - X_{\text{д}},$$

где $X_{\text{ном}}$ — номинальное значение; $X_{\text{д}}$ — действительное значение измеряемой величины;
для прибора

$$\Delta = X_{\text{п}} - X_{\text{д}},$$

где $X_{\text{п}}$ — показание прибора;

- в виде относительной погрешности, $\%$,

$$\delta = (\Delta/X_{\text{д}})100;$$

- в виде приведенной погрешности, $\%$,

$$\gamma = (\Delta/X_N)100,$$

где X_N — нормирующее значение измеряемой физической величины.

В качестве нормирующего значения может быть принят предел измерения данным СИ. Например, для весов с пределом измерения массы 10 кг $X_N = 10$ кг.

Если в качестве нормирующей величины принимается размах всей шкалы, то именно к значению этого размаха в единицах измеряемой физической величины и относят абсолютную погрешность.

Например, для амперметра с пределами от -100 мА до 100 мА $X_N = 200$ мА.

Если в качестве нормирующей величины принимается длина шкалы прибора l , то $X_N = l$.

На каждое СИ погрешность приводится только в какой-то одной форме.

Если погрешность СИ при неизменных внешних условиях постоянна во всем диапазоне измерений, то

$$\Delta = \pm a, \quad (1.1)$$

Если она меняется в указанном диапазоне, то

$$\Delta = \pm(a + bx), \quad (1.2)$$

где a, b — положительные числа, не зависящие от X_d .

При $\Delta = \pm a$ погрешность называется *аддитивной*, а при $\Delta = \pm(a + bx)$ — *мультипликативной*.

Для аддитивной погрешности

$$\delta = \pm p, \quad (1.3)$$

где p — больший (по модулю) из пределов измерений.

Для мультипликативной погрешности

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{X_n}{X_n} \right) - 1 \right], \quad (1.4)$$

где c, d — положительные числа, выбираемые из ряда; $c = b + d$; $d = a/|X_k|$.

Приведенная погрешность

$$\gamma = \pm q, \quad (1.5)$$

где q — больший (по модулю) из пределов измерений.

Значения p, c, d, q выбираются из ряда чисел: $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $(1,6 \cdot 10^n)$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $3 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$, где n — положительное или отрицательное целое число, включая 0.

Для обобщенной характеристики точности средств измерений, определяемую пределами допускаемых погрешностей (основной и дополнительной), а также другими их свойствами, влияющими на погрешность измерений, вводится понятие «класс точности средств измерений». Единые правила установления пределов допускаемых погрешностей показаний по классам точности средств измерений регламентирует ГОСТ 8.401—80 «Классы точности удобны для сравнительной оценки качества средств измерений, их выбора, международной торговли».

Несмотря на то, что класс точности характеризует совокупность метрологических свойств данного средства измерений, он не определяет однозначно точность измерений, так как последняя зависит также от метода измерений и условий их выполнения.

Классы точности определяются стандартами и техническими условиями, содержащими технические требования к средствам

измерений. Для каждого класса точности средства измерений конкретного типа устанавливаются конкретные требования к метрологическим характеристикам, в совокупности отражающие уровень точности. Единые характеристики для средств измерений всех классов точности (например, входные и выходные сопротивления) нормируются независимо от классов точности. Средства измерений нескольких физических величин или с несколькими диапазонами измерений могут иметь два и более классов точности. Например, электроизмерительному прибору, предназначенному для измерения электрического напряжения и сопротивления, могут быть присвоены два класса точности: один — как вольтметру, другой — как амперметру.

Классы точности присваивают средствам измерений при разработке. В процессе эксплуатации метрологические характеристики средств измерений ухудшаются. Поэтому допускается понижение класса их точности по результатам метрологической аттестации или поверки. Например, предусмотрено понижение класса точности при поверке концевых мер длины, если отклонение длины меры от номинального значения, установленное в результате поверки, превышает предел допускаемых отклонений для класса точности, присвоенного ранее.

В связи с большим разнообразием средств измерений и их метрологических характеристик ГОСТ 8.401—80 определены способы обозначения, причем выбор того или иного способа зависит от того, в каком виде нормирована погрешность. Для СИ, у которых погрешность измерения определяется в соответствии с формулами (1.1) и (1.2), класс точности присваивается порядковым номером начиная для самого точного с 1 и далее по мере возрастания погрешности.

Если погрешность определяется по формулам (1.3) или (1.4), класс точности СИ соответствует значениям относительной или приведенной погрешности, выраженной в %.

Например, если $\delta = \pm 1\%$, то класс точности СИ 0,1; если приведенная погрешность $\gamma = \pm 1,5\%$, то класс точности СИ 1,5. Это справедливо для приведенной погрешности, нормируемой значением физической величины в принятых единицах. В тех случаях, когда погрешность нормируется длиной шкалы прибора l , класс точности также равен численному значению g , но обозначается по-другому. Например, при $\gamma = 0,5\%$ ($X_N = 1$) класс точности 0,5.

Если погрешность СИ определяется формулой (1.4) (мультипликативная погрешность), то она обозначается c/d . Например,

если $\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left| \frac{X_n}{X_d} \right| \right) - 1 \right]$, то класс точности СИ обозначается 0,02/0,01.

Проиллюстрируем это на следующем примере. Имеется вольтметр с пределами измерений 0...100 В. На него подается напряжение 50 В. Результат измерения — 48,5 В. Необходимо определить класс точности по Δ , δ , γ .

$$\Delta = 1,5 \text{ В}; \delta = 3 \%; \gamma = 1,5 \%$$

Тогда по Δ класс точности 6, по δ — класс точности 3, по γ — класс точности 1,5.

Таблица 1.6

Примеры обозначения классов точности приборов

Формула для определения пределов допускаемых погрешностей	Примеры пределов допускаемой основной погрешности	Обозначение класса точности		Примечание
		в документации	на средствах измерений	
$\Delta = \pm a$	—	Класс точности M	M	—
$\Delta = \pm(a + bx)$	—	Класс точности C	C	—
$\gamma = \Delta/X_N = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5	Если X_N выражено в единицах величины
	$\gamma = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5 V	Если X_N определяется длинной шкалы (ее части)
$\delta = \Delta/X_N = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	⓪,5	—
$\delta = \pm\{c + \delta \times (X_n/X_d + 1)\}$	$\delta = \pm\{0,02 + 0,01(X_n/X_d - 1)\}$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01	—

Примечание: Δ — пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы; X — значение измеряемой величины на входе (выходе) средства измерений или число делений, отсчитываемых по шкале; a, b — положительные числа, не зависящие от X_d ; δ — пределы допускаемой относительной основной погрешности, %; q, p — больший (по модулю) из пределов измерений; c, d — положительные числа, выбираемые из ряда; $c = b + d$; $d = a / |X_k|$; γ — пределы допускаемой приведенной основной погрешности, %; X_N — нормирующее значение измеряемой величины.

Чтобы отличить относительную погрешность от приведенной, на средстве измерений ее обводят кружком. С той же целью под обозначением класса точности на средстве измерений ставят знак «V» (это значит, что предел абсолютной погрешности приведен к длине шкалы или к ее части, а не к номинальной точке шкалы).

Примеры обозначения классов точности приведены в табл. 1.6.

Датчики и преобразователи. Процесс измерения можно представить в виде упрощенной блок-схемы, состоящей из блока преобразования, обеспечивающего преобразование практически любой физической величины, подлежащей измерению, в электрическую, которая может уже быть измерена электрическим прибором (рис. 1.5). Такой преобразователь часто называют просто *датчиком*. Удобнее производить измерение на выходе датчика, если на его выходе напряжение. Это важно потому, что часто проводить индикацию результатов бывает необходимо на каком-то расстоянии от объекта измерения, а напряжение может быть легко передано по проводам. К сожалению, далеко не всегда физическую величину, подлежащую измерению, можно непосредственно преобразовать в электрическую, например напряжение. В этом случае преобразователь может быть выполнен двухступенчатым. В первой ступени измеряемая физическая величина преобразуется в другую физическую величину, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую. К подобной схеме преобразователя можно отнести, например, устройство измерения атмосферного давления. В первой ступени такого преобразователя используется anerоидная коробка, в которой создается сильное разрежение. Изменение атмосферного давления приводит к сжатию или раздуванию коробки, изменение геометрических размеров которой с помощью простейшего потенциометрического датчика, превращается в электрическую величину — напряжение. Именно на этом принципе работают самолетные высотомеры.

Все датчики характеризуются двумя характеристиками: статической и динамической (рис. 1.6). *Статическая*, или *градуировочная характеристика* дает зависимость выходной величины от входной в статике, т. е. после завершения переходного процесса, связанного с изменением измеряемой величины. Она может быть линейной или, что гораздо чаще, нелинейной. Если характер изменения выходной величины от входной при ее увеличении или

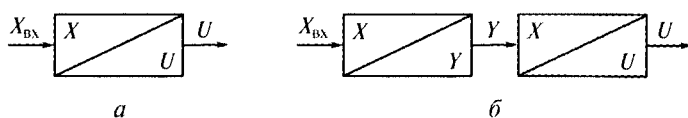


Рис. 1.5. Схемы преобразователей:

а — одноступенчатая; *б* — двухступенчатая

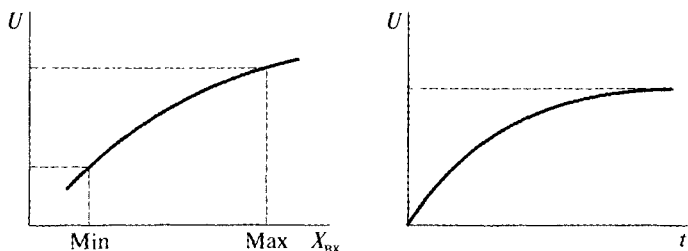


Рис. 1.6. Статические и динамические характеристики датчиков

уменьшении не одинаков, т. е. имеет место своеобразный гистерезис, то приходится иметь дело с несколькими зависимостями (семейством характеристик).

Динамическая характеристика учитывает динамику изменения входного сигнала. Так, например, датчик температуры за счет тепловой инерции (нужно время, чтобы он прогрелся) не сразу начнет выдавать информацию об изменении входного параметра — температуры. В большинстве случаев динамические характеристики являются нелинейными. В тех случаях, когда выходной сигнал датчика запаздывает по отношению к входному на постоянное время, характеристика датчика просто сдвигается вправо по оси времени. Такая постоянная задержка присуща некоторым схемам аналого-цифровым преобразователям.

Все датчики можно подразделить на два основных типа: генераторные и параметрические. В *генераторных датчиках* входная величина (температура, механическое перемещение, частота вращения) непосредственно преобразуется в электрическую (напряжение или ток). При этом какого-либо постороннего источника энергии для его работы не требуется. В *параметрических датчиках* происходит преобразование входной величины в изменение какого-либо параметра, например сопротивления, что в конечном итоге приводит к изменению выходной величины. Для работы параметрического датчика требуется посторонний источник энергии, который обеспечивает на выходе датчика электрического сигнала, пропорционально изменению входного параметра. Измерительным устройствам присуща некоторая нестабильность, т. е. изменение во времени выходной величины, вызванное изменением характеристики при неизменной входной величине (так называемый дрейф).

Из-за трения в деталях, люфтов или гистерезиса в магнитной цепи измерительное устройство начинает работать, т. е. выдавать выходную величину, только при определенном значении входной величины, превышающий порог чувствительности датчика (рис. 1.7). В некоторых устройствах порог чувствительности определяется наличием «шумов» при измерении очень малых входных

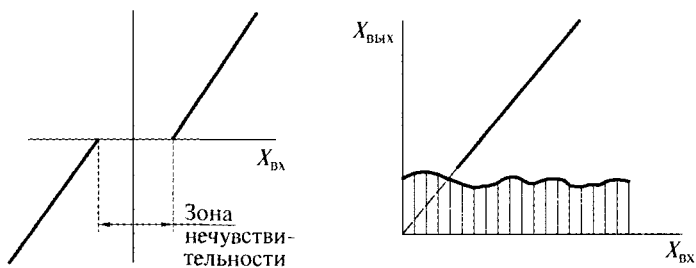


Рис. 1.7. Характеристики датчиков

величин, когда собственные флюктуации токов в цепях измерительного устройства становятся соизмеримыми с токами, вызванными измеряемой величиной. Особенно это относится к устройствам, содержащим полупроводниковые изделия.

Рассмотрим конструктивные особенности и характеристики некоторых достаточно распространенных датчиков.

Потенциометрический датчик (рис. 1.8) представляет собой потенциометр обычно проволочный на вход которого подается напряжение питания $U_{\text{пит}}$, а выходное напряжение снимается с одного из его крайних выводов и среднего. Зависимость выходного сопротивления $R_{\text{вых}}$ от перемещения движка $x_{\text{вх}}$ при равномерной намотке потенциометра с постоянной длиной витка выражается формулой

$$R_{\text{вых}} = \frac{R}{l} x_{\text{вх}},$$

где $R_{\text{вых}}$ — сопротивление выходного участка потенциометра; R — полное сопротивление потенциометра; l — полная длина обмотки потенциометра.

Приведенная формула выведена в предположении, что изменение сопротивления при движении ползунка происходит плавно (рис. 1.9). Это справедливо лишь в том случае, если вместо проволочной обмотки применить реохорд или нанести на корпус по-

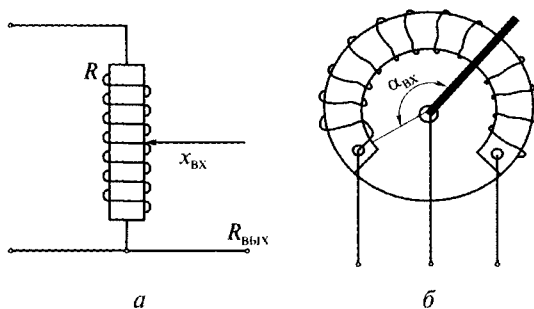


Рис. 1.8. Схемы (а, б) потенциметрических датчиков

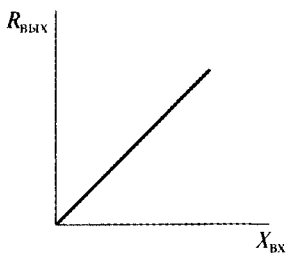


Рис. 1.9. Характеристика потенциометрического датчика

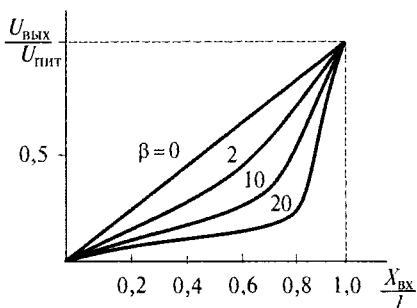


Рис. 1.10. Характеристики потенциометрического датчика при различных нагрузках

тениометра слой токопроводящего материала, обладающего большим сопротивлением (например, графита). Однако потенциометры с нанесенным токопроводящим слоем работают нестабильно из-за стирания его движком, а применение реохорда ограничивается малым сопротивлением выхода, которое можно получить с такого потенциометра. В потенциометрических датчиках с проволоочной обмоткой из-за того, что движок при своем движении перескакивает с одного витка на другой, выходное сопротивление изменяется скачкообразно, что вызывает проявление так называемой погрешности ступенчатости определяемой сопротивлением $\Delta R_{\text{вых}}$ одного витка. Перемещение движка в пределах диаметра провода при плотной намотке определяет ошибку ступенчатости измерительного устройства $\Delta x_{\text{вых}}$.

В качестве материала для намотки потенциометрических датчиков применяют манганин, константан, фехраль, а в особо ответственных устройствах платиноиридиевый сплав. Провод для изоляции соседних витков друг от друга покрывается пленкой окислов или эмалью.

Если потенциометрический датчик работает на нагрузку $R_{\text{нагр}} = \infty$, получим следующую зависимость выходного напряжения от перемещения движка потенциометра

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{пит}}}{l} x_{\text{вых}}.$$

Если величина сопротивления нагрузки соизмерима с сопротивлением потенциометра, то зависимость выходного сопротивления, так же как и зависимость выходного напряжения от перемещения движка, не будет линейной. На рис. 1.10 показаны зависимости выходного напряжения (в виде отношения $\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{пит}}}$) от перемещения движка для различных значений $\beta = \frac{R}{R_{\text{н}}}$.

Динамические свойства потенциометрических датчиков при активной нагрузке определяются передаточной функцией усилительного звена, так как любые изменения входной величины мгновенно приведут к соответствующим изменениям напряжения на выходе. Разумеется, при этом не учитывается индуктивность самого потенциометра, которая очень мала для того, чтобы ее влияние было существенно на сравнительно низких частотах, используемых в большинстве случаев.

Если необходимо получить выходное напряжение, полярность которого менялась бы при изменении знака входного перемещения, то применяются мостовые схемы, одна из которых приведена на рис. 1.11. Выходные зажимы этой схемы включены в диагональ моста, образованного резисторами $R1R2$ и участками сопротивления R поделенного на две части $R3$ и $R4$. Условие равновесия моста определяется из выражения

$$R1R4 = R2R3.$$

Если ползунок потенциометра будет находиться на середине сопротивления R , то напряжение на выходе, т. е. в диагонали моста будет равно нулю. Приняв за входную величину отклонение движка от среднего положения, найдем зависимость напряжения $U_{\text{вых}}$ от этого отклонения $x_{\text{вх}}$:

$$U_{\text{вых}} = \pm \frac{U}{l} x_{\text{вх}}.$$

При этом мы пренебрегаем сопротивлением нагрузки, положив его равным бесконечности.

Потенциометрические датчики благодаря простоте, малым габаритным размерам и массе, высокой точности и стабильности широко применяются в различных устройствах. Так практически на большинстве автомобилей указатели уровня топлива используют подобные датчики, связанные с поплавком в бензобаке. Необходимо отметить, что потенциометрический датчик может работать как на постоянном, так и на переменном токе.

Индуктивные датчики основаны на принципе изменения индуктивности катушки или взаимной индуктивности трансформатора

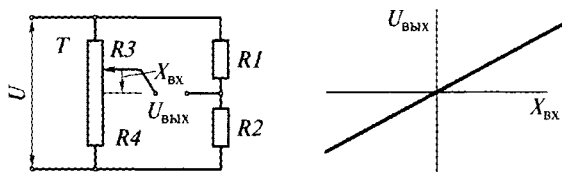


Рис. 1.11. Мостовая схема потенциометрического датчика и его характеристика

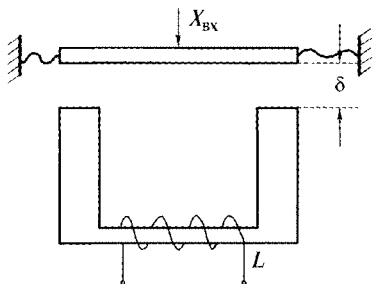


Рис. 1.12. Схема индуктивного датчика

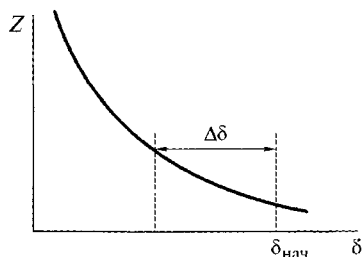


Рис. 1.13. Характеристика индуктивного датчика

при изменении параметров магнитной цепи. На рис. 1.12 показан простейший индуктивный датчик. Он представляет собой катушку индуктивности, расположенную на магнитопроводе с воздушным зазором. Входная величина (давление, перемещение и т.д.) воздействует на длину воздушного зазора, что изменяет индуктивность катушки. Следовательно можно найти зависимость $L = f(x_{вх})$.

Зависимость полного сопротивления от длины воздушного зазора приведена на рис. 1.13. Видно, что Z связана с гиперболической зависимостью.

Обычно используется более линейный участок характеристики от начального значения зазора $\delta_{нач}$ в сторону его уменьшения. Индуктивный датчик трансформаторного типа показан на рис. 1.14. Первичная катушка питается постоянным по амплитуде переменным током. Выходное напряжение снимается со второй катушки. Изменение воздушного зазора приводит к изменению магнитного сопротивления магнитной цепи, а следовательно, и магнитного потока, пронизывающего обе катушки. Таким образом, и магнитный поток, и величина вторичной ЭДС будут функциями длины воздушного зазора, т.е. входной величины.

Недостатками описанных датчиков являются: наличие силы притяжения якоря, зависящей от длины воздушного зазора; начальный ток через катушку или начальное значение ЭДС в трансформаторном датчике.

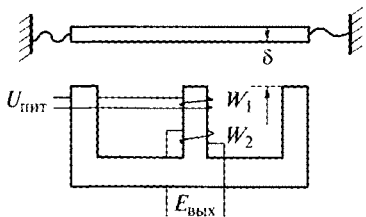


Рис. 1.14. Схема индуктивного датчика трансформаторного типа

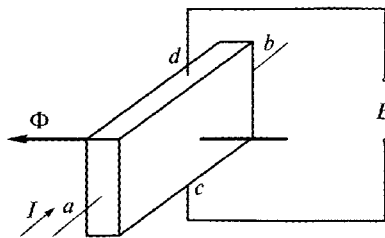


Рис. 1.15. Принцип работы датчика Холла

Основными достоинствами индуктивных датчиков являются: простота конструкции, надежность, отсутствие скользящего контакта, большая выходная мощность и возможность работы на промышленной частоте. Они применяются в качестве датчиков ускорений, для измерения крутящего момента двигателя и т. д. Другим датчиком, реагирующим на изменения магнитного потока, является датчик с использованием эффекта Холла (рис. 1.15).

Это представляет собой пластину, изготовленную из полупроводника типа n , т. е. с электронной проводимостью, и если к граням a и b приложить постоянное напряжение, то в цепи за счет движения свободных электронов полупроводника возникнет ток I . Если при этом через плоскость полупроводниковой пластины проходит магнитный поток Φ , то он будет стремиться сдвинуть поток электронов в одну из сторон (c или d в зависимости от знака магнитного потока), что приведет к появлению ЭДС между гранями c и d . Величина этой ЭДС связана с магнитной индукцией B следующим соотношением

$$E = R_x \frac{IB}{h},$$

где R_x — постоянная Холла, зависящая от материала полупроводника; I — ток в цепи между гранями a и b ; B — магнитная индукция; h — толщина полупроводниковой пластины.

Если к пластине приложить переменное напряжение, то и на других гранях появится переменная ЭДС, так как из-за изменения тока в пластине поток электронов в ней будет отклоняться в разные стороны.

Датчики Холла находят применение в системах измерения или стабилизации частоты вращения двигателей (рис. 1.16). В этом слу-

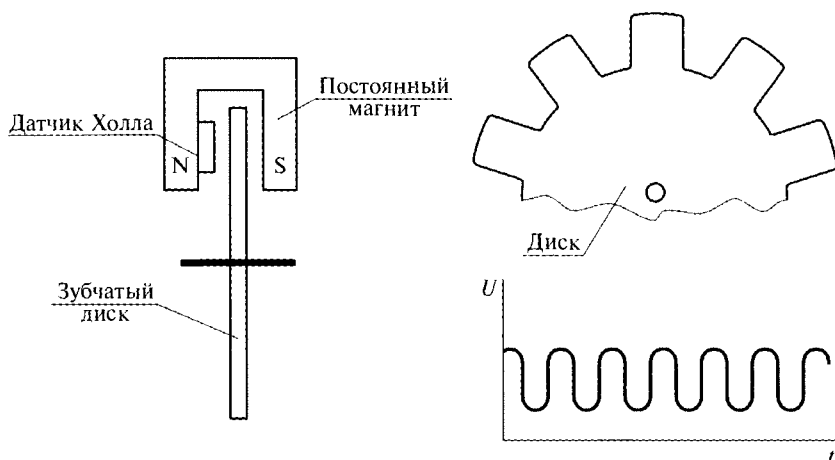


Рис. 1.16. Датчик Холла в системе измерения частоты вращения

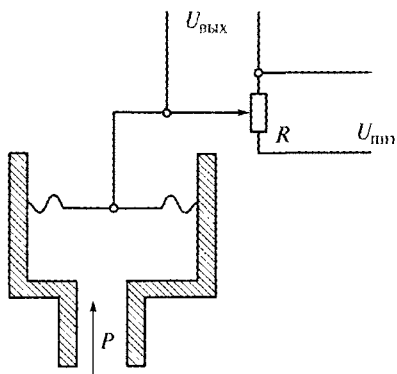


Рис. 1.17. Датчик давления

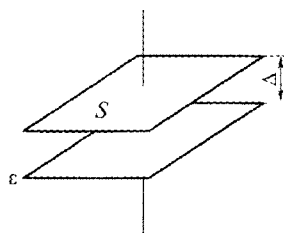


Рис. 1.18. Принцип работы емкостного датчика

чае их располагают в зоне вращения зубчатого колеса (или его подобия) и каждый зубец, изменяя величину магнитного потока от постоянного магнита, проходящего через пластину датчика, приводит к появлению на выходе датчика последовательности импульсов напряжения, число которых в единицу времени в цифровой системе или среднее значение напряжения импульсов в аналоговой системе будут пропорциональны частоте вращения.

Среди большого разнообразия *датчиков давления* рассмотрим один из простейших датчиков (рис. 1.17). Он представляет собой гофрированную эластичную пластину помещенную в корпус датчика. Если к датчику подвести давление (воздуха, жидкости, газа и т. д.), то пластина под влиянием этого давления деформируется и эту деформацию с помощью простейшего преобразователя (например, потенциметрического датчика) можно преобразовать в напряжение. Необходимо иметь в виду, что фактически датчик реагирует на разность давления с двух сторон гофрированной пластины.

Емкостные датчики практически представляют собой конденсатор. Известно, что емкость простейшего конденсатора (рис. 1.18) определяется формулой

$$C = \varepsilon \frac{S}{\Delta},$$

где S — площадь пластин; ε — диэлектрическая проницаемость материала находящегося между пластинами; Δ — расстояние между пластинами.

Изменение любого из этих параметров вызовет изменение емкости C конденсатора.

С помощью электронных схем легко преобразовать изменение емкости в напряжение. Емкостные датчики используются для из-

мерения или поддержания на определенном уровне топлива в баке. В этом случае датчик выполняется в виде двух изолированных друг от друга пластин (чаще в виде двух трубочек — одна внутри другой). Емкость такого конденсатора зависит от диэлектрической проницаемости материала между пластинами, которая для воздуха и топлива различны. Следовательно, емкость конденсатора будет зависеть от уровня топлива.

Емкостные датчики используются в прокатных станах для бесконтактного определения толщины проката. Принцип работы такого датчика — изменение емкости между листом прокатываемой стали и расположенной на некотором расстоянии от него пластины конденсатора. Если прокат становится толще, то уменьшается расстояние до пластины конденсатора, емкость конденсатора возрастает и это возрастание электронно схемой преобразуется в изменение напряжения. Последнее позволяет запустить механизм регулировки толщины проката, что в итоге позволит восстановить необходимую толщину проката.

Датчик температуры чаще всего представляет собой терморезистор, выполненный из полупроводника, который располагается в металлическом корпусе с наружной резьбой, которая позволяет ввинчивать датчик в различные устройства, температуру которых необходимо измерить. Полупроводник одной стороной непосредственно контактирует с корпусом, а вторая его сторона с помощью провода выводится на изолированный от корпуса контактный винт для соединения со схемой измерения температуры (рис. 1.19). Известно, что с ростом температуры полупроводника в нем большее количество электронов отрывается от нейтральных атомов, что увеличивает число свободных носителей зарядов. Это приводит к тому, что сопротивление терморезистора с увеличением его температуры снижается, что сравнительно просто может быть преобразовано в изменение напряжения. Термодатчики обладают сравнительно большой инерционностью, так как требу-

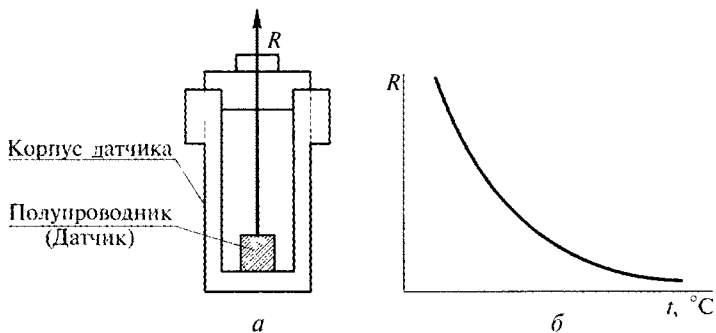


Рис. 1.19. Датчик температуры (а) и его характеристика (б)

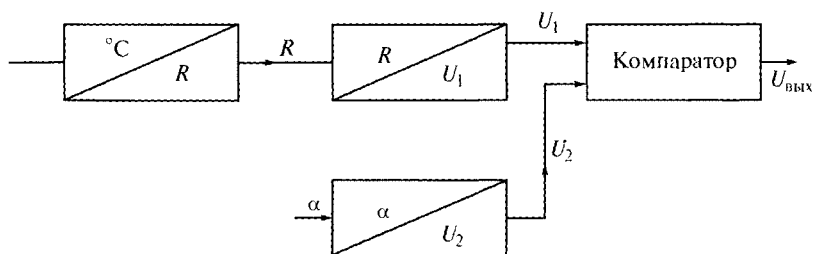


Рис. 1.20. Блок-схема термореле

ется время на разогрев (или охлаждение) корпуса и самого терморезистора.

В качестве термодатчиков могут использоваться и термопары. Термопара представляет собой спай двух разнородных металлов, который генерирует ЭДС в соответствии с нагревом спая. Подобные датчики температуры используются на некоторых самолетах с поршневыми двигателями для измерения температуры головки цилиндров. В качестве датчиков температуры все же чаще всего используются полупроводниковые терморезисторы, имеющие отрицательное значение температурного коэффициента сопротивления (ТКС), который у них может находиться в пределах $1,0 \dots 8,3 \text{ \%}/^\circ\text{C}$.

Достаточно часто датчики температуры используются не просто для фиксирования значения температуры, а для включения или выключения какой-либо цепи при переходе температуры, измеряемой датчиком температуры через определенный уровень. Устройства подобного типа получили название термореле.

Блок-схема термореле представлена на рис. 1.20. В ней имеются датчик температуры — терморезистор, схема преобразования сопротивления терморезистора в постоянное напряжение, задатчик уровня срабатывания термореле и компаратор, обеспечивающий срабатывание термореле на включение или отключение внешней цепи. Терморезистор, являющийся в схеме датчиком температуры, преобразует изменение температуры в изменение сопротивления резистора. Электронная схема, в состав которой включен терморезистор, преобразует величину сопротивления терморезистора в пропорциональное ему напряжение, которое поступает на один из входов компаратора. Задатчик уровня срабатывания может представлять собой переменный резистор, включенный под напряжение, с помощью которого можно выставить напряжение, определяющее в итоге температуру, при которой произойдет срабатывания термореле. Это напряжение подается на второй вход компаратора. В качестве компаратора обычно используются операционные усилители (микросхема усилителя постоянного напряжения заводского исполнения с очень высоким коэффициентом

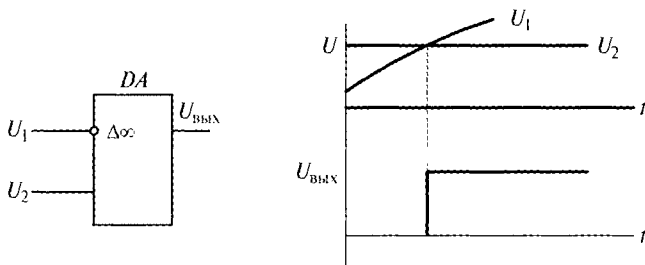


Рис. 1.21. Операционный усилитель в режиме компаратора

усиления). Он имеет два входа: инвертирующий (т. е. изменяющий полярность напряжения на противоположное) и неинвертирующий.

В схеме компаратора напряжение на выходе операционного усилителя зависит только от соотношения входных напряжений. Например если $U_1 < U_2$ напряжение на выходе будет равно нулю, а если $U_1 > U_2$ напряжение на выходе будет иметь высокий уровень близкий к напряжению питания схемы. Причем переход от нулевого напряжения к максимальному происходит практически мгновенно, как только напряжение U_1 станет больше напряжения U_2 (рис. 1.21). Таким образом, на выходе термореле появится напряжение при достижении заданной температуры, которое может быть использовано для включения или выключения какого-либо исполнительного устройства.

Один из вариантов схемы электронного реле приведен на рис. 1.22. Резисторы $R1$ и $R2$ образуют делитель напряжения, определяющий выбор рабочей точки транзистора VT , работающего в режиме эмиттерного повторителя. Изменение температуры приводит к изменению сопротивления терморезистора $R1$ и к изменению режима транзистора. Напряжение с эмиттера транзистора поступает на инвертирующий вход операционного усилителя ОУ. На его второй вход поступает напряжение с переменного резис-

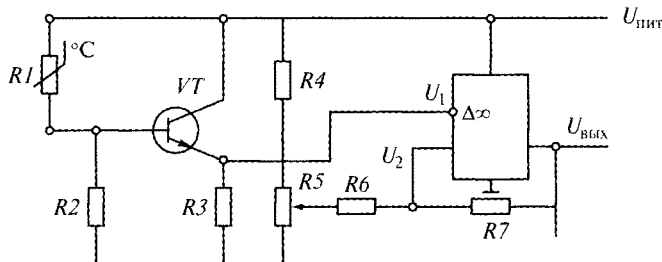


Рис. 1.22. Схема термореле



Рис. 1.23. Фотодиод (а) и его характеристика (б)

тора $R5$, который является задатчиком уровня напряжения, соответствующего срабатыванию термореле. Когда напряжение U_1 станет большим напряжения U_2 , на выходе операционного усилителя появится напряжение, которое может быть использовано для включения или выключения каких либо устройств.

В качестве датчиков, реагирующих на свет, обычно используются полупроводниковые фотодиоды (рис. 1.23, а). На рис. 1.23, б приведены характеристики фотодиода. С увеличением освещенности фотодиода, как это видно из характеристик, возрастает величина обратного тока $I_{обр}$. Фотодиоды находят широкое применение в технике. С их помощью можно автоматически включать уличное освещение с наступлением сумерек, создавать охранные системы, в которых направленный луч света на фотодиод фиксирует пересечение луча нарушителем. Различные типы фотодиодов могут работать в различных участках спектра. Так, например, имеют место фотодиоды, реагирующие на невидимый человеком инфракрасный участок света. Они используются для управления работой телевизионных систем с помощью пульта дистанционного управления, для автономного наведения ракет класса «земля — воздух» на баллистические ракеты и самолеты, являющимися источниками инфракрасного излучения за счет их разогрева в процессе полета.

Существует огромное число других типов датчиков, для которых создаются специальные схемы для снятия их характеристик.

Измерения и контроль электрических и магнитных величин. Как уже отмечалось, измерения электрических и неэлектрических величин в той или иной степени связаны с измерением напряжения или тока.

Рассмотрим наиболее часто используемые для этих целей измерительные приборы. Один из них — *магнитоэлектрический прибор* (рис. 1.24). Для простоты рисунка на нем не показаны

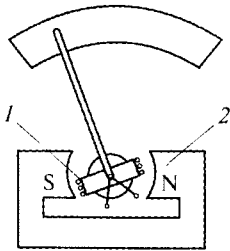


Рис. 1.24. Конструкция прибора магнитоэлектрической системы:
1 — рамка с обмоткой; 2 — магнит

спиральные пружины, создающий противодействующий момент и служащие так же для подвода тока к рамке прибора.

Прибор представляет собой неподвижный постоянный магнит 2, в поле которого располагается рамка с обмоткой 1. При протекании в катушке тока в соответствии с физическими законами возникают силы, действующие на витки катушки, находящейся в магнитном поле. Так как силы, действующие на витки противоположных сторон катушки из-за противоположного направления тока в них направлены в разные стороны, то создается вращающий момент, подвижная часть с рамкой преодолевая противодействующий момент, создаваемый пружинками, поворачивается и стрелочный указатель показывает величину тока, проходящего через рамку или величину приложенного к рамке напряжения.

Теория такого магнитоэлектрического прибора показывает, что угол отклонения стрелки α оказывается прямо пропорциональным напряжению или току:

$$\alpha = k_1 I; \alpha = k_2 U,$$

где k_1 и k_2 — коэффициенты пропорциональности, зависящие от конструктивных параметров прибора.

К достоинствам магнитоэлектрического прибора можно отнести следующие:

- достаточно высокая точность;
- очень высокая чувствительность (можно измерять до микровольт с помощью магнитоэлектрического гальванометра);
- отсутствие влияния внешних магнитных полей (так как магнитное поле своего постоянного магнита достаточно сильное);
- линейность шкалы, т. е. шкала равномерная.

В то же время прибор не лишен и недостатков, основной из которых — невозможность измерения переменных напряжений и токов.

Магнитоэлектрический прибор находит самое широкое применение в различных схемах измерений, а также в качестве конечного индикатора на выходе преобразователя.

Существуют разновидности магнитоэлектрического прибора, имеющего две рамки скрепленные друг с другом под некоторым углом, через которые пропускают различные токи. В таких приборах отсутствуют пружинки, создающие противодействующий момент, а показания прибора зависят только от отношения токов в рамках. Такая разновидность прибора называется *магнитоэлектрическим логометром*, или просто *логометром*.

В качестве другого типа приборов рассмотрим прибор *ферродинамической системы* (рис. 1.25), который широко используется в качестве прибора для измерения мощности — ваттметра. Во многом конструкция такого прибора напоминает конструкцию маг-

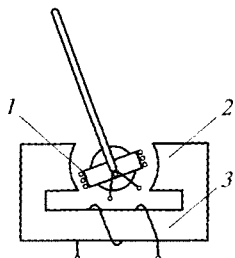


Рис. 1.25. Конструкция прибора ферродинамической системы:

1 — рамка с обмоткой; 2 — магнитопровод; 3 — обмотка

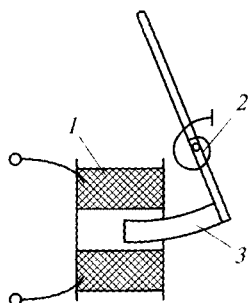


Рис. 1.26. Конструкция прибора электромагнитной системы:

1 — неподвижная катушка; 2 — пружина; 3 — ферромагнитный сердечник

нитоэлектрического прибора, но в нем имеется магнитопровод 2, на котором намотана обмотка 3 для создания магнитного потока. Если через эту обмотку пропустить электрический ток, то вторая обмотка 1, намотанная на рамке, окажется в магнитном поле и, если в ней протекает ток, как и в магнитоэлектрическом приборе, возникнет вращающий момент, стрелка прибора, связанная с подвижной рамкой, переместится на некоторый угол, определяемый равенством вращающего момента $M_{вр}$ и противодействующего $M_{пр}$, создаваемого пружинками (на схеме для простоты они не показаны). Отличие заключается только в том, что при подаче к обеим катушкам переменного напряжения одновременно будет изменяться направление тока в катушке на рамке и направление магнитного поля создаваемого обмоткой на магнитопроводе. Поэтому направление вращающего момента будет всегда направлено в одну и ту же сторону, т. е. ферродинамический прибор может работать как на постоянном, так и на переменном токе. Катушки прибора могут соединяться последовательно или параллельно, а при использовании прибора в качестве ваттметра через каждую катушки идет свой ток. Ферродинамический прибор обладает достаточно высокой чувствительностью, но точность его ниже, чем у прибора магнитоэлектрической системы.

Широкое применение нашел прибор *электромагнитной системы* (рис. 1.26). Пожалуй, это один из самых простых и дешевых измерительных приборов, обладающий к тому же большой перерузной способностью и большой механической прочностью. Конструктивно он состоит из неподвижной катушки 1 и ферромагнитного сердечника 3, который под действием магнитного поля катушки при подаче на нее напряжения втягивается внутрь катушки. Ферромагнитный сердечник 3 связан со стрелкой прибора, а так как магнитное поле тем сильнее, чем больший ток про-

ходит через витки неподвижной катушки 1, то отклонение стрелки будет зависеть от величины приложенного напряжения или проходящего через катушку тока. Противодействующий момент, как и в других системах приборах, создается спиральной пружиной 2. Так как втягивание сердечника в катушку не зависит от направления тока в ней, то прибор может работать как на постоянном, так и на переменном токе. К сожалению, магнитоэлектрический прибор обладает рядом недостатков. У него низкая чувствительность, невысокая точность, особенно при работе на постоянном токе.

Несмотря на эти недостатки прибор электромагнитной системы наиболее широко используется для непосредственного измерения напряжения и токов в цехах, на транспорте, а также в тех случаях, когда требуется высокая надежность работы прибора в условиях вибраций, тряски и даже ударов.

Наибольшей точностью при работе, особенно на переменном токе, обладает *электродинамический прибор*. Принцип работы такого прибора во многом похож на принцип работы ферродинамического прибора. У него тоже две катушки. Одна создает магнитное поле, а другая, находящаяся в этом поле, за счет протекания через нее тока создает вращающий момент. С этой катушкой связана стрелка прибора. Только в этом приборе нет магнитопровода, что позволяет получить высокую точность, но при этом существенно уменьшается чувствительность прибора.

Все рассмотренные измерительные приборы относятся к так называемому аналоговому типу, имеющему подвижную индикаторную часть в виде стрелки. Развитие электроники позволило не только улучшить характеристики измерительных приборов, но и изменить их качественно, снабдив цифровым индикатором результатов измерений. В отличие от электромеханических приборов электронные для своей работы не нуждаются в энергии измеряемой цепи, так как для своей работы используют или электрическую сеть, или автономные источники питания. Такие приборы обычно называются цифровыми или приборами дискретного типа.

Рассмотрим электронный прибор с аналоговым индикатором — *электронным вольтметром* (рис. 1.27). Входное устройство такого



Рис. 1.27. Электронный вольтметр с аналоговым индикатором

вольтметра обеспечивает очень большое входное сопротивление вольтметра, практически не нагружающего цепь измерения. При измерении переменного напряжения в вольтметре происходит усиление вначале на переменном токе, а после выпрямления напряжения — детектором на постоянном токе. Детектор — разновидность выпрямителей используемых в электронике. На выходе прибора устанавливается обычный магнитоэлектрический прибор, по которому производится отсчет результатов измерения. Естественно, что при измерении постоянного напряжения используется только усилитель постоянного напряжения.

Цифровой вольтметр (рис. 1.28) содержит аналоговый усилитель, напряжение с которого поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий аналоговый сигнал в цифровой. На выходном индикаторе — дисплее результаты измерения отображаются в виде цифр. Современные цифровые вольтметры меньше по габаритным размерам аналоговых приборов, потребляют небольшую мощность от автономного источника питания, обладают достаточно высокой точностью. Цифровые приборы не удобны для измерения быстроменяющихся величин, так как мелькание различных цифр на индикаторе не дает понять характер процессов контролируемых измерительной аппаратурой. В то же время они позволяют очень просто вводить результаты измерений в компьютеры, которые все шире используются в измерительных комплексах.

Пожалуй, самым распространенным прибором, находящемся на рабочем месте инженера, работающего в областях электроники и электротехники (и не только) является *электронный осциллограф*. С его помощью можно измерять амплитуду сигналов любой формы, частоту, фазовые сдвиги, длительности импульсов и конечно просматривать форму исследуемых сигналов. Осциллографы выпускаются одноканальные для просмотра какого-то одного сигнала, и двухканальные, которые позволяют одновременно наблюдать на экране сразу два сигнала. Блок-схема двухканального осциллографа приведена на рис. 1.29. В нем имеются два усилителя входных исследуемых сигналов Y_1 и Y_2 с предварительным изменением их амплитуды с помощью аттенюатора. С выхода усилителей сигналы двух каналов поступают на электронный коммутатор, который попеременно направляет их на вертикальные отклоняющие пластины электроннолучевой трубки (ЭЛТ). Для обеспечения движения луча на экране слева направо по горизонтали

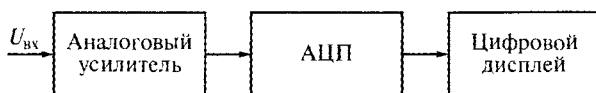


Рис. 1.28. Блок-схема цифрового вольтметра

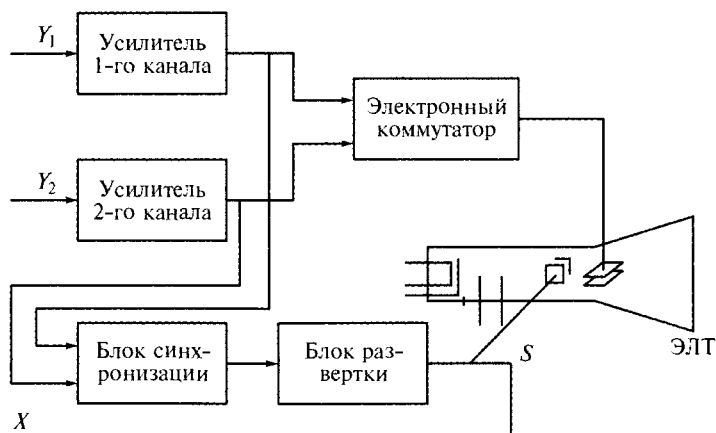


Рис. 1.29. Блок-схема двухканального осциллографа

служит генератор развертки (пилообразного напряжения), напряжение с выхода которого поступает на горизонтальные отклоняющие пластины ЭЛТ. Если на вертикальные отклоняющие пластины подано периодически изменяющееся напряжение с частотой, равной или кратной частоте развертки, то на экране будет видно неподвижное изображение одного или нескольких периодов исследуемого сигнала. Если такое условие будет нарушено, то изображение начнет перемещаться по экрану, так как начало каждого следующего периода развертки будет соответствовать другой фазе исследуемого сигнала. Для обеспечения неподвижности изображения исследуемого сигнала на экране необходимо обеспечить необходимое соотношение частот исследуемого сигнала и частоты развертки. Это достигается схемой синхронизации развертки, на вход которой подается исследуемый сигнал, а выходной сигнал схемы поддерживает стабильность частоты пилообразного напряжения развертки.

Рассмотрим методику измерений в электрических цепях.

Измерение постоянного и переменного напряжения может производиться непосредственно вольтметрами, рассчитанными для работы соответствующего типа напряжения. В тех случаях, когда необходимо измерить напряжение больше того, на которое рассчитан вольтметр, необходимо последовательно с ним включить добавочный резистор. Тогда часть измеряемого напряжения будет падать на добавочный резистор, а часть — на прибор. Подбирая величину сопротивления добавочного резистора, можно в широких пределах расширить возможности измерения больших напряжений.

Для измерений высоких переменных напряжений могут быть использованы так называемые измерительные трансформаторы напряжения.

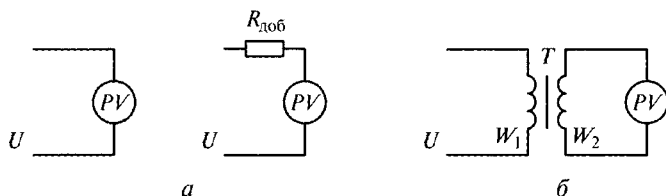


Рис. 1.30. Схемы (а, б) измерения напряжения

Они представляют собой понижающие трансформаторы, т.е. такие, у которых число витков вторичной обмотки W_2 к которой подключается вольтметр, меньше числа витков W_1 первичной обмотки. Коэффициент расширения пределов измерения $n = W_1/W_2$. Схемы подключения вольтметров для измерения напряжения приведены на рис. 1.30.

Измерение электродвижущей силы E имеет свои особенности. При подключения вольтметра к источнику ЭДС для ее измерения, через него всегда будет проходить ток, а так как любой источник ЭДС обладает внутренним сопротивлением $R_{вн}$ то напряжение на таком источнике

$$U = E - IR_{вн}$$

и вольтметр будет измерять величину меньшую, чем ЭДС E .

Если нет требований к высокой точности измерения ЭДС, то для уменьшения тока можно воспользоваться вольтметром с большим внутренним сопротивлением, например электронным. В этом случе можно считать, что измеренное напряжение $U = E$. Более точные методы измерения ЭДС связаны с использованием компенсационных схем (рис. 1.31). В них напряжение, измеряемое вольтметром PV , снимаемое с переменного резистора R , сравнивается с напряжением на источнике ЭДС. Изменяя напряжение на выходе переменного резистора (потенциометра), можно добиться такого условия, когда измерительный прибор P покажет отсутствие тока через источник ЭДС. В этом случае показания вольтметра будет точно соответствовать величине ЭДС источника, т.е. $U = E$.

Измерение тока можно производить непосредственно амперметром, включенным в разрыв измеряемой цепи (рис. 1.32, а). При необходимости расширить пределы измерения амперметра необ-

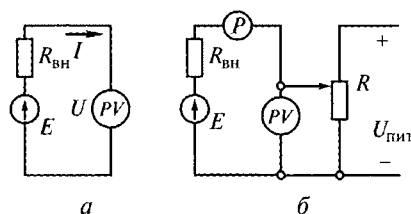


Рис. 1.31. Схемы (а, б) измерения ЭДС

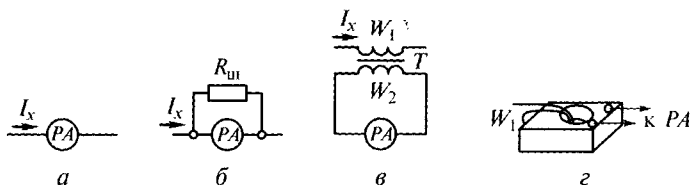


Рис. 1.32. Схемы измерения силы тока:

a — амперметром, включенным в разрыв измеряемой цепи; *б* — амперметром с параллельно включенным резистором; *в* — измерительным трансформатором тока; *г* — лабораторным трансформатором

ходимо параллельно амперметру включить резистор (рис. 1.32, б), который чаще всего называется просто *шунтом*. Тогда через амперметр будет проходить только часть тока, а остальная — через шунт. Так как сопротивление амперметров обычно небольшое, то для существенного расширения пределов измерения сопротивление шунта должно быть очень небольшим. Обычно доли ома. Существуют формулы для расчета сопротивления шунта, но обычно на практике приходится вручную подгонять его сопротивление, контролируя ток эталонным амперметром.

Для измерения больших переменных токов используют измерительные трансформаторы тока (рис. 1.32, в). У них первичная обмотка, включенная в разрыв измеряемой цепи, имеет число витков W_1 меньше, чем число витков W_2 вторичной обмотки, т. е. трансформатор является повышающим по напряжению, но по току он понижающий. Амперметр подключается к выходу трансформатора тока. Лабораторные трансформаторы тока вообще не имеют изготовленной заранее первичной обмотки, а в их корпусе имеется широкое сквозное отверстие, через которое экспериментатор наматывает необходимое число витков (рис. 1.32, г). Зная число витков вторичной обмотки (оно обычно указано на корпусе трансформатора), можно выбрать коэффициент трансформации $n = W_1/W_2$ и определить ток I_x по показанию амперметра $I_{пр}$ по формуле

$$I_x = I_{пр}/n.$$

Совершенно иначе производят измерения тока в электронных схемах, которые обычно спаяны, изготовлены на печатных платах и произвести какой либо разрыв в них практически невозможно. Обычно при измерении токов в этих случаях используют электронные вольтметры с большим внутренним сопротивлением (для устранения влияния прибора на работу электронной схемы), которые подключают к резисторам схемы, величины которых известны или могут быть предварительно измерены. Воспользовавшись законом Ома, можно определить силу тока:

$$I = U/R.$$

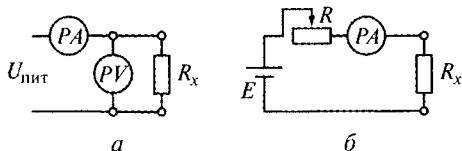


Рис. 1.33. Схема измерения сопротивлений методом амперметра и вольтметра (а) и схема омметра (б)

Измерение сопротивлений в простейшем случае при отсутствии омметров можно произвести методом вольтметра и амперметра (рис. 1.33, а), измерив ток в сопротивлении и напряжение на нем. С помощью закона Ома можно определить величину неизвестного сопротивления. Однако при этом необходимо учесть, что ток, измеряемый амперметром, будет складываться из тока через измеряемое сопротивление R_x и тока, проходящего через вольтметр. Это приводит к появлению так называемой методической погрешности, связанной с методикой измерения. Минимум погрешности при таком способе измерения будет в том случае, если внутреннее сопротивление вольтметра намного больше величины измеряемого сопротивления. Но конечно лучше воспользоваться специальными приборами, например омметром, схема которого приведена на рис. 1.33, б. В ней используется источник ЭДС E — обычно элемент питания в 1,5 В, измерительный прибор микроамперметр PA и регулировочный резистор R . При подключении к омметру измеряемого сопротивления R_x по цепи пойдет ток, величина которого будет зависеть от величины измеряемого сопротивления. Перед началом измерения необходимо провести калибровку прибора. Для этого выводы омметра замыкают накоротко и с помощью переменного резистора устанавливают стрелку прибора на нуль. Так как при этом в цепи идет максимальный ток, то нуль шкалы омов будет в ее правой части. При разомкнутых выводах омметра ток через прибор будет отсутствовать, стрелка прибора будет находиться в левой части шкалы, что соответствует сопротивлению равному бесконечности. Иначе говоря, шкала омметра обратная и, естественно, резко нелинейная.

При необходимости получить высокую точность измерения сопротивления можно воспользоваться мостовой схемой измерения (рис. 1.34, а). Она состоит из четырех сопротивлений, одно из

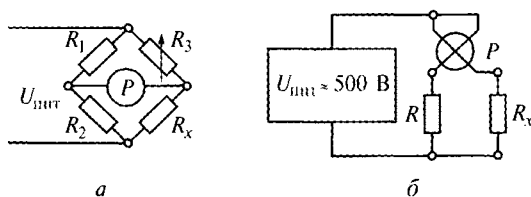


Рис. 1.34. Схемы электрического моста (а) и мегомметра (б)

которых сопротивление R_x , соединенных в виде замкнутой цепи. Они образуют электрический мост. В одну диагональ моста подключено постоянное напряжение, а в другую включен гальванометр, предназначенный для определения отсутствия тока в этой диагонали. Такой режим получил название баланса моста, и простейшими расчетами можно показать, что ему соответствует условие равенства произведения сопротивлений противоположных плеч моста, т.е. $R_1 R_x = R_2 R_3$, откуда можно получить формулу для получения значения измеряемого сопротивления

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3.$$

Отношение $\frac{R_2}{R_1}$ представляет собой коэффициент пропорциональности k и подбором величин сопротивлений обычно устанавливается кратным десяти (1, 10, 100 и т.д.). Тогда $R_x = k R_3$. Точность измерения мостом может быть очень высокой, до шести и более значащих цифр.

Для измерения больших сопротивлений (например сопротивления изоляции кабеля) применяют схемы мегометров (рис. 1.34, б). В ней используется измерительный прибор — логометр, который, как известно, измеряет отношение токов. Для питания мегометра необходимо относительно высокое напряжение порядка 500 В, поэтому часто в его конструкцию включают генератор постоянного напряжения с ручным приводом или источник автономного питания с электронным преобразованием его напряжение в высокое. Осуществлять питание от сети переменного тока нельзя, так как часто сами измерения производятся в системах передачи энергии и на время измерения сети обесточиваются. С изменением сопротивления R_x отношение токов в обмотках логометра меняется, происходит изменение показания прибора, но оно не зависит от напряжения питания.

Измерение емкости конденсатора или других устройств емкостного характера так же может осуществляться различными способами. Простейший из них — метод амперметра-вольтметра (рис. 1.35, а). Он во многом аналогичен такому же методу измере-

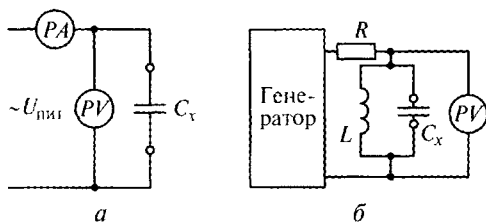


Рис. 1.35. Схемы измерения емкости:

а — методом амперметра и вольтметра; б — методом резонанса

ния сопротивления, с той только разницей, что схема питается переменным синусоидальным напряжением от генератора низкой или высокой частоты (или от сети). Емкостное сопротивление конденсатора определяется по следующей формуле:

$$x_C = (1/2\pi fC),$$

где f — частота переменного напряжения.

Емкостное сопротивление находится по закону Ома по показаниям приборов:

$$x_C = U/I.$$

Измерение малых по величине емкостей удобнее производить методом резонанса (рис. 1.35, б). Измеряемый конденсатор C_x подключается к известной индуктивности L , образуя колебательный контур. На контур подается синусоидальное напряжение от генератора. С помощью электронного вольтметра измеряют напряжение на контуре. При резонансе оно достигает максимума. Известно, что резонансная частота контура может быть выражена следующей формулой:

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC_x}).$$

Следовательно, при известной величине индуктивности в контуре и определенной по максимальным показаниям вольтметра частоте резонанса можно найти искомое значение емкости C_x .

Измерение индуктивностей несколько сложнее. Это связано с тем, что любая катушка, обмотка трансформатора и тому подобное имеет кроме индуктивности еще и резистивное сопротивление. Поэтому во многих случаях измеряют предварительно полное сопротивление катушки индуктивности:

$$z = \sqrt{R^2 + x_L^2}.$$

Оно может быть определено методом амперметра и вольтметра путем измерения напряжения и тока измерительными приборами схемы на переменном напряжении (рис. 1.36, а): $z = U/I$. При подаче на схему постоянного напряжения (рис. 1.36, б), как уже

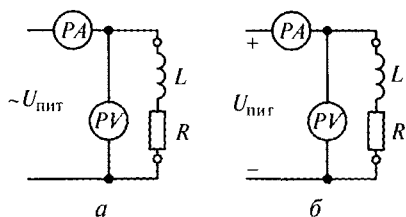


Рис. 1.36. Схемы измерения индуктивности:

а — на переменном напряжении; б — на постоянном напряжении

рассматривалось ранее, можно определить резистивное сопротивление катушки R . Тогда

$$x_L = \sqrt{z^2 - R^2}.$$

В свою очередь, индуктивное сопротивление

$$x_L = 2\pi fL.$$

При известном значении частоты f напряжения питания легко найти величину искомого значения индуктивности

$$L_x = \frac{x_L}{2\pi f}.$$

Измерение мощности в электрических цепях удобнее рассматривать отдельно для цепей постоянного и переменного тока.

На постоянном токе основные формулы для определения мощности следующие:

$$P = UI; P = U^2/R; P = RI^2.$$

Следовательно, достаточно воспользоваться вольтметром и амперметром.

Измерение мощности на переменном токе имеет свои особенности. Во-первых, здесь существуют три различные мощности: полная, активная и реактивная

$$S = UI; P = UI\cos\varphi; Q = UI\sin\varphi,$$

где φ — угол сдвига по фазе между током и напряжением.

Чаще всего интересуются полной и активной мощностями. Знание полной мощности необходимо для расчета токов в нагрузке, выбора сечения проводов и предохранителей. Активная мощность важна потому, что именно она характеризует ту мощность, которая в нагрузке преобразуется в теплоту, свет, звук и т. д.

Измерение полной мощности обычно производят, измеряя напряжение и ток вольтметром и амперметром и перемножая полученные значения. Активная мощность чаще всего измеряется с помощью ферродинамических ваттметров, которые кроме напряжения и тока учитывают и так называемый коэффициент мощности $\cos\varphi$. При подключении обмоток ваттметра к нагрузке, так же как и при постоянном напряжении, ваттметр непосредственно произведет измерение активной мощности.

На переменном токе достаточно часто приходится решать задачу измерения активной мощности в трехфазных цепях. Трехфазные цепи могут быть двух типов: трехпроводные и четырехпроводные. В трехпроводных цепях к нагрузке подходят три провода, обозначаемые буквами A , B , C . Для измерения активной мощности в такой цепи при любом варианте подключения элементов нагрузки к проводам достаточно подключить только два ваттметра

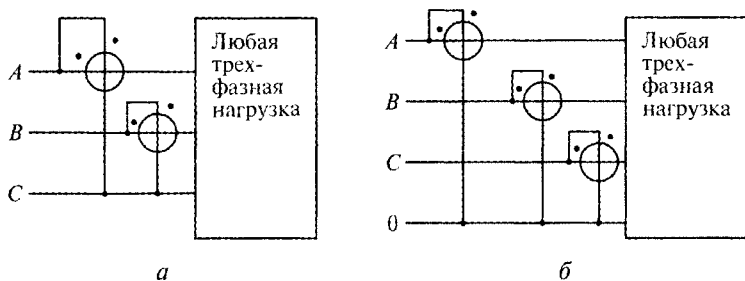


Рис. 1.37. Схемы измерения мощности на переменном токе:

а — трехпроводная система; *б* — четырехпроводная система

так, как это показано на рис. 1.37, *а*. При этом необходимо соблюдать определенные правила подключения ваттметров. Выводы обмоток ваттметра, обозначенные на его корпусе звездочками, должны быть обращены в сторону источника энергии. Поэтому эти выводы получили название генераторные (подключаются к проводам, идущим от генератора). Суммарная активная мощность такой трехфазной системы находится как алгебраическая сумма показаний двух ваттметров. При этом возможен вариант, когда показания одного из ваттметров могут быть отрицательными, т.е. его стрелка уйдет влево. Для снятия показаний с такого ваттметра необходимо поменять местами провода, подходящие к любой из обмоток, прочесть результат измерения, но в формулу подставить с отрицательным знаком.

Измерение активной мощности в четырехпроводных цепях требует использования трех ваттметров (рис. 1.37, *б*). Один из выводов каждого ваттметра здесь подключается к четвертому проводу, обычно называемому нулевым. Показания всех ваттметров здесь могут быть только положительными, и суммарная активная мощность, потребляемая трехфазной цепью, будет равна сумме мощностей, измеряемых каждым из ваттметров:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3.$$

Измерение фазовых сдвигов между электрическими сигналами (напряжениями, токами) производится в самых разнообразных областях измерительной техники, распределении электрической энергии, радиотехнических системах, технике связи. Чаще всего интересуются фазовыми сдвигами между напряжениями и напряжением и током.

Широко распространенный метод измерения фазовых сдвигов практически на любой частоте — с использованием двухканального осциллографа. На экране одновременно просматриваются два напряжения, сдвиг по фазе между которыми определяется (рис. 1.38). В этом случае можно визуально находить в любых еди-

ницах измерения период T и сдвиг между синусоидами ΔT . Фазовый сдвиг, $^\circ$, определяется по формуле

$$\varphi = 360 \frac{\Delta T}{T}.$$

Преимущество этого метода заключается в том, что можно измерять сдвиг по фазе между несоизмеримыми по амплитуде напряжениями, так как регуляторами усиления каналов осциллографа их можно выровнять на экране. При разработке различной радиоэлектронной аппаратуры часто бывает важно знать не только значение фазового сдвига, но и то как он изменяется при варьировании какими-то параметрами схемы. Все это очень наглядно видно на экране.

Принципиально не представляет никакой трудности автоматически в цифровой форме измерить параметры T и ΔT и рассчитать сдвиг по фазе. На этом принципе работают цифровые фазометры.

Один из наиболее простых методов измерения количества электричества — метод измерения с помощью так называемого баллистического гальванометра. Он представляет собой прибор магнитоэлектрической системы с умышленно утяжеленной подвижной частью (с большим моментом инерции). Если на вход такого баллистического гальванометра подать кратковременный импульс напряжения, то подвижная часть прибора, получив как бы импульсный вращающий момент, начнет движение, причем уже после окончания входного импульса это движение еще будет продолжаться и стрелка прибора, двигаясь по инерции, отклонится до какого-то значения шкалы, а затем возвратится в исходное нулевое положение. В качестве отсчета на таком приборе необходимо отметить то максимальное отклонение стрелки α_{\max} от нулевого значения, которое наблюдалось во время ее движения по «баллистической траектории». Теория такого баллистического гальванометра показывает, что этот отсчет по максимальному отклонению стрелки оказывается пропорциональным количеству электричества, прошедшего через рамку такого прибора, т. е.

$$\alpha_{\max} = Q/C_6,$$

где C_6 — баллистическая постоянная, зависящая от конструктивных особенностей гальванометра.

Измерение количества электричества Q на обкладках предварительно заряженного конденсатора можно осуществить, разря-

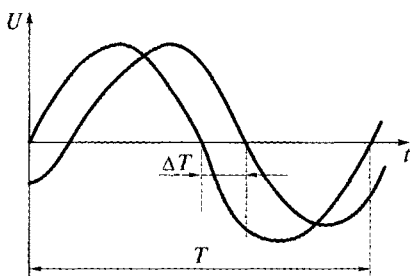


Рис. 1.38. Осциллографический метод измерения фазовых сдвигов

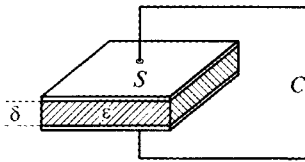


Рис. 1.39. Схема для измерения диэлектрической постоянной изоляционных материалов

див его через баллистический гальванометр, и по максимальному отклонению его стрелки найти искомое значение количества электричества

$$Q = C_0 \alpha.$$

Для многих изоляционных материалов представляет определенную ценность определение их диэлектрической проницаемости ϵ . Одним из простейших способов ее измерения является способ косвенного измерения с последующим расчетом величины диэлектрической проницаемости.

Известно, что емкость простейшего конденсатора, состоящего из двух одинаковых пластин площадью S , расположенных на расстоянии δ друг от друга, с диэлектриком, заполняющим все пространство между пластинами, определяется по формуле

$$C = \epsilon \frac{S}{\delta},$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость материала между пластинами.

Измерение диэлектрической проницаемости материала производят с помощью конденсатора (рис. 1.39), между пластинами которого помещают испытуемый материал, а также измерения емкости такого элементарного конденсатора любым из описанных ранее методов. Численную величину диэлектрической проницаемости определяют по формуле

$$\epsilon = C\delta/S.$$

Развитие радиоэлектроники и установок для высокочастотного воздействия на материалы машиностроения привело к тому,

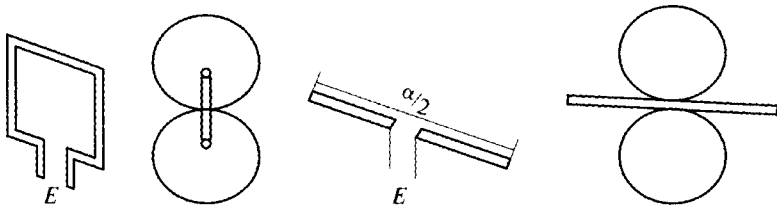


Рис. 1.40. Измерение напряженности электрического поля

что практически все пространство заполнено электромагнитными волнами.

В мире работают миллионы передающих радиостанций, многие из которых излучают значительные мощности (например, радиолокационные станции дальнего обнаружения, вещательные радиостанции и т. п.). Для оценки электромагнитных волн часто возникает необходимость определения их уровня. Обычно об уровне электромагнитных волн судят по напряженности электрического поля, величина которого аналитически может быть пересчитана в мощность электромагнитного поля. Напряженность электрического поля наиболее часто измеряют с помощью рамочной антенны (рис. 1.40), которая представляет собой плоскую катушку, намотанную на каркас из какого-либо диэлектрика (на рис. 1.40 для простоты изображен только один виток).

Диаграмма направленности такой антенны показывает, что максимум принимаемого излучения идет со стороны, лежащей в плоскости витков катушки. Это позволяет не только производить измерение напряженности электрического поля, но и определять направление на источник высокочастотных излучений по максимальной величине напряжения на выходе рамки при ее поворотах относительно вертикальной оси.

Обычно на геометрические размеры рамки в зависимости от частоты сигнала, напряженность поля которого определяется, накладываются определенные ограничения. В частности, на частотах более 30 МГц более точные результаты получаются, если вместо рамочной антенны использовать полуволновый диполь, представляющий собой проводник длиной в половину длины волны, разрезанный посередине. Напряжение с диполя снимается с центральной разрезанной части. Значение напряженности электрического поля можно определить по следующей формуле:

$$E = \frac{\pi f U}{3 \cdot 10^8},$$

где f — частота, Гц; U — напряжение на выходе диполя, В.

Диполь, так же как и рамка, позволяет определять направление, с которого приходит сигнал, так как обладает определенной направленностью, что видно из диаграммы направленности. Максимум принимаемых сигналов определяется перпендикуляром к плоскости диполя. Именно так ориентированы телевизионные антенны по отношению к телевизионной башне, откуда ведется вещание.

Напряжение на выходе рамки или диполя можно измерять с помощью электронного вольтметра непосредственно при сильных сигналах или с помощью электронных усилителей. В этом случае, используя селективные свойства усилителей, можно определить уровень напряженности электрического поля определенной

частоты. Нужно учесть, что уровень сигнала на выходе рамки и частично диполя складывается из большого числа электромагнитных полей, существующих в пространстве в районе расположения приемного устройства от различных источников (передатчиков).

При необходимости определить частоту высокочастотного сигнала можно (если он сильный) использовать непосредственное включение электронного частотомера на выход рамки или диполя. При слабых сигналах и использовании усилителей можно по их частотной настройке определять частоты сигналов, наведенные в рамке или диполе, т. е. так, как обычно по шкале радиоприемника можно определить длину волны или частоту принимаемой станции.

Измерение частоты переменного напряжения может быть произведено различными способами. Широкое применение при измерении частот примерно до 200 кГц нашли конденсаторные частотомеры, принцип действия которых основывается на заряде и разряде конденсатора в течении каждого периода напряжения, частоту которого необходимо измерить. Упрощенная схема такого частотомера приведена на рис. 1.41.

Прибор состоит из транзистора, работающего в ключевом режиме, двух диодов, в цепь одного из которых включен магнитоэлектрический миллиамперметр, конденсатор и резистор. Переменное напряжение частоту которого необходимо измерить, подают на вход прибора между базой транзистора и корпусом. При отрицательной полуволне входного напряжения транзистор будет закрыт. Конденсатор C за время этой полуволны заряжается через резистор R и диод VD_1 практически до величины напряжения питания $U_{пит}$. С приходом положительной полуволны на вход транзистора он открывается и сопротивление участка коллектор — эмиттер становится очень малым. За время прихода этой полуволны конденсатор разрядится по цепи коллектор — эмиттер транзистора VT_1 , диод VD_2 и измерительный прибор. Процесс заряда и разряда конденсатора будет повторяться с каждым периодом изме-

ряемого напряжения. Среднее значение тока I будет прямо пропорциональным числу циклов заряда и разряда конденсатора, т. е. числу периодов в единицу времени. Иначе говоря, показания прибора будут пропорциональны частоте f напряжения, приложенного ко входу прибора, т. е. $I = nf$. Достоинством рассмотренного метода измерения частоты является линейность шкалы индикатора и простота переключения

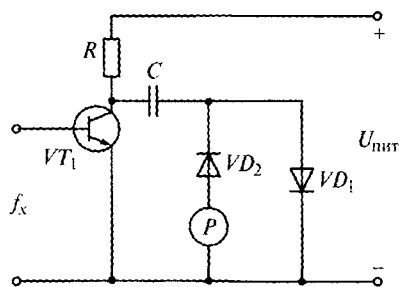


Рис. 1.41. Схема конденсаторного частотомера

прибора на различные диапазоны измерения частоты. Для этого необходимо только изменять емкость конденсатора. В реальной конструкции конденсаторного частотомера на его входе ставят усилитель-ограничитель, который усиливает входной сигнал и преобразует его в напряжение прямоугольной формы. Это напряжение управляет работой транзистора VT в ключевом режиме, т.е. в режиме полного закрытия транзистора и полного открытия в режиме насыщения.

Измерение частоты в очень широком диапазоне может производиться с помощью осциллографа. Один из простейших методов такого измерения заключается в том, что, получив на экране четкое изображение сигнала, частоту которого необходимо измерить, определяют период колебания T в секундах. По известной формуле, связывающей период с частотой, получают ее значение в герцах $f = 1/T$.

На очень высоких частотах, используемых в радиоэлектронике, используют резонансные методы. Такие измерители чаще называются волномерами.

Измерение магнитных величин в практике встречается реже, чем измерение электрических. К чисто магнитным величинам, с которыми приходится сталкиваться при разработке различных, в первую очередь электротехнических, изделий обычно относятся магнитная индукция B , магнитный поток Φ и напряженность магнитного поля H_m . Все эти величины связаны друг с другом функциональными зависимостями. Для вакуума и практически для воздуха соотношения между ними следующие:

$$B = \mu_0 H_m; \Phi = sB,$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ — магнитная постоянная, Гн/м; s — сечение (магнитопровода), через которое проходит магнитный поток.

Из-за функциональной связи магнитных величин достаточно экспериментально определить одну из них, а остальные могут быть определены расчетным способом. Существует большое число методов их измерения и различных, в большинстве случаев достаточно сложных, приборов для этих целей. Практически все они предварительно преобразовывают магнитные величины в электрические, а затем с помощью электрических приборов осуществляется их измерение.

Простейший прибор для измерения магнитной индукции — теслометр (рис. 1.42) представляет собой измерительную катушку, намотанную на рамке из немагнитного материала 1, закрепленную на валу электродвигателя 3, который вращает катушку со строго постоянной частотой.

Известно, что если через вращающуюся катушку проходит магнитный поток, то в ней наводится ЭДС, тем большая, чем больше этот магнитный поток (на этом принципе работают практи-

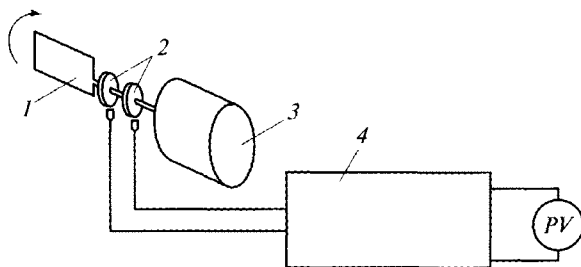


Рис. 1.42. Схема прибора для измерения магнитной индукции:

1 — рамка; 2 — контактные кольца; 3 — электродвигатель; 4 — выпрямитель

чески все электрогенераторы). Следовательно, по величине ЭДС в катушке можно судить о величине магнитной индукции B .

Для ее измерения на оси вала двигателя устанавливают контактные кольца 2. С помощью неподвижных щеток переменное напряжение с катушки поступает на выпрямитель 4, а с его выхода — на измерительный прибор, чаще всего магнитоэлектрической системы. Этот прибор может быть непосредственно отградуирован в величинах магнитной индукции. Диаметры измерительных катушек обычно лежат в пределах 1,5...25 мм. Катушки малого диаметра могут помещаться в довольно узкие воздушные зазоры магнитопроводов. При достаточной простоте рассмотренного прибора он имеет один крупный недостаток — наличие подвижных частей. Этого недостатка лишен прибор для измерения магнитной индукции, использующий эффект Холла.

Упрощенная схема прибора, использующего эффект Холла, приведена на рис. 1.43. Она включает в себя источник переменного питания 5 (чаще всего частотой порядка 1000 Гц), датчик Холла 1, усилитель 4 переменного напряжения, выпрямитель 3 и магнитоэлектрический индикатор 2. Так как толщина полупроводниковой пластины обычно не превышает 1 мм, то с помощью такого прибора можно определять магнитную индукцию в очень узких зазорах электрических машин.

При разработке новых электротехнических изделий, таких как электрические машины, трансформаторы, электромагнитные реле, бывает необходимо определить основные характеристики ферромагнитных материалов, используемых в этих изделиях. Аналогичные задачи возникают и при создании новых сплавов ферромаг-

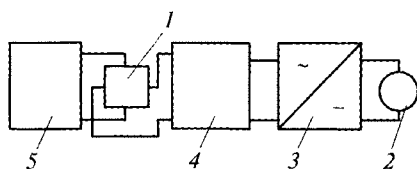


Рис. 1.43. Измеритель магнитной индукции с помощью датчика Холла:

1 — датчик Холла; 2 — магнитоэлектрический индикатор; 3 — выпрямитель; 4 — усилитель; 5 — источник переменного питания

нитных материалов с новыми свойствами и более качественными характеристиками. Определение таких характеристик представляет собой непростой процесс, требующий подчас сложной и дорогостоящей аппаратуры. Наиболее доступный метод определения особо важной характеристики ферромагнитных материалов, которые используются в переменных магнитных полях, — основная кривая индукции. Для ее определения необходимо изготовить из материала, подлежащего исследованию, тороидальное кольцо и намотать на нем две обмотки. Одна из них — первичная — служит для создания магнитного потока в сердечнике в виде кольца. Если измерить ток I в этой обмотке и знать число витков в ней W_1 , то можно определить значение амплитуды напряженности магнитного поля.

Исследование магнитных материалов иногда требует проведения измерений и других параметров, но они в большинстве случаев сложны, применяются только в специальных лабораториях с уникальной аппаратурой, создаваемой подчас в единичных экземплярах, поэтому описание этих методов можно найти чаще всего в литературе преимущественно физического профиля.

Контрольные вопросы

1. Какие основные метрологические характеристики средств измерений устанавливаются стандартом?
2. Что такое цена деления шкалы?
3. Как определяется погрешность средства измерений и от чего она зависит?
4. Что такое предел допускаемой погрешности средства измерений?
5. Что такое класс точности средства измерений и от чего он зависит?
6. Какие существуют основные системы электроизмерительных приборов?
7. Чем отличается методика измерения напряжения от измерения электродвижущей силы?
8. Как подключаются добавочный резистор к вольтметру и шунт к амперметру для расширения пределов их измерений?
9. На каком принципе работает измерительный прибор для измерения магнитной индукции в воздухе?
10. В чем заключается принцип компенсационного метода измерения и где он применяется?

1.6. Обеспечение единства измерений в Российской Федерации

Правовые основы обеспечения единства измерений в РФ. Российская система измерений (РСИ) представляет собой организационные и функциональные объединения участников, проводящих измерения, и потребителей измерительной информации.

В РСИ входят органы и службы, обеспечивающие единство измерений, разработчики, производители (поставщики) и пользователи средствами измерений, действующие в соответствии с российским законодательством.

Основной целью РСИ является содействие экономическому и социальному развитию общества путем защиты от неверных результатов измерений на основе конституционных норм, законов РФ, постановлений правительства РФ, государственных и национальных стандартов.

Важнейшей задачей РСИ для достижения этой цели является проведение единой технической политики по обеспечению единства измерений в масштабах всей страны, влияющих на уровень жизни и благосостояние граждан, экономику и производство, правопорядок, безопасность, экологию, науку и технику, обороноспособность, а также на международное сотрудничество.

Исходными предпосылками формирования и развития РСИ в современных условиях являются следующие положения:

- переход Российской Федерации на рыночные экономические отношения;
- признание целесообразности сохранения и управления хозяйственных, торговых и научно-технических отношений и интеграции со странами СНГ, необходимость проведения с ними согласованной политики в области метрологии;
- признание необходимости интеграции экономики страны с европейской и мировой экономикой.

Обеспечение единства измерений в масштабах всей страны осуществляет Государственная метрологическая служба (ГМС), а на конкретных предприятиях и в организациях — метрологические службы юридических лиц (МСЮЛ).

Для решения задач по обеспечению единства измерений привлекаются другие государственные службы: Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ), Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО), Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД).

Важнейшим документом, определяющим правовые основы обеспечения единства измерений в России, является Конституция РФ.

Следующим по важности государственным документом в области обеспечения единства измерений является Закон РФ «Об обеспечении единства измерений», принятый в 1993 г.

Дальнейшее развитие положения указанного Закона получили в Постановлении Правительства РФ от 12.02.1994 № 100.

Все метрологические службы страны созданы и работают в соответствии с «Типовым положением о метрологической службе

государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц» (Правила по метрологии ПР 50—732—93).

РСИ является объективным инструментом для обеспечения оценки качества продукции и услуг через стандарты, метрологическое обеспечение производства, испытания и имеет следующие основы:

- научная — метрология, со своими постулатами;
- нормативная — законы, подзаконные акты, стандарты по метрологии и производству измерительной техники;
- техническая — средства измерений соответствующего качества (испытанные и исследованные);
- организационная — Государственная метрологическая служба и метрологические службы юридических и физических лиц.

Государственный метрологический контроль и надзор. Государственный метрологический контроль и надзор осуществляется Государственной метрологической службой. Она находится в ведении Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование).

Межрегиональные территориальные управления (МТУ) осуществляют контрольно-надзорные функции на закрепленной за ними территориями. В соответствии с существующими федеральными округами созданы семь МТУ: Центральное (Москва), Северо-Западное (Санкт-Петербург), Южное (Ростов-на-Дону), Приволжское (Нижегород), Уральское (Екатеринбург), Сибирское (Новосибирск) и Дальневосточное (Хабаровск).

Государственные органы управления РФ, а также предприятия, организации, учреждения, являющиеся юридическими лицами, создают в необходимых случаях в установленном порядке метрологические службы для выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора.

Государственный метрологический контроль включает в себя:

- утверждение типа средств измерений;
- поверку средств измерений, в том числе эталонов;
- лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений.

Государственный метрологический надзор осуществляется:

- за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм;
- количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций;
- количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

Законом определяются сферы распространения, основные требования к порядку проведения, права, обязанности и ответствен-

ность государственных инспекторов по обеспечению единства измерений.

Государственный метрологический контроль и надзор, осуществляемые в целях проверки соблюдения метрологических правил и норм, распространяются:

- на здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом, в том числе на операции с применением игровых автоматов и устройств;
- государственные учетные операции;
- обеспечение обороны государства;
- геодезические и гидрометеорологические работы;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством РФ;
- испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям технических регламентов, стандартов, условий договоров;
- регистрацию национальных и международных спортивных рекордов.

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляют должностные лица Госстандарта России — *главные государственные инспекторы и государственные инспекторы по обеспечению единства измерений*.

Юридические и физические лица должны оказывать содействие государственному инспектору в выполнении возложенных на него обязанностей. Лица, препятствующие осуществлению государственного метрологического контроля и надзора, несут ответственность в соответствии с законодательством РФ: уголовную, административную либо гражданско-правовую.

В сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора средства измерений подвергаются обязательным *испытаниям с последующим утверждением типа средств измерений*.

На средство измерений утвержденного типа и на эксплуатационные документы, сопровождающие каждый экземпляр, наносится знак утверждения типа средств измерений установленной формы.

Средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке органами Государственной метрологической службы при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту и эксплуатации. Допускается продажа и выдача напрокат только поверенных средств измерений.

Поверка средств измерений — совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (дру-

гими уполномоченными на то органами, организациями) в целях определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям.

Поверка средств измерений осуществляется физическим лицом, аттестованным в качестве поверителя органом Государственной метрологической службы.

Организация и порядок проведения поверки средств измерений установлены Госстандартом России в виде правил Пр.50.2.006-94.

Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются поверительным клеймом или свидетельством о поверке.

Метрологическая служба Российской Федерации. Организационной основой Государственной системы обеспечения единства измерений является метрологическая служба Российской Федерации. До распада СССР существовала Государственная метрологическая служба, включавшая в себя соответствующие управления Госстандарта СССР, его научно-исследовательские институты, территориальные центры по стандартизации и метрологии, ведомственные метрологические службы с центральными, головными и базовыми организациями, а также метрологические службы предприятий и организаций. В настоящее время метрологическая служба Российской Федерации находится в стадии становления. Она возглавляется Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и включает в себя следующее:

- межрегиональные территориальные управления (МТУ);
- федеральные государственные унитарные предприятия (ФГУП);
- федеральные государственные учреждения (ФГУ);
- открытые акционерные общества (ОАО);
- консультационно-внедренческая фирма «Интерстандарт»;
- некоммерческое учреждение «Технический центр регистра систем качества»;
- образовательная автономная некоммерческая организация «Регистр системы сертификации персонала»;
- управление метрологии Ростехрегулирования и метрологии;
- управление Государственного контроля и надзора;
- научно-технические и комитеты Ростехрегулирования и метрологии РФ;
- территориальные органы — Государственные органы метрологической службы (ГОМС) на территориях субъектов Федерации;
- Государственные службы по обеспечению единства измерений: Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГССВЧ), Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах

веществ и материалов (ГСССД), Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО);

- метрологические службы Федеральных органов исполнительной власти;
- службы главных метрологов в центральном аппарате;
- головные и базовые организации метрологических служб (ГОМС и БОМС соответственно) отраслей;
- измерительные лаборатории (центры);
- метрологические службы юридических лиц;
- специализированные службы предприятий.

Особенностью принятой в настоящее время метрологической службы Российской Федерации является то, что на метрологические службы федеральных органов исполнительной власти, службы главных метрологов в центральном аппарате, головные и базовые организации метрологических служб, измерительные лаборатории (центры) и метрологические службы юридических лиц государственные функции возлагаются лишь частично.

Предполагается, что в дальнейшем круг государственных функций будет расширен.

Представленные участники метрологической службы Российской Федерации создают научные, нормативные, методические, технические и организационные основы обеспечения единства измерений, что в конечном итоге позволяет экономике страны разрабатывать, производить, экспортировать, импортировать, производить испытания, поверку и калибровку средств измерения, правильно их использовать и получать достоверную измерительную информацию.

Международные организации по метрологии. Российская Федерация всегда была и остается активным участником международного сотрудничества в области метрологии и часто являлась автором важнейших международных инициатив в этой области. В настоящее время практически полностью определилась инфраструктура международной деятельности в области метрологии по всем его основным направлениям. Она базируется на трех основных международных организациях:

- Организации метрической конвенции, включающей в себя Международный комитет мер и весов (*CIPM/МКМВ*) и Международное бюро мер и весов (*BIPM/МБМВ*);
- Международной организации законодательной метрологии (*OIML/МОЗМ*);
- Международной кооперации по аккредитации лабораторий (*ILAC/ИЛАК*).

К числу смежных международных организаций, в деятельности которых метрологи принимают активное участие, относятся:

- Международная организация по стандартизации (*ISO/ИСО*);
- Международная электротехническая комиссия (*IEC/МЭК*);

• Международная конференция по измерительной технике (ИМЕКО/ИМЕКО).

Сотрудничество по метрологии осуществляется также на межгосударственном уровне в рамках СНГ, на двухсторонней основе с национальными метрологическими центрами, с приборостроительными зарубежными фирмами, университетами и лабораториями.

Контрольные вопросы

1. Назовите два основных документа, которые определяют правовые основы обеспечения единства измерений.
2. Какова основная цель Российской системы измерений?
3. Какова важнейшая задача Российской системы измерений?
4. Что включает в себя Российская система измерений?
5. Назовите четыре основы обеспечения единства измерений.
6. Что включает в себя государственный метрологический контроль и надзор?
7. Что такое поверка и кто имеет право выполнять поверку СИ?
8. Как удостовериться, что СИ поверены?
9. Что является организационной основой обеспечения единства измерений в РФ?
10. Что включает в себя метрологическая служба РФ?

1.7. Метрологическое обеспечение изделий на стадиях их жизненного цикла

Цели и задачи метрологического обеспечения изделий на стадиях их жизненного цикла. Повышение эффективности производства и качества продукции невозможно без достижения необходимой достоверности количественной информации о значениях параметров, характеризующих выпускаемую продукцию и технологические процессы. Источниками информации являются измерения. Причем результаты измерений будут объективными и достоверными только при правильной организации получения измерительной информации. Это невозможно достичь без надлежащего метрологического обеспечения.

Метрологическое обеспечение — широкое понятие, требующее обязательного уточнения в зависимости от стоящих перед ним задач. Допускается применение терминов «метрологическое обеспечение измерений», «метрологическое обеспечение производства», «метрологическое обеспечение систем качества», «метрологическое обеспечение стандартизации» и ряда других.

Под *метрологическим обеспечением* принято понимать комплекс мероприятий по установлению и применению научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства, полноты, своевременности,

оперативности измерений, достоверности контроля параметров и характеристик объектов.

Метрологическое обеспечение сопровождает изделие на всех стадиях его жизненного цикла. Оно включает в себя следующее:

1) исследование и обоснование разработки:

- разработка технического предложения (задания);
- разработка, согласование и утверждение технического задания.

2) разработка:

- разработка эскизного проекта;
- разработка технического проекта;
- разработка конструкторской документации;
- изготовление опытного образца изделия (составной части) и проведение предварительных испытаний;
- подготовка к государственным испытаниям;
- государственные испытания.

3) производство;

4) эксплуатация;

5) капитальный ремонт;

6) утилизация.

Рассмотрим основные цели и задачи метрологического обеспечения, решаемые на каждой стадии жизненного цикла продукции.

Первая стадия жизненного цикла — *исследование и обоснование разработки*. На этой стадии основными целями метрологического обеспечения являются достижение требуемых характеристик разрабатываемых изделий путем обоснованного выбора методов измерений, определение совокупности подлежащих измерениям параметров и характеристик, установление значений допустимых отклонений на каждый из параметров с учетом условий проведения измерений, использования необходимых средств, обеспечивающих надежное и достоверное измерение и контроль выбранных параметров изделий, а также обработки их результатов стандартными или вновь разработанными методиками.

Основные задачи метрологического обеспечения в процессе исследования и обоснования разработки следующие:

- предварительное определение номенклатуры измеряемых параметров изделия и его составных частей, нормирование выбранных параметров, определение требований к погрешности измерений параметров;
- определение номенклатуры параметров, контролируемых в процессе эксплуатации;
- оценка возможности существующего парка средств измерений для метрологического обеспечения изделий;
- разработка предложений по метрологическому обеспечению испытаний продукции;

- организация проведения при необходимости комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке новых средств измерений;

- организация и проведение метрологической экспертизы материалов технического предложения и технического задания и разработка плана мероприятий по устранению выявленных недостатков.

На первой стадии жизненного цикла продукции исследуют и разрабатывают техническое предложение и утверждают техническое задание.

Вторая стадия жизненного цикла изделия — *разработка*. Цели метрологического обеспечения на этой стадии:

- установление (выбор) параметров продукции, подлежащих измерениям и измерительному контролю при испытаниях, производстве и эксплуатации, а также параметров технологических процессов, контролируемых в процессе производства;

- выбор средств, обеспечивающих измерения, контроль выбранных параметров и характеристик разрабатываемой продукции, а также технологических процессов с заданной точностью;

- разработка методов и изготовление недостающих средств измерений и испытаний.

Основные задачи метрологического обеспечения на стадии разработки:

- определение и обоснование перечня измеряемых параметров и характеристик изделия, его составных частей, допускаемых отклонений на измеряемые параметры, погрешности измерений на основе анализа заданных технических характеристик изделия;

- обоснование перечня параметров, подлежащих контролю в процессе эксплуатации и требований к достоверности контроля;

- организация при необходимости научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке проблемных вопросов измерений и метрологического обеспечения процесса измерений, новых средств измерений, контроля и испытаний;

- установление требований по поверке (калибровке) средств измерений, входящих в состав изделия, разработка методик поверки;

- выявление особенностей метрологического обеспечения изделия и его составных частей;

- разработка разделов (пунктов) конструкторской и технологической документации опытного образца изделия, касающихся вопросов метрологического обеспечения, системы контроля технического состояния изделия;

- проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации на изделие и его составные части (если это установлено в соответствующих документах);

- анализ состояния и организация работ по метрологическому обеспечению производства;

- оценка реальной точности измерений и достоверности контроля основных параметров;
- обеспечение средств измерений средствами их поверки (калибровки);
- участие в разработке программы и методик государственных испытаний;
- проверка готовности метрологического обеспечения государственных испытаний.

При проведении государственных испытаний осуществляются:

- проверка соответствия метрологического обеспечения эксплуатации изделия требованиям технического задания в соответствии с программой и методикой государственных испытаний;
- определение фактических значений основных параметров и оценка соответствия полученных значений заданным;
- проведение метрологической экспертизы продукции (в случаях, предусмотренных соответствующими нормативными документами), разработка мероприятий и устранение недостатков, изложенных в акте государственных испытаний.

Для большей наглядности организация метрологического обеспечения на первых двух этапах жизненного цикла продукции представлена на рис. 1.44.

В ходе метрологического обеспечения *производства продукции* требуемые показатели качества достигаются с помощью измерительного контроля каждой операции технологического процесса. На этом этапе выполняются работы по автоматизации процессов измерений и измерительного контроля, проводится анализ и оп-

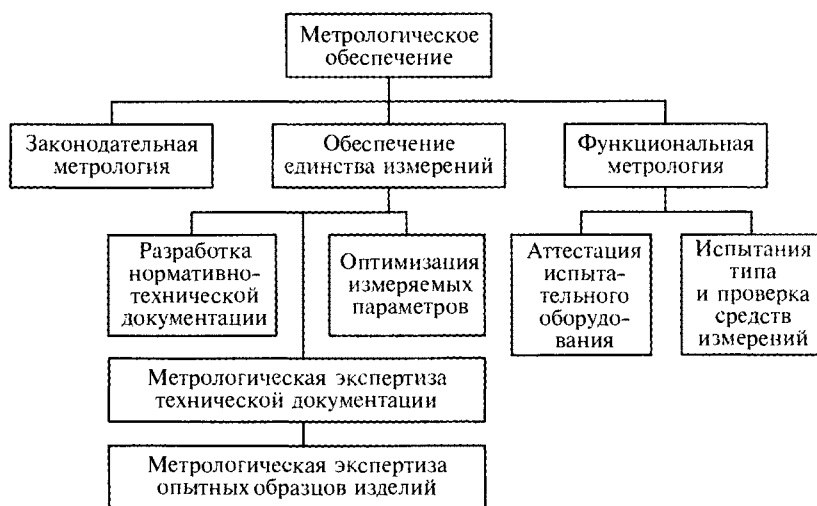


Рис. 1.44. Организация метрологического обеспечения

ределяются методы и средства измерений в технологических процессах, разрабатываются методики выполнения измерений и проводится их аттестация, если это предусмотрено соответствующими нормативными документами, технологические процессы и техническая документация подвергаются метрологической экспертизе.

Для предотвращения этих нарушений необходимо оснастить промышленное оборудование измерительными средствами, которые следили бы за его состоянием и состоянием обрабатываемого инструмента. Также в автоматизированных производствах все более широкое применение находят роботы, возможности которых в значительной степени определяются способностью ориентироваться в окружающей обстановке, приспосабливаться к ней и реагировать на ее изменения. Для этого они должны иметь в своем составе измерительные устройства. Поэтому при управлении качеством производства все большее внимание уделяется контролируемости (наблюдаемости) технологического процесса.

Основными целями метрологического обеспечения продукции в процессе производства является выпуск предприятием продукции, соответствующей требованиям конструкторской, технологической и нормативной документации, а также предупреждение производственного брака и получение информации о качестве готовой продукции и состоянии технологического процесса.

Как уже указывалось, метрологическое обеспечение изделий осуществляется на всех стадиях жизненного цикла продукции. Большой парк средств измерений и контроля используется в процессе *эксплуатации изделия* для контроля и прогнозирования их технического состояния, отыскания отказов и неисправностей, измерения характеристик, настройки, калибровки, юстировки и регулировки.

Метрологическое обеспечение эксплуатации продукции — это комплекс научных и организационно-технических мероприятий, направленных на выполнение точных и своевременных измерений, соблюдение единства, требуемой точности измерений и повышение достоверности измерительного контроля параметров в процессе эксплуатации изделия.

На этой стадии метрологическое обеспечение решает следующие основные задачи:

- подготовка рекомендаций по совершенствованию метрологического обеспечения эксплуатации продукции;
- формирование парка средств измерений, своевременное проведение его поверки;
- ремонт, хранение средств измерений;
- проведение работ по усовершенствованию методов передачи размеров единиц физической величины от эталонов к рабочим средствам измерений;

- обслуживание, хранение и совершенствование эталонов;
- подготовка кадров по вопросам метрологического обеспечения;
- метрологический надзор.

На всех этапах жизненного цикла продукции проводят техническое обслуживание технической базы метрологического обеспечения, представляющее собой комплекс работ по поддержанию ее исправности и работоспособности.

Цель метрологического обеспечения на стадии *капитальный ремонт* — добиться соответствия метрологического обеспечения прогрессивным методикам выполнения измерений.

В основные задачи метрологического обеспечения при капитальном ремонте входят:

- анализ метрологического обеспечения ремонтного производства;
- уточнение в конструкторской и ремонтной технологической документации значений контролируемых параметров, а также параметров и характеристик технологических процессов ремонта, подлежащих изменению или контролю с нормируемой точностью и условиям выполнения измерений;
- обеспечение условий проведения измерений (температурный режим, электромагнитные поля и т. п.);
- внедрение новых методик измерений;
- обеспечение ремонтных служб предприятия средствами измерений;
- метрологический надзор за соблюдением метрологических норм и правил, за состоянием и применением средств измерений.

От уровня метрологического обеспечения на этом этапе зависит эффективность и качество капитального ремонта отремонтированной продукции.

Завершающий этап жизненного цикла продукции — *утилизация* — одна из больших проблем современности. Утилизация приобрела по своим масштабам государственное значение.

Цель метрологического обеспечения этой стадии — переход от процессов простого уничтожения продукции (ликвидации) к промышленной утилизации, в результате которой могут получить «вторую жизнь» не только комплектующие детали, агрегаты, системы, но и все изделие в целом.

Метрологическое обеспечение на этом этапе обеспечивает возможность использования изделий, соответствующих требованиям надежности и качества при их дальнейшей эксплуатации. Метрологическое обеспечение должно обеспечить надежные и качественные измерения, соответствующие аналитические исследования состава утилизируемых материалов. По своей сути утилизация является таким же технологическим процессом, как и производство изделий.

Основной задачей метрологического обеспечения на этапе утилизации является создание таких условий, при которых обеспечивается возможность использования только тех изделий или материалов, которые соответствуют требованиям надежности, качества и безопасности для жизни людей и окружающей среды при дальнейшей эксплуатации.

Правильное понимание необходимости и важности целей и задач метрологического обеспечения продукции на всех стадиях ее жизненного цикла позволяет организовать надлежащее метрологическое обеспечение создаваемой, выпускаемой и эксплуатирующейся продукции, без чего нельзя добиться высокого качества этой продукции, ее надежности и конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Научные, технические и организационные основы метрологического обеспечения. Различают научную, организационную, техническую и нормативно-методическую основы метрологического обеспечения (рис. 1.45).



Рис. 1.45. Основы метрологического обеспечения

Научной основой метрологического обеспечения является метрология. Как уже отмечалось, она занимается общей теорией измерений, единицами физических величин, методами и средствами измерений, способами передачи размеров единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений, основами обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений.

Одной из важных проблем метрологии являются разработка и создание наиболее совершенных эталонов. Это объясняется тем, что современный научный эксперимент, изучение многих явлений микромира, работа в космосе, современные технологические процессы требуют точных измерений, сопоставимых с точностью эталонов. Главной задачей метрологии является разработка на все более высоком уровне теории средств измерений и ее практических приложений — метода выбора средств измерений по точности, определение их метрологических характеристик, правил проведения измерений и т. д. Повышение точности измерений определяется не только эталонной базой. Можно иметь совершенные эталоны, но неправильное использование рабочих средств измерений, отсутствие критериев, определяющих оптимальные условия их применения, никогда не позволяет реализовать их высокие метрологические качества на практике. Поэтому, а также в связи со значительным повышением требований к точности измерений, разработка вопросов теории погрешностей сложных измерительных систем приобретает большое значение. На современном этапе теория погрешностей перешагнула рамки математической статистики и теории вероятности и все более использует методы и приемы теории информации, позволяющей формировать практические задачи и применять для их решения современный математический аппарат.

Организационной основой метрологического обеспечения является метрологическая служба РФ, состоящая из государственных метрологических служб юридических и физических лиц. Сюда же можно отнести и систему подготовки метрологов. Деятельность метрологических служб направлена на решение задач метрологического обеспечения, она ориентируется Госстандартом на достижение основных целей метрологического обеспечения.

В общем *техническая основа* метрологического обеспечения представляет собой совокупность технических средств (эталонные, образцовые и рабочие средства измерений, меры, включая стандартные образцы состава и свойств веществ), правил, норм, положений и требований к их использованию в соответствии с назначением, а также проведению проверок и контроля перед выпуском в обращение, после ремонта и при эксплуатации.

Нормативно-методическую основу метрологического обеспечения устанавливают в стандартах Государственной системы обес-

печения единства измерений (ГСИ). ГСИ представляет собой комплекс установленных стандартами взаимосвязанных правил, положений, требований и норм, определяющих организацию и методику проведения работ по оценке и обеспечению точности измерений. Основными объектами стандартизации ГСИ являются: единицы физических величин; государственные эталоны и поверочные схемы; методы и средства поверки средств измерений; нормы точности измерений; способы выражения и формы представления результатов измерений и показателей точности измерений; методики выполнения измерений; методики оценки достоверности и формы представления данных о свойствах веществ и материалов; требования к стандартным образцам состава свойств веществ и материалов; организация и порядок проведения государственных испытаний поверки и метрологической аттестации измерений, метрологической экспертизы нормативно-технической, проектной, конструкторской и технологической документации, экспертизы и аттестации данных о свойствах веществ и материалов; термины и определения в области метрологии.

Стандартизация указанных объектов позволяет гарантировать единство средств измерений за счет проверок в порядке, предусмотренном общественными поверочными схемами, и тем самым подчинение единому эталону и, что не менее важно, обеспечить единообразие методов и средств поверки, методик выполнения вплоть до форм представления конечных результатов.

Контрольные вопросы

1. Какие приняты этапы жизненного цикла продукции?
2. На каком этапе жизненного цикла изделий проверяется его технический уровень?
3. Какова цель метрологического обеспечения на стадии утилизации продукции?
4. Что является научными основами метрологического обеспечения?
5. Что является организационной основой метрологического обеспечения?
6. Что является нормативно-методической основой метрологического обеспечения?

ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

2.1. История развития стандартизации

Из множества потенциально возможных вариантов создания материального живого и неживого мира природа выбрала наилучшие стандартные решения. Она позаботилась о стандартизации также и отдельных параметров разнообразных объектов, правил их поведения, обеспечивающих, в частности, необходимые условия для поддержания жизни на Земле.

Человек как продукт окружающей природы, наделенный разумом, объективно унаследовал от природы стремление к стандартизации. Он реализует его повсеместно, где речь идет о повторяющихся объектах, явлениях, ситуациях в его жизнедеятельности.

Слово «*standard*» в переводе с английского языка означает образец, эталон, лучшее решение. Стандартизация, следовательно, является деятельностью по подготовке и внедрению таких решений.

В основе деятельности по стандартизации лежит стремление к рациональности вырабатываемых решений.

Однако существует множество ситуаций, когда стандартизация не только диктуется соображениями рациональности, но является объективно необходимой. Например, если дом строят много людей и при этом под словом «кирпич» каждый понимает нечто свое, уникальное, то дом никогда не будет построен.

Стандартизация является необходимым условием обеспечения информационной, технической, технологической и социальной совместимости, без которой в условиях общественного разделения труда, вообще невозможно жить. Таким образом, стандартизация проявляется везде, где речь идет о чем-то повторяющемся или имеющем перспективу многократного повторения, и обусловливается объективной необходимостью или соображениями рациональности.

Стандартизации в большинстве своем воспринимается как некая само собой разумеющаяся данность, как нечто естественное, наподобие окружающего воздуха. И только тогда, когда стандартизация начинает давать сбои, становится очевидностью ее важности и необходимости. Действительно, полезность и значимость

данного вида деятельности ощущается сразу же, когда происходит катастрофа на железнодорожном транспорте из-за запутанной маркировки вагонов с взрывчатыми веществами, когда останавливается транспортная операция из-за невзаимозаменяемости топлив, когда захлебываются органы снабжения из-за большого количества однотипных, но невзаимозаменяемых деталей.

Обществу на определенных этапах развития свойственно искать рациональные решения, превращая их в правило для многократного применения (что соответствует стандартизации как виду деятельности), и вырабатывать целесообразные правила для коллективного общения и совместной деятельности. Применяя эти правила, можно исключить затраты времени и сил на их повторный поиск и сосредоточиться на творческих процессах деятельности. Таким образом, стандартизация позволяет использовать прошлый труд. При этом постоянное обновление полученных при стандартизации правил делает их пригодными для решения новых задач.

Зачастую стандартизация и изобретательство рассматриваются как антагонистические виды деятельности, ничего общего между собой не имеющие и даже препятствующих друг другу.

На самом деле такая точка зрения абсолютно несостоятельна, поскольку в методологическом плане любой процесс создания продукции основан на диалектическом взаимодействии изобретательства, формирующего новаторскую часть проекта, и стандартизации, способствующей удержанию в новых проектах ранее разработанных технических решений, многократно проверенных и составляющих важнейшую часть накопленного в данной области техники научно-технического потенциала.

Изобретательство и стандартизация — две дополняющих друг друга и активно взаимодействующие составные части единого процесса создания новой продукции. Именно в их взаимодействии кроется ключ к обеспечению преемственности разработок, повышения качества продукции при существенном сокращении сроков создания и освоения новой техники и экономном использовании труда, энергии и материалов.

Сегодня немислим ни один процесс конструирования без широкого использования типовых, унифицированных и стандартизованных конструктивных решений, таких как стандартные крепежные изделия, допуски и посадки, узлы и детали общепромышленного применения, типовые соединения, уплотнения и др. Тенденция к взаимосвязанному использованию технического творчества и стандартизации усиливается интенсивно ведущимися работами по формализации инженерных задач и привлечения к их решению технических средств автоматизации и систем автоматизированного проектирования.

О том, что человечество было знакомо с этой областью деятельности, свидетельствуют древние архитектурные сооружения.

Построенные за 5—6 тысяч лет до н.э. египетские пирамиды подтверждают наличие установленных норм и правил на размеры и обработку строительных деталей. Существовали даже специальные чиновники, контролировавшие размеры и качество обработки камней, из которых строили пирамиды. В Римской империи стандартизация также имела место. В Древнем Риме были унифицированы размеры водопроводных труб, при этом трубы, диаметры которых отличались от установленных, запрещалось подключать к городскому водопроводу.

В 1785 г. французский инженер Леблан изготовил партию ружейных замков из 50 штук, причем каждый из этих замков обладал важным качеством — взаимозаменяемостью; его можно было использовать в любом из ружей без предварительной подгонки. Интересно отметить, что еще за 25 лет до Леблана в инструкции, данной графом Шуваловым Тульскому оружейному заводу, было записано: «...на каждую оружейную вещь порознь мастерам иметь меры или лекала с заводским клеймом или печатью оружейной мастерской, по которым каждый с пропорцией каждую вещь проверить мог...».

Во второй половине XIX в. работы по стандартизации проводились почти на всех промышленных предприятиях. Стандартизация развивалась, прежде всего, внутри отдельных предприятий, однако с развитием торговли стандартизация захватывала все более широкое пространство. В 1881 г. в Англии, а затем и в других странах была введена стандартная резьба Витворта (с дюймовыми размерами), которая впоследствии была заменена в большинстве стран на метрическую.

В 1846 г. в Германии были унифицированы ширина железнодорожной колеи и конструкция сцепных устройств для вагонов, в 1869 г. там же был издан первый справочник, содержащий размеры стандартных профилей катаного железа. В 1870 г. в ряде стран Европы были установлены стандартные размеры кирпичей.

Большое внимание уделялось стандартизации и контролю качества продукции на Руси. Так, например, при Иване Грозном были установлены диаметры стволов пушек и пушечных ядер. Для контроля диаметров пушечных ядер использовались калибры. В развитии стандартизации в нашей стране большую роль сыграл Петр I. По его приказу были построены серии судов стандартной конструкции. Петр I придавал большое значение стандартизации как одной из важнейших составляющих качества продукции. Его заслугой в этой области является и то, что он, выражаясь современным техническим языком, ввел типоразмерные ряды в артиллерию, стандартные элементы в строительство, упорядочил наименования видов документов в структурные ряды и т. д.

В мире на исходе XIX в. и в начале XX в. были достигнуты значительные успехи в развитии техники, промышленности, кон-

центрации производства. В связи с этим в наиболее развитых промышленных странах появилось стремление к организованной национальной стандартизации, в большинстве случаев завершившееся созданием национальных организаций по стандартизации.

Так, в 1901 г. в Великобритании был создан Комитет стандартов, главной задачей которого было содействие усилению экономического потенциала страны путем разработки и внедрения стандартов на сырье, промышленные изделия и военную технику.

Усиленная милитаризация стран в начале XX в. требовала производства большого количества военной и другой техники, при соблюдении условия взаимозаменяемости составных частей, эту задачу можно решить только с помощью стандартизации. Поэтому неудивительно, что во время Первой мировой войны и сразу после нее было основано несколько национальных организаций по стандартизации: в Голландии (1916 г.), Германии (1917 г.), Франции, Швейцарии, США (1918 г.) и др.

В табл. 2.1 представлены данные о некоторых национальных органах по стандартизации.

С развитием транснациональных компаний стандартизация начала применяться в международном масштабе. Постоянное расширение международного товарообмена и необходимость более тесного сотрудничества в области науки и техники привела к основанию Международной организации по стандартизации (ИСО), в состав которой первоначально вошли 33 страны, в настоящее время количество членов ИСО составляет 106 стран.

В ст. 2 Устава ИСО записано, что целью организации является содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи, а также для расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научно, технической и экономической деятельности.

В частности, для достижения этого она может:

- принимать меры для облегчения координации и унификации национальных стандартов и с этой целью издавать нужные рекомендации для комитетов-членов;
- устанавливать международные стандарты при условии, если в каждом случае стандарт одобрен 75 % комитетов-членов, участвующих в голосовании;
- по возможности способствовать и облегчать разработку новых стандартов, содержащих общие правила, одинаково применяющихся как в национальном, так и в международном масштабе;
- организовывать обмен информацией о работе своих комитетов-членов и технических комитетов;
- сотрудничать с другими международными организациями, заинтересованными в смежных вопросах, в частности по их просьбе изучать вопросы, относящиеся к стандартизации.

Национальные организации по стандартизации

Страна	Год создания	Штаб-квартира	Юридический статус	Число стандартов	Статус стандартов
Германия (DIN)	1917	Берлин	Частный	20 000	Добровольный
Канада (CCS)	1970	Оттава	Государственный	870	Добровольный
Китай (SCBS)	1957	Бейджинг	Государственный	11 000	Обязательный
Испания (AENOR)	1952	Мадрид	Частный	7 800	Добровольный
Франция (AFNOR)	1926	Париж	Частный	15 000	Добровольный
Италия (UNI)	1921	Милан	Частный	7 580	Добровольный
Япония (JISC)	1949	Токио	Государственный	8 200	Добровольный
Великобритания (BSI)	1901	Лондон	Государственный	10 420	Добровольный
СССР (Ростехрегулирование)	1926	Москва	Государственный	22 750	Добровольный
США (ANSI) (DoD)	1918	Нью-Йорк	Частный	8 500	Добровольный
	1915	Вашингтон	Государственный	60 000	Обязательный

Комитеты-члены — такое наименование принято в ИСО для обозначения членом ИСО.

Международная кооперация в области стандартизации осуществляется не только в мировом масштабе, но также и на региональном уровне.

Возникает вопрос: а почему не ограничиться только национальным и мировым уровнями работ по стандартизации? Ответ достаточно прост: при международной торговле требуется в зна-

чительной мере учитывать географическое положение страны — потенциального покупателя, национальные традиции и т.п.

Очевидно, что климатические условия (соответственно технические требования к стойкости к внешним воздействующим факторам), национальные традиции (соответственно требования к дизайну, сервису при обслуживании) ближе у стран одного региона, чем у стран, находящихся в разных полушариях Земли, кроме того, объективно легче торговать с соседом, чем вести товар, как говорится, «за море» (ниже транспортные издержки и соответственно цена для потребителя).

В основе согласованного проведения работ по региональной стандартизации в Европе лежит Римский договор, который был подписан 25 марта 1957 г. ФРГ, Францией, Италией, Бельгией, Нидерландами, Люксембургом.

Этот договор, как известно, посвящен созданию ЕЭС (Европейского экономического сообщества) и Евратома (Европейской комиссии по атомной энергии); он декларирует условия объединения экономик европейских стран Общего рынка, а также предоставляет в распоряжение сообщества основные принципы взаимодействия, которые стимулируют свободный обмен товарами и услугами.

Статьи Римского договора с 30 по 36 устанавливают принцип запрещения технических барьеров на обмен товарами и услугами.

Прочитируем основополагающую в этом плане ст. 30 Римского договора: «Количественные ограничения на импорт и все меры, имеющие эквивалентный эффект, должны быть, при условии соблюдения последующих пунктов соглашения, запрещены между странами-участниками».

Одним из важнейших инструментов, реализующим это требование является стандартизация.

Европейский комитет по стандартизации (CEN), основанный в 1961 г., насчитывает свыше 300 технических комиссий; он опубликовал свыше 2 400 стандартов, принял участие в разработке 2 167 европейских стандартов, а также ряда других документов.

Вопросами, касающимися стандартизации в области электротехники и электроники, занимается Международная электротехническая комиссия (МЭК). МЭК (IEC) — всемирная организация по стандартизации, состоящая из национальных комитетов стран-членов. Она издает международные стандарты, технические отчеты и руководства, в разработке которых принимают участие все заинтересованные национальные комитеты, а также другие международные, правительственные и неправительственные организации, связанные с МЭК. В целях содействия международной унификации Национальные комитеты МЭК берут на себя обязательства применять международные стандарты МЭК в максимальной степени при разработке своих национальных и регио-

нальных стандартов. В соответствующих национальных или региональных стандартах любое расхождение со стандартом МЭК должно быть четко указано.

В качестве основных выгод, получаемых от стандартизации в европейских странах, рассматриваются:

- использование общей терминологии и устранение разногласий;

- гарантии качества и взаимозаменяемости;

- снижение себестоимости;

- экономия времени;

- рациональная организация;

- исключение (уменьшение) нерационального расходования ресурсов;

- улучшение социального имиджа.

Как показывает мировой опыт, использование методов стандартизации в современных условиях является необходимым элементом государственной технической политики в целях создания необходимых условий эффективной разработки, производства и эксплуатации продукции.

Такой вывод подтверждается не только отечественной практикой, но и опытом зарубежных стран с развитой рыночной экономикой. Так, в сравнительно недавнем докладе Минобороны США прямо указывается, что «... технические условия и стандарты формируют стержень, вокруг которого строится процесс снабжения, а также являются необходимыми для удовлетворения главной цели любого действия Минобороны по закупкам, которое заключается в получении требуемых изделий в нужном количестве, подходящего качества, в нужное время и с возможно низкой ценой. Важность этих документов и стандартизации в целом не может быть переоценена».

Не вызывает сомнения, что ранее в нашей стране была создана и действовала мощная система стандартизации, которая позволяла достаточно эффективно решать проблемы нормативно-технического обеспечения создания и эксплуатации продукции.

Современный период развития стандартизации в нашей стране принято отсчитывать с 1918 г., когда был принят Декрет Совета Народных Комиссаров «О введении международной метрической системы мер и весов». В 1923 г. Совет Труда и Оборона (СТО) принял Постановление «О стандартизации экспортных товаров», а в 1925 г. при СТО был создан Комитет по стандартизации. Первыми председателями Комитета по стандартизации при СТО были В. В. Куйбышев (1925 — 1927) и Г. М. Кржижановский (1927 — 1928).

На этот Комитет было возложено руководство работой всех ведомств СССР по стандартизации во всех областях народного хозяйства и дано право утверждения обязательных к исполнению общесоюзных государственных стандартов на различные матери-

алы и изделия. В 1926 г. был утвержден первый общесоюзный стандарт ОСТ 1 «Пшеница. Селекционные сорта зерна. Номенклатура». К 1928 г. были утверждены более 300 стандартов на рациональный сортамент стального проката, ширину железнодорожной колеи и профиль рельсов, типы сельскохозяйственных машин, инструмент, крепеж и другие изделия массового применения.

В 1932 г. было принято постановление, предусматривающее отраслевую стандартизацию.

Стандарты были подразделены на две категории:

1) ОСТ-ВКС — утверждаемые Всесоюзным комитетом по стандартам;

2) ОСТ-НК — утверждаемые комитетами стандартизации наркоматов.

В 1940 г. для обозначения общесоюзных стандартов введена аббревиатура — ГОСТ.

Контрольные вопросы

1. Какова основная цель стандартизации?
2. Приведите исторические примеры стандартных решений.
3. Какие национальные органы по стандартизации вы знаете?
4. Какие выгоды можно получить от введения стандартизации?
5. Что является объектом стандартизации?

2.2. Нормативно-правовая основа стандартизации

Начавшиеся в нашей стране в 90-е годы прошлого века и продолжающиеся до настоящего времени реформы создали исходный базис для построения рыночной модели экономики: формируется класс собственников средств производства и других видов экономических активов; реформируются банковская, страховая, судебная, пенсионная системы; на принципиально новой основе создается блок социальных услуг, включая образование и медицинское обслуживание; формируется законодательство по использованию природных ресурсов и защите окружающей среды; реформируется структура и функции государственного аппарата с разделением функций на федеральной и региональном уровнях. Перечень направлений вводимых новаций можно было бы продолжить.

Достигнутый в последнее десятилетие высокий уровень технологий, прежде всего транспортных и информационных, привел к принципиально новым тенденциям в организации мирового сообщества:

- «сжатию» земного пространства по расстояниям и времени перемещения по нему, показав ограниченность природных ресур-

сов для существующих объемов и темпов роста их потребления, а также уязвимость среды обитания человека по экологии;

- формированию единой телекоммуникационной среды в виде глобальных информационных сетей;
- формированию цифрового пространства формализованного описания, разработки, производства и применения средств труда и продуктов труда;
- формированию единой среды накопления знаний с возможностью доступа к ним на задаваемых условиях.

Все это в целом характеризует переход от индустриального общества XIX—XX вв. к информационному обществу знаний XXI в. Как следствие этого имеет место достаточно явное проявление тенденции к глобализации экономики с принципиально иными требованиями к субъектам экономики и деятельности по управлению экономическими и социальными процессами. Поэтому закономерно, что необходимо изменять, совершенствовать взгляды на национальную систему стандартизации, рассматривать новые подходы к национальной системе стандартизации исходя из рыночной экономики. Национальная система стандартизации должна подстроиться под происходящие изменения в экономическом механизме страны, адекватно реагировать на общественные запросы.

В этих целях был разработан Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Вместе с тем следует иметь в виду, что законодательство о техническом регулировании не ограничивается только этим законом, в настоящее время имеются более сотни действующих федеральных законов, регулирующих отношения в связанных сферах. В первую очередь, следует отметить Гражданский кодекс РФ, законы «О защите прав потребителей», «О поставках продукции для федеральных государственных нужд», «Об информации, информатизации и защите информации», а также «Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации», «Соглашение о принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены или использованы на колесных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний (Женевское соглашение, 1958 г.)» и др.

Федеральный закон «О техническом регулировании» является стратегическим, поскольку из него вытекают все дальнейшие действия по нормативно-техническому обеспечению создания и эксплуатации продукции. Он является важнейшей составной частью механизма, с использованием которого осуществляется реформирование всей системы технического регулирования.

Данный закон, как известно, регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии и применении обязательных и добровольных требований к продукции и процессам ее создания и эксплуатации, а также при оценке соответствия продукции предъявленным требованиям. Закон определяет основные принципы осуществления технического регулирования, а именно:

- применение единых правил установления требований к продукции;
- соответствие технического регулирования уровням развития национальной экономики и материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития;
- независимость органов по аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей;
- единая система и правила аккредитации;
- единство правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия;
- единство применения требований технических регламентов независимо от видов или особенностей сделок;
- недопустимость ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;
- недопустимость совмещения полномочий органа государственного контроля и надзора и органа по сертификации;
- недопустимость совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию;
- недопустимость внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

Обязательные требования, содержащиеся в государственных стандартах, законом предлагается вынести в сферу технического законодательства, а именно в федеральные законы. Это придает, с одной стороны, большую весомость принятым техническим требованиям, а с другой стороны, способно предостеречь от принятия федеральными органами исполнительной власти субъективных и зачастую необоснованно жестких решений. К обязательным требованиям в законе относятся только требования к безопасности продукции и процессов, что не может быть приемлемо для оборонной продукции, поскольку за рамками остаются вопросы совместимости, взаимозаменяемости и унификации продукции, гарантированного технического уровня продукции и др.

В настоящее время в государственных стандартах одновременно присутствуют как обязательные, так и добровольные требования. В этой связи и возникла задача создания двухуровневой структуры нормативно-правовых и нормативно-технических документов: на верхнем уровне — технические регламенты, на нижнем

уровне — гармонизированные с техническими регламентами добровольные стандарты.

Добровольные в применении национальные стандарты призваны помочь производителю правильно понять и выполнить требования технических регламентов, т. е. добровольные стандарты являются поддержкой для обеспечения выполнения требований документов обязательных — регламентов. Такова международная практика, основанная на директивах Европейского Союза, которые, которые, как известно, вводятся через национальные законодательные акты. Директивы нового подхода предоставляют производителю выбор путей выполнения требований технических регламентов.

Добровольные стандарты помогают производителям правильно трактовать обязательные требования технических регламентов, задают методы их выполнения. Стандарты не обязательны, но если их требования исполняются, то тем самым обеспечивается выполнение соответствующего технического регламента (федерального закона) и производитель (поставщик) действует в рамках закона. В том случае, если производитель отказывается применять добровольный стандарт, то он должен доказать государственным контролирующим органам соответствие данного изделия техническому регламенту.

При этом на стандарты ложится основная функциональная нагрузка по заданиям количественных требований к объектам и субъектам экономики и социальной сферы. Действующие в стране стандарты являются одним из объективных критериев уровня развития национальной экономики и ее места в системе международного разделения труда.

Определение понятия «стандартизация» уточняется в процессе развития человеческого общества.

В Российской Федерации определение стандартизации дано на законодательном уровне. В ст. 2 Федерального закона «О техническом регулировании» приведено, что «стандартизация — это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг».

Согласно данному закону в качестве важнейших результатов деятельности по стандартизации должны рассматриваться повышение степени соответствия продукции, процессов и услуг их функциональному назначению, устранение барьеров в торговле и содействие научно-техническому и экономическому сотрудничеству.

Стандартизация осуществляется в целях:

- повышения уровня безопасности жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государствен-

ного или муниципального имущества, экологической безопасности, безопасности жизни или здоровья животных и растений и содействия соблюдению требований технических регламентов;

- повышения уровня безопасности объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

- обеспечения научно-технического прогресса;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг;
- рационального использования ресурсов;
- технической и информационной совместимости;
- сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных;
- взаимозаменяемости продукции.

Цели деятельности по стандартизации определяют принципы, функции, структуру построения и взаимодействие с внешней средой национальной системы стандартизации.

Основные принципы стандартизации, обеспечивающие достижение установленных целей и задач ее развития в Российской Федерации, учитывают принципы, провозглашенные международными и региональными организациями по стандартизации, а также национальными органами по стандартизации промышленно развитых стран, и заключаются:

- в добровольности применения национальных стандартов;
- максимальном учете при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;

- применении международных стандартов как основы разработки национальных стандартов, за исключением случаев, когда такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям Российской Федерации, техническим и (или) технологическим различиям или по иным основаниям, либо Российская Федерация в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения;

- недопустимости создания препятствий для производства и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации, указанных в ст. 11 Федерального закона «О техническом регулировании»;

- недопустимости установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам;

- обеспечении условий для единообразного применения стандартов;

- открытости процессов разработки стандартов;

- обеспечении права участия всех заинтересованных лиц в разработке стандартов;

- доступности стандартов и информации о них для пользователей;
- общем согласии (консенсусе) при принятии стандартов;
- целесообразности разработки стандартов;
- однозначности понимания требований, излагаемых в стандартах, всеми заинтересованными сторонами и пользователями стандартов;
- прогрессивности и оптимальности требований, включаемых в стандарты;
- преемственность стандартов;
- комплексности.

Рассмотрим содержание указанных принципов национальной стандартизации.

Добровольность применения российских национальных стандартов. Российский национальный стандарт в соответствии с действующим законодательством применяется на добровольной основе равным образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг, видов или особенностей сделок и (или) лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

Вызывает интерес вопрос о том, в каких случаях исполнение национального стандарта является обязательным? Здесь следует различать добровольность решения об использовании стандарта и обязательность соблюдения стандарта в случае принятия решения о его применении. Ответ достаточно прост: стандарт обязателен, если производитель продукции (услуги) сам заявил о применении этого стандарта путем ссылки на него в конструкторской или эксплуатационной документации. Действительно, если поставщик принял решение об использовании стандарта и зафиксировал это решение путем ссылок в конструкторской и (или) эксплуатационной документации, то Гражданский кодекс и Федеральный закон «О защите прав потребителей» требуют соблюдения заявленных стандартов.

Другим вариантом обязательности стандарта служит упоминание об этом в договоре на поставку продукции между поставщиком и заказчиком продукции (услуги).

Одновременно следует указать, что являются обязательными для применения, разработанные до введения в действие Федерального закона «О техническом регулировании» (01.07.2003), государственные стандарты, устанавливающие требования по безопасности и предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей. Обязательность применения таких стандартов прекращается после введения в действие соответствующих технических регламентов или истечению семилетнего переходного пери-

ода по внедрению Федерального закона «О техническом регулировании».

Гармонизация требований российских национальных стандартов с международными и региональными стандартами. Международные стандарты широко применяются на региональном и национальном уровне, используются изготовителями, торговыми организациями, страховыми компаниями, покупателями и потребителями, испытательными лабораториями, органами по сертификации и другими заинтересованными сторонами. Поскольку международные стандарты обычно отражают передовой опыт промышленных предприятий, результаты научных исследований, требования потребителей и государственных органов и представляют собой правила, общие принципы или характеристики для большинства стран, то они являются одним из важных условий, обеспечивающих устранение технических барьеров в торговле.

Соответствие российских национальных стандартов международным, европейским и национальным стандартам промышленно развитых стран позволит обеспечить взаимозаменяемость продукции, процессов и услуг, взаимное понимание результатов испытаний или информации, представляемой в соответствии с этими стандартами.

Открытость процессов разработки стандартов. Открытость процессов разработки российских национальных стандартов должна обеспечиваться на всех стадиях, начиная от планирования до принятия. Это достигается:

- публикацией программы разработки российских национальных стандартов и уведомлений об их разработке;
- публичностью обсуждения проектов российских национальных стандартов;
- единством и непротиворечивостью правил разработки и утверждения российских национальных стандартов с обязательной экспертизой всех проектов стандартов в технических комитетах по стандартизации. Обеспечение права участия всех заинтересованных сторон в разработке стандартов. Разработка стандартов должна выполняться открыто с участием и (или) под руководством технических комитетов по стандартизации, объединяющими на добровольной основе все юридические и (или) физические лица, заинтересованные в стандартизации того или иного объекта. Доступность стандартов и информации о них для пользователей. Официальная информация о разрабатываемых и утвержденных российских национальных стандартах, а также сами стандарты должны быть доступны для пользователей. Достижимое согласие (консенсус) при разработке стандартов. Российские национальные стандарты должны утверждаться при отсутствии серьезных возражений по существенным вопросам у большинства заинтересованных сторон, т. е. при достижимого согласия (консенсу-

се). Это достигается в результате процедуры, при которой учитываются мнения всех сторон и сближаются несовпадающие точки зрения. При этом принимаются во внимание все критические замечания, участвующие стороны равноправны.

Целесообразность разработки стандарта. Целесообразность разработки российского национального стандарта определяется его социальной, экономической и технической необходимостью и приемлемостью при применении. При этом до принятия решения о разработке российского национального стандарта должна быть оценена возможность непосредственного внедрения в стране действующего международного или регионального стандарта, распространяющихся на соответствующий объект стандартизации. Практически разработка оригинальных российских национальных стандартов должна осуществляться в тех случаях, когда отсутствуют соответствующие международные или региональные стандарты или их требования противоречат законодательству Российской Федерации и потребностям национальной экономики.

В российских национальных стандартах должны устанавливаться только необходимые требования, ориентированные на общую выгоду, так как стандартизация — не самоцель.

Однозначность понимания требований, излагаемых в стандартах, всеми заинтересованными сторонами и пользователями стандартов. Изложение стандартов должно быть четким и ясным в целях обеспечения однозначного понимания их требований:

- содержание разрабатываемых стандартов не должно повторять и противоречить требованиям взаимосвязанных с ними действующих стандартов;
- при выборе метода ссылки на другие стандарты должны быть учтены возможности изменения, пересмотра и отмены ссылочных стандартов;
- принимаемые стандарты должны быть пригодны для оценки соответствия, в том числе для сертификации.

Прогрессивность и оптимальность требований, включаемых в стандарты. Требования российских национальных стандартов должны устанавливаться на основе использования современных достижений науки, технологии и практического опыта, на основе последних редакций международных стандартов или их проектов и обеспечивать оптимальную степень упорядочения и максимально возможную эффективность в определенной области, не сдерживая инициативу пользователей стандартов в освоении новых видов продукции, процессов и услуг.

Преимственность в национальной системе стандартизации Российской Федерации стандартов, разработанных ранее в Советском Союзе.

В настоящее время действует более 21 тыс. государственных и 47 тыс. отраслевых стандартов СССР. В них воплощен опыт и науч-

но-технические достижения многих поколений отечественных ученых и специалистов.

Научно-технический потенциал существующих стандартов является национальным достоянием отечественной инженерной мысли. Они могут и должны использоваться при разработке и производстве продукции, при проведении научных исследований, в системе образования и в других областях.

В работах по стандартизации в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» участвуют следующие субъекты:

- федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию;
- другие федеральные и иные органы исполнительной власти;
- национальный орган Российской Федерации по стандартизации (в настоящее время — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии);
- субъекты хозяйственной деятельности и их объединения;
- технические комитеты по стандартизации;
- иные общественные и научные организации;
- заинтересованные физические лица.

Федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию осуществляет управление стандартизацией на федеральном уровне и ее взаимосвязь с техническими регламентами.

Национальный орган по стандартизации координирует деятельность в области стандартизации всех заинтересованных в ее результатах сторон, а также создает технический комитет (ТК) и осуществляет методическое руководство ими, утверждает и публикует национальные стандарты, обеспечивает соответствие национальных стандартов интересам российской экономике, участвует в разработке международных стандартов и обеспечивает учет интересов России при их принятии, представляет Российскую Федерацию в международных организациях по стандартизации.

Технические комитеты по стандартизации создаются для организации и осуществления работ по стандартизации определенных видов продукции, технологии, услуг. В состав ТК на паритетных началах включаются представители федеральных органов исполнительной власти научных и общественных организаций, объединений предпринимателей и потребителей.

Развитие работ по стандартизации в стране осуществляется на следующих уровнях:

- международном — в рамках Международной организации по стандартизации (ИСО) и Международной электротехнической комиссии (МЭК) и других занимающихся стандартизацией международных организаций, членами которых является Российская Федерация;

- региональном — в рамках Евразийского совета по стандартизации, метрологии и сертификации и Всемирного форума по согласованию правил в области транспортных средств Комитета по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН;

- национальном;
- организаций.

На международном уровне Российская Федерация участвует в проведении работ по разработке проектов международных стандартов или анализирует их научно-технический уровень, определяет свою позицию при голосовании по принимаемым стандартам ИСО и МЭК.

Процесс разработки стандартов включает в себя несколько этапов, начиная с мониторинга существующих стандартов и до утверждения и публикации нового стандарта. Процедуры ИСО и МЭК определяются Директивами ИСО/МЭК, ч. I, II.

На региональном уровне ведется разработка и принятие межгосударственных стандартов, анализ проектов и изменений к Правилам ЕЭК ООН, присоединение к новым Правилам ЕЭК ООН.

На национальном уровне стандартизации осуществляются:

- обеспечение реализации государственной политики в области стандартизации;
- совершенствование деятельности в области стандартизации;
- развитие и совершенствование системы технических комитетов по стандартизации;
- формирование программы разработки российских национальных стандартов, координация ее реализации, организация их разработки;
- рассмотрение и утверждение программ работ по стандартизации конкретных видов (групп) продукции, подготовленных различными организациями (объединениями);
- установление порядка разработки, оформления, утверждения, издания, пересмотра, внесения изменений и отмены российских национальных стандартов, требований к их обозначению;
- проведение работ по гармонизации разрабатываемых российских национальных стандартов с международными (региональными) стандартами;
- рассмотрение предложений по принятию международных (региональных) стандартов в качестве российских национальных стандартов;
- разработка, экспертиза, утверждение, пересмотр, внесение изменений и отмена российских национальных стандартов, межгосударственных стандартов и общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации;
- издание, распространение российских национальных стандартов и введение в действие в Российской Федерации межгосу-

дарственных стандартов, а также обеспечение пользователей информацией о них;

- формирование и ведение Федерального информационного фонда технических регламентов и стандартов;
- предоставление информационных услуг в области стандартизации.

На уровне организаций осуществляются:

- подготовка предложений по разработке российских национальных стандартов, межгосударственных стандартов или принятию международных (региональных) стандартов в качестве российских национальных стандартов;
- организация применения российских национальных стандартов и действующих в России в этом качестве межгосударственных стандартов;
- подготовка замечаний и предложений по проектам международных и межгосударственных стандартов;
- разработка, утверждение, пересмотр, внесение изменений и отмена стандартов организаций, установление особенностей их разработки;
- проведение работ по унификации и рациональному сокращению номенклатуры применяемых материалов и (или) комплектующих изделий;
- формирование и ведение в организации информационных фондов нормативных документов.

Рассмотрим возможные трактовки понятия «национальная система стандартизации».

Федеральным законом «О техническом регулировании» определено, что национальная система стандартизации состоит из национальных стандартов, общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации и правил их разработки и применения.

Вместе с тем, основываясь на методе системного анализа, национальную систему стандартизации можно трактовать в более широком смысле как организационно-техническую систему, состоящую из органов и служб стандартизации, фондов нормативных документов по стандартизации, правил и методов проведения работ, автоматизированных банков данных, технических средств и каналов связи, обеспечивающую на основе использования принципов системности и комплексности, эффективное проведение работ по стандартизации в стране и при международном сотрудничестве в области стандартизации.

Контрольные вопросы

1. Какие законодательные акты формируют основу стандартизации в Российской Федерации?

2. Какие принципы технического регулирования определены Федеральным законом «О техническом регулировании»?
3. Что означает принцип добровольного применения стандартов?
4. Дайте определение понятия «стандартизация».
5. На каких уровнях ведутся работы по стандартизации в Российской Федерации?
6. Какие требования стандартов являются обязательными?

2.3. Документы в области стандартизации

Федеральным законом «О техническом регулировании» определено, что национальная система стандартизации состоит из национальных стандартов, общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации и правил их разработки и применения. К документам по стандартизации в Российской Федерации относятся:

- технические регламенты;
- российские национальные стандарты (ГОСТ Р);
- правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации (ПР, Р, РМГ);
- применяемые в установленном порядке общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации (ОКТЭ и СИ);
- стандарты организаций (СТО).

Кроме этого в настоящее время действуют межгосударственные стандарты (ГОСТ), стандарты предприятий (СТП), стандарты отраслей, технические условия (ТУ) и некоторые другие нормативные документы.

Виды стандартов, действующих в Российской Федерации, имеют следующую классификацию:

- основополагающие стандарты;
- стандарты на термины и определения;
- стандарты на продукцию;
- стандарты на процессы;
- стандарты на услуги;
- стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа, определения);
- стандарты на совместимость;
- стандарты на номенклатуру показателей.

Технический регламент — документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации или постановлением Правительства Российской Федерации, и устанавливает обязательные для применения

и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Национальный стандарт (ГОСТ Р) — это нормативный документ, утвержденный национальным органом Российской Федерации по стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг, требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения

Общероссийские классификаторы (ОК) технико-экономической и социальной информации — это нормативные документы, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и т.п.) и являющиеся обязательными для применения при создании государственных информационных систем и информационных ресурсов и межведомственном обмене информацией.

Правила по стандартизации (ПР) представляют собой нормативный документ по стандартизации, содержащий типовые организационно-технические и (или) общетехнические правила, общие принципы, характеристики, нормы, соблюдения которых является добровольным при выполнении производственных процессов определенного вида в сфере стандартизации. Правила по стандартизации могут касаться порядка согласования нормативных документов, представления информации о принятых стандартах отраслей, обществ, создания службы по стандартизации на предприятии и др.

Рекомендации по стандартизации (Р) разрабатывают на конкретные процессы и их элементы, связанные с решением задач организации, координации и выполнения работ по стандартизации, сертификации, аккредитации, метрологии и каталогизации.

Стандарты организаций разрабатываются для совершенствования производства и обеспечения качества выпускаемой ими продукции, выполнения работ, оказания услуг, а также для распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок. При этом под термином «организация» рассматриваются все возможные ее организационно-правовые формы, установленные Гражданским кодексом РФ (федеральное государственное унитарное предприятие, муниципальное государственное унитарное предприятие, государственное учреждение, акционерное общество, общество с ограниченной ответственностью, автономная некоммерческая организация, фонд, ассоциация, союз и др.).

В целях реализации принципа комплексности действующий в нашей стране фонд национальных стандартов включает в себя ряд комплексов и систем стандартов. *Комплекс (система) стандартов* — это совокупность взаимосвязанных национальных стандартов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные, преимущественно основополагающие организационно-технические и общетехнические требования к взаимосвязанным объектам стандартизации.

Комплекс национальных стандартов, являясь объединением большого количества стандартов, содержит положения, направленные на то, чтобы стандарты, применяемые на разных уровнях управления, не противоречили друг другу, обеспечивали достижение общей цели и выполнение взаимоувязанных требований к продукции и процессам, а также и рекомендациям по их выполнению.

В настоящее время действует 25 систем и комплексов общетехнических стандартов, подавляющее большинство из которых являются межгосударственными.

В состав систем и комплексов общетехнических стандартов входят:

- Единая система конструкторской документации (ЕСКД);
- Единая система технологической документации (ЕСТД);
- Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ);
- Единая система программной документации (ЕСПД);
- Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП);
- Комплексная система контроля качества (КСКК) и др.

Рассмотрим коротко принципы создания, структуру, содержание и обозначение двух основных общетехнических систем стандартов.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД). ЕСКД представляет собой комплекс межгосударственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные единые правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторских документов, разрабатываемых организациями и предприятиями. Эти единые правила распространяются на все виды конструкторских документов, учетно-регистрационную, нормативно-техническую и технологическую документацию, а также научно-техническую и учебную литературу.

ЕСКД состоит из 158 межгосударственных стандартов и 5 рекомендаций, которые соответствуют требованиям соответствующих стандартов ИСО и МЭК.

Весь комплекс действующих стандартов ЕСКД подразделяется на следующие группы.

Группа 0 «Общие положения». Основной стандарт этой группы ГОСТ 2.001—93 «ЕСКД. Общие положения» определяет целевое

назначение, области распространения, классификацию и обозначения стандартов, входящих в комплекс ЕСКД.

Группа 1 «Основные положения». ГОСТ 2.101—68 «ЕСКД. Виды изделий» определяет объекты проектирования и производства, являющиеся базой для установления структуры ЕСКД. Этот стандарт устанавливает виды изделий всех отраслей промышленности при выполнении конструкторской документации. Данный стандарт устанавливает возможность применения любого ранее разработанного конструкторского документа на конкретное изделие в составе других изделий без его переоформления. Понятия, изложенные в ГОСТ 2.101—68, положены в основу построения всей конструкторской документации; они определяют порядок ее обращения во всех сферах использования.

ГОСТ 2.102—68 «Виды и комплектность конструкторских документов» регламентирует номенклатуру конструкторских документов и дает возможность выбрать для разрабатываемого изделия минимальный комплект конструкторских документов в зависимости от его вида и стадии разработки.

ГОСТ 2.103—68 «ЕСКД. Стадии разработки» устанавливает стадии разработки конструкторской документации, единственную терминологию, требования к содержанию и оптимальному объему работ, выполняемых на каждой стадии.

В развитие данного стандарта разработаны три стандарта: ГОСТ 2.118—73 «ЕСКД. Техническое предложение», ГОСТ 2.119—73 «ЕСКД. Эскизный проект», ГОСТ 2.120—73 «ЕСКД. Технический проект».

Эти стандарты способствовали совершенствованию организации конструкторских работ на проектных стадиях, значительно повысили производительность труда разработчиков, улучшили качественные и технико-экономические показатели выпускаемых изделий.

ГОСТ 2.105—95 «ЕСКД. Общие требования к конструкторским документам», ГОСТ 2.106—96 «ЕСКД. Текстовые документы», ГОСТ 2.114—95 «ЕСКД. Технические условия. Правила построения, изложения и оформления» устанавливают требования к выполнению текстовых документов на изделия и правила их выполнения.

Группа 2 «Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах». Состоит из одного стандарта ГОСТ 2.201—80 «ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов». Этот стандарт устанавливает единую обезличенную классификационную систему обозначения изделий машиностроения и приборостроения основного и вспомогательного производства, составных частей изделий и их конструкторских документов всех отраслей промышленности на всех стадиях жизненного цикла.

Группа 3 «Общие правила выполнения чертежей». Состоит из 21 стандарта. Например, ГОСТ 2.301—68 «ЕСКД. Форматы» установ-

ливаает форматы листов чертежей и других конструкторских документов всех отраслей промышленности.

Другие стандарты этой группы также устанавливают единые для всех отраслей промышленности требования к масштабам изображений, линиям, чертежным шрифтам и другим элементам чертежей и общим правилам их оформления.

Группа 4 «Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения». Она включает в себя около 30 стандартов, устанавливающих правила выполнения наиболее широко применяемых в этих отраслях деталей и изделий.

Группа 5 «Правила обращения конструкторских документов». Содержание стандартов данной группы достаточно полно характеризуется наименованиями стандартов в нее входящих, а именно: ГОСТ 2.501—88 «ЕСКД. Правила учета и хранения», ГОСТ 2.502—68 «ЕСКД. Правила дублирования», ГОСТ 2.503—90 «ЕСКД. Правила внесения изменений» и др.

Группа 6 «Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации». Она включает в себя восемь государственных стандартов. Эти стандарты устанавливают:

- общие требования к эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.602—95);
- правила внесения изменений в эту документацию (ГОСТ 2.603—68) и др.

Группа 7 «Правила выполнения схем». Состоит из 68 государственных стандартов, которые устанавливают:

- общие требования к выполнению электрических, гидравлических, кинематических, пневматических схем (ГОСТ 2.701—84);
- условные обозначения для схем (ГОСТ 2.721—74 — обозначения электрических элементов).

Группа 8 «Правила выполнения документов строительных и судостроения». Состоит из государственных стандартов, содержащих макетный метод проектирования и горную графическую документацию. Обозначения стандартов ЕСКД построены по следующей схеме. Номер каждого из них состоит из цифры 2, присвоенной классу стандартов ЕСКД, цифры (после точки), обозначающей классификационную группу стандартов (из числа перечисленных выше), двухзначной цифры, определяющей порядковый номер стандарта в данной группе, и двухзначной цифры (после тире) указывающей год регистрации стандарта.

Пример обозначения ГОСТ 2.503—90 «Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений» показан на рис. 2.1.

Единая система технологической документации (ЕСТД). Основной целью разработки Единой системы технологической документации, начатой в 1965 г., было снижение затрат на разработку технологических процессов, однако опыт показал, что получен и

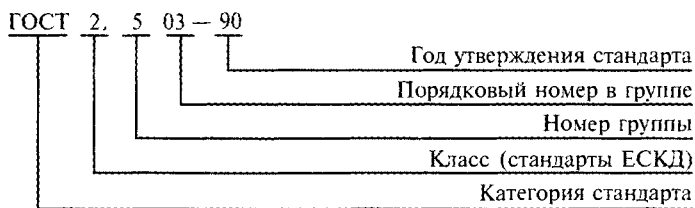


Рис. 2.1. Обозначение ГОСТ 2,503—90 «Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений»

более существенный эффект — расширилось применение типовых технологических процессов, что привело к снижению себестоимости и повышению качества продукции.

Для достижения указанной цели разработана большая группа государственных стандартов (более 50). В основу разработки и совершенствования ЕСТД положены следующие принципы:

- обеспечение преемственности основных положений ЕСКД;
- возможность изготовления и обработки технологических документов средствами организационной и вычислительной техники;
- удобство использования технологических документов в условиях функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами, робототехнических комплексов и гибких производственных систем;
- блочно-модульное построение документов, предусматривающее их образование из типовых информационных модулей, соответствующих строкам (или группам строк) формы документа;
- уменьшение объема технологических документов без ущерба для содержания;
- создание единой процедуры утверждения и изменения технологических документов;
- расширение использования типовых технологических процессов, в документацию на которые включается постоянная информация, единая для всей группы изделий рассматриваемого типа.

ЕСТД устанавливает правила оформления: комплектов технологической документации на изделия, комплектов технологических документов на процессы и операции с учетом применяемых методов и видов, отдельных видов вспомогательных технологических документов и др.

Стандарты ЕСТД подразделяются на десять групп, одна из которых является резервной.

Группа 0 «Общие положения ЕСТД». ГОСТ 3.1001—81 «ЕСТД. Общие положения» распространяется на все изделия машиностроения и приборостроения. В стандарте даны определения и назначение СТД, установлена область распространения стандартов ЕСТД, введены рассмотренные ранее классификация и обозначение

ние этих стандартов, установлен порядок их учета, хранения и нормоконтроля.

Группа 1 «Основополагающие стандарты ЕСТД». Она включает в себя государственные стандарты, устанавливающие стадии разработки технологической документации, основные надписи, общие требования к формам, бланкам и документам, правила оформления документов общего назначения, комплектность документов, термины и определения основных понятий, правила оформления документов, применяемых при автоматизированном проектировании технологических процессов, правила учета, хранения и внесения изменений и т.д.

Группа 2 «Система обозначений технологических документов». Она содержит один стандарт ГОСТ 3.1201—85 «ЕСТД. Система обозначения технологической документации», создающий условия для упрощения хранения и поиска необходимых документов, их передачи на другие предприятия без последующего оформления и т.д.

Группа 3 «Методы расчета применяемости деталей и учета применяемости технологической документации». Она устанавливает соответствующие методы.

Группа 4 «Правила оформления технологических документов на различные виды работ». Она включает в себя стандарты, устанавливающие правила оформления документов на различные технологические процессы (на литье, ковку и штамповку, механическую обработку).

Группа 5 «Правила оформления технологических документов на испытания и контроль выпускаемых изделий». Она состоит из стандартов, определяющих правила оформления документов на технический контроль и технологические испытания.

Группа 6 «Правила оформления документов, применяемых в вспомогательном производстве». Состоит из стандартов, устанавливающих правила оформления документов, используемых в ремонтных и инструментальных цехах, и документов на процессы перемещения.

Группа 7 «Правила записи технологических операций». Она содержит стандарты, устанавливающие правила записи технологических операций и переходов для основных видов работ машиностроительного производства.

Группа 9 «Правила подготовки нормативной и справочной информации, используемой в АСУ». Состоит из одного стандарта ГОСТ 3.1901—74 «ЕСТД. Состав нормативно-справочной информации, переносимой на машинные носители».

Обозначения стандартов ЕСТД строятся по следующей схеме. Номер каждого из них состоит из цифры 3, присвоенной классу стандартов ЕСКД, цифры (после точки), обозначающей подкласс, классификационную группу стандартов (из числа перечисленных

выше), двухзначной цифры, определяющей порядковый номер стандарта в данной группе, и двухзначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта.

Пример обозначения ГОСТ 3.1103—82 «Единая система технологической документации. Основные надписи» показан на рис. 2.2.

Единая система технологической подготовки производства. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) определена как установленная национальными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

ЕСТПП регламентирует общий порядок подготовки производства к выпуску изделий машиностроения, приборостроения и средств автоматизации. Специфические требования к технологической подготовке единичного, мелкосерийного, серийного, крупносерийного и массового производства устанавливаются отраслевыми стандартами, разрабатываемыми на основе государственных стандартов ЕСТПП.

ЕСТПП способствует решению задач, группируемых по следующим основным функциям:

- обеспечение при конструировании изделия его рациональной технологичности изготовления;
- разработка технологических процессов производства;
- проектирование и изготовление средств технологического оснащения (в первую очередь унифицированных технологических приспособлений);
- организация и управление процессом технологической подготовки производства.

Технологичной называют конструкцию изделия, которое обеспечивает по отношению к другим подобным изделиям повыше-

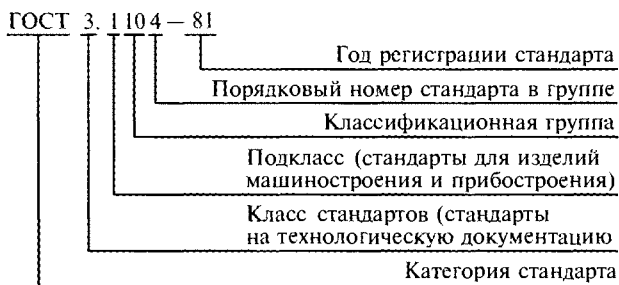


Рис. 2.2. Обозначение стандарта ЕСТД

ние производительности труда и снижение затрат при его изготовлении, проектировании, технологической подготовке производства, техническом обслуживании и ремонте при соблюдении заданного уровня его качества. При разработке технологических процессов стремятся к выбору из числа известных или к разработке новых процессов, повышающих качество изделий и (или) снижающих трудоемкость их изготовления.

ЕСТПП создает основу для широкого применения типовых технологических процессов при изготовлении близких по конструкции групп деталей. На отдельных заводах по типовым технологическим процессам изготавливается до 85 % деталей, что приводит, в частности, к сокращению сроков подготовки производства выпускаемых изделий до 2,5 раз.

Стандарты ЕСТПП классифицируются на следующие группы.

Группа 0. Общие положения.

Группа 1. Правила организации и управления процессом технологической подготовки производства.

Группа 2. Правила обеспечения технологичности конструкции изделий.

Группа 3. Правила разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения.

Группа 4. Правила применения технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ.

Группа 5. Прочие стандарты.

ЕСТПП охватывает фактически и ЕСТД, но ее принципиальная особенность заключается в том, что впервые создана единая технологическая система, объединяющая следующие важнейшие этапы:

- 1) унификация изделий;
- 2) разработка типовых технологических процессов;
- 3) разработка переналаживаемых средств технологического оснащения;
- 4) автоматизация производственных процессов инженерного труда.

Важность ЕСТПП определяется тем, что общая трудоемкость технологической подготовки производства достигает 15 % в суммарной трудоемкости выпускаемой продукции, ее доля в этих затратах постоянно возрастает. Средняя продолжительность цикла технологической подготовки производства вновь осваиваемого изделия составляет 8—10 месяцев.

Внедрение ЕСТПП повышает производительность труда в серийном производстве до 30 %, в массовом — до 15 % и сокращает в 2—2,5 раза затраты на подготовку новых изделий.

Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК ТЭИ). Человек в процессе своей практической деятельности в любой сфере сталкивается с множеством разнообразных объектов, явлений, процессов, поня-

тий. При этом познавательная деятельность человека требует группирования рассматриваемых объектов по группировкам, элементы которых обладают требуемой степенью общности, т. е. классификации рассматриваемых объектов, явлений, процессов и понятий. Можно утверждать, что классификация есть отражение естественного стремления человека к единству и упорядочению окружающего его мира и лежит в основе его познания человеком.

Классификация является также одним из методов изучения природы исследуемых объектов путем их систематизации. Можно смело утверждать, что никакая наука не может развиваться без классификации наблюдаемых объектов и явлений.

Толковый словарь по информатике дает следующее определение классификации.

Классификация — это процесс распределения объектов (предметов, явлений, процессов, понятий) по классам (группировкам, множествам, подмножествам) в соответствии с определенными признаками.

В рамках классификации рассматриваются существенные признаки объектов. Объектами классификации могут быть:

- языковые конструкции, описывающие понятия или существенные признаки предметов, явлений или процессов;
- графические образы;
- математические символы и др.

Вводится понятие «глубина классификации». Классификация объектов тем глубже, чем больше существенных признаков объектов при этом используется.

Глубина классификации указывает в определенной мере на глубину человеческих познаний в данной предметной области, поскольку человек может выделить и формализовать существенные признаки объектов. Чем глубже глубина классификации, тем большее число подмножеств выделяется в процессе классификации. Отметим, что если этого не происходит, значит произошла ошибка в определении существенных признаков объектов. Большее количество выделенных классификационных группировок приводит к уменьшению вероятности отнесения одного объекта к двум и более классификационным группировкам.

Результаты классификации можно практически использовать только в том случае, если они переведены на язык символов, т. е. закодированы. Кодирование — это образование и присвоение кода классификационной группировке и (или) объекту классификации. Код — знак или совокупность знаков, принятых для обозначения классификационной группировки и (или) объекта классификации. При этом можно говорить о системе кодирования, которая представляет собой совокупность методов и правил кодирования классификационных группировок и объектов классификации заданного множества.

Каждое состояние существенного признака, используемое в системе классификации, кодируют одним или несколькими символами.

Алфавит кода — система знаков, принятых для образования кода.

Основание кода — число знаков в алфавите кода.

Буквенный алфавит кода — алфавит кода, знаками которого являются буквы алфавитов естественных языков.

В качестве буквенных кодов удобно использовать алфавиты: латинский, кириллицу и греческий, исключив из них символы, которые могут иметь двойное толкование. Например, из кириллицы исключаются буква «о», напоминающая цифру «ноль», буква «з», напоминающая цифру «три», буква «ч», напоминающая цифру «четыре».

Цифровой алфавит кода — алфавит кода, знаками которого являются цифры. Длина кода определяется числом знаков в коде. Разряд кода — это позиция знака в коде.

В зависимости от используемых символов различают цифровые, буквенные (алфавитные) и буквенно-цифровые (алфавитно-цифровые) системы кодирования.

В настоящее время в составе ЕСКК ТЭИ действуют 27 общероссийских классификаторов, в которых классифицируется продукция, основные фонды, страны, предприятия и организации, специальности, профессии, валюта, услуги, изделия и конструкторские документы, другие объекты технико-экономической и социальной информации. Значительная часть общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации построена на основе международных нормативных документов.

В табл. 2.2 приводится перечень общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации.

Кратко рассмотрим некоторые общероссийские классификаторы. Объектами общероссийского классификатора стандартов (ОКС) являются стандарты и другие нормативные документы по стандартизации. Данный классификатор, имеющий обозначение ОК 001-93, построен на базе международного классификатора ИСО/ИНФО МКС 001-96.

Пример записи позиций классификатора:

25	Машиностроение
25.80	Металлорежущие станки
25.80.10	Токарные станки

Объектами классификации в Общероссийском классификаторе услуг населению (ОКУН) являются услуги, оказываемы населению предприятиями, организациями и гражданами — индивидуалами в сферах бытового обслуживания, пассажирского транспорта и связи, культуры, туризма, спорта, образования и т. п. Классификатору присвоено обозначение ОК 002-93.

**Перечень общероссийских классификаторов технико-экономической
и социальной информации**

Полное наименование классификатора	Краткое наименование классификатора
Общероссийский классификатор стандартов	ОКС
Общероссийский классификатор услуг населению	ОКУН
Общероссийский классификатор информации по социальной защите населения	ОКИСЗН
Общероссийский классификатор продукции	ОКП
Общероссийский классификатор управленческой документации	ОКУД
Общероссийский классификатор конструкторской документации	ЕСКД
Общероссийский классификатор основных фондов	ОКОФ
Общероссийский классификатор основных валют	ОКВ
Общероссийский классификатор единиц измерения	ОКЕИ
Общероссийский классификатор информации о населении	ОКИН
Общероссийский классификатор деталей, изготавливаемых сваркой, пайкой, склеиванием и термической резкой	ОКД
Общероссийский технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения	ОТКД
Общероссийский технологический классификатор сборочных единиц машиностроения и приборостроения	ОТКСЕ
Общероссийский классификатор стран мира	ОКСМ
Общероссийский классификатор информации об общероссийских классификаторах	ОКО

Полное наименование классификатора	Краткое наименование классификатора
Общероссийский классификатор органов государственной власти и управления	ОКОГУ
Общероссийский классификатор объектов административно-территориального деления	ОКАТО
Общероссийский классификатор предприятий и организаций	ОКПО
Общероссийский классификатор форм собственности	ОКФС
Общероссийский классификатор организационно-правовых форм	ОКОПФ
Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, продукции и услуг	ОКДП
Общероссийский классификатор экономических регионов	ОКЭР
Общероссийский классификатор специальностей по образованию	ОКСО
Общероссийский классификатор специальностей высшей научной квалификации	ОКСВН
Общероссийский классификатор начального профессионального образования	ОКНПО
Общероссийский классификатор занятий	ОКЗ
Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов	ОКПДПР

Пример записи позиций классификатора:

0100002 Бытовые услуги

0110005 Ремонт, окраска, пошив обуви

0111009 Ремонт обуви

0111029 Изготовление и прикрепление ремешков, языков, удлинение ремешков и замена резинок

Объектами классификации в ОКДП являются виды экономической деятельности, осуществляемые во всех отраслях экономики: сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность, охота

и лесоводство и другие, а также продукция и услуги как результат экономической деятельности.

В составе ЕСКК ТЭИ значительное внимание уделено классификации продукции. Среди этих классификаторов особое место принадлежит Общероссийскому классификатору промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП), который отражает сложившееся общественное разделение труда и специализацию производства, систематизирует выпускаемую в стране товарную продукцию прежде всего по отраслевой его принадлежности в виде различных классификационных группировок и конкретных наименований продукции, выпускаемых по действующим нормативно-техническим документам.

ОКП представляет собой систематизированный свод кодов и наименований группировок продукции, построенных по иерархическому методу классификации.

Классификатор используется:

- при решении задач каталогизации гражданской продукции, включая разработку каталогов и систематизацию в них продукции по важнейшим технико-экономическим признакам;
- при сертификации продукции в соответствии с группами однородной продукции, построенными на основе группировок ОКП;
- для статистического анализа производства, реализации и использования продукции на макроэкономическом, региональном и отраслевом уровнях;
- для структурирования промышленно-экономической информации по видам выпускаемой предприятиями продукции в целях проведения маркетинговых исследований и осуществления снабженческо-сбытовых операций.

Контрольные вопросы

1. Что относится к документам по стандартизации?
2. Что такое система стандартов?
3. Какие основные системы стандартов вы знаете?
4. Что такое ЕСКД?
5. Сколько и каких групп включает в себя ЕСТД?
6. Что такое ЕСКК ТЭИ?
7. Какова структура обозначения стандартов, входящих в комплекс стандартов?

2.4. Основные функции и методы стандартизации

В современных условиях национальная система стандартизации Российской Федерации выполняет три основные функции: экономическую, социальную и коммуникативную.

Экономическая функция реализуется путем устранения технических барьеров в торговле, внедрении новой техники и технологии, конкурентоспособности отечественной продукции, снижении себестоимости, экономии материальных и энергетических ресурсов.

Социальная функция заключается в обеспечении безопасности продукции и услуг для жизни и здоровья населения, цивилизованного потребительского рынка, создании и применении социальных стандартов, в том числе по реабилитации инвалидов, содействию обороноспособности страны и занятости населения.

Коммуникативная функция реализуется путем обеспечения взаимопонимания специалистов на основе стандартизации терминов и определений, создания единого технического языка, информирования потребителя о свойствах продукции, правилах ее использования и применения и т. п.

Развитие стандартизации основывается на формировании, применении и совершенствовании научно-методических основ стандартизации:

- управление многообразием (путем классификации, кодирования, каталогизации и применения других методов);
- системный подход;
- программно-целевой метод;
- применение современных информационных технологий.

Системный подход является методологическим средством исследования взаимоувязанного множества объектов стандартизации на основании причинно-следственных отношений, обратных связей и целенаправленного развития.

Программно-целевой метод заключается в разработке и практической реализации комплексных целевых программ стандартизации по наиболее важным научно-техническим, экономическим и социальным проблемам.

Управление многообразием представляет собой научно-технический метод отбора, регламентации и создания оптимальной номенклатуры продукции и процессов. Управление многообразием является исходным методом стандартизации. Элементы этого метода: систематизация, селекция, сокращение (симплификация), унификация и типизация — являются основой для проведения работ по стандартизации на предприятии.

Современные тенденции развития средств вычислительной техники и расширения электронных форм коммуникаций требуют применения информационных технологий при создании автоматизированных баз данных по стандартизации, разработке стандартов, рассмотрении и голосовании по проектам стандартов в электронном формате через информационные сети, а также создания стандартов принципиально новой формы представления

информации — специализированных программ для персональных компьютеров.

Для выполнения целей стандартизации пользуются следующими методами. Метод (от гр. *methodos* — путь исследования, теория, учение) — это способ достижения какой-либо цели, или, другими словами, совокупность приемов решения конкретной задачи.

Метод опережающей стандартизации предусматривает разработку перспективных нормативных документов, учитывающих наиболее передовые научно-технические достижения.

Метод комплексной стандартизации является основным обеспечения стандартизации принципа взаимоувязанности стандартов.

Известно, что качество конечной продукции определяется качеством сырья, материалов, деталей, комплектующих изделий, совершенством методов расчета и проектирования, технологическими процессами, условиями сервисного обслуживания и многими другими факторами. В случае, если стандартизация охватывает все элементы жизненного цикла изделия, то она называется комплексной. Она обеспечивает взаимную увязку стандартов, условий характеристик исходя из требований, предъявляемых с учетом современного уровня развития науки и техники.

Все шире при стандартизации используется *метод систематизации и классификации*, имеющий целью упорядочить содержание или предпосылки к решению поставленной задачи. На основе этого метода, в частности, создаются комплексы (системы) общетехнических и организационно-методических стандартов. Например, Единая система технологической документации, ГОСТ 3.1107—81 «Единая система технологической документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения», ГОСТ 8.315—97 «Государственная система обеспечения единства измерений Стандартные образцы состава веществ и материалов. Основные положения» и др.

Специфичной в этих случаях является нумерация стандартов. Она включает в себя номер системы стандартов (в нашем случае 3 или 8), что позволяет без нарушения стройной системы, по мере необходимости, пополнять ее новыми стандартами.

Унификация — метод стандартизации, заключающийся в рациональном уменьшении типов, видов и размеров объектов одинакового назначения.

Научно-технический прогресс объективно приводит к неуклонному расширению типажа изготавливаемых изделий. По оценкам, приведенным в технической литературе, номенклатура изготавливаемых изделий за последние 10—15 лет увеличилась в 1,5—2 раза. Если не принимать специальных мер по организации рационального проектирования и изготовления, с точки зрения ми-

нимизации типажа изделий их серийность будет уменьшаться. В настоящее время она невелика. Так, при обследовании ведущих машиностроительных отраслей установлена следующая картина, явно подтверждающая тезис о неуклонном расширении разнообразия номенклатуры, производимых изделий (рис. 2.3).

Из приведенных данных следует, что только 19 % наименований изделий производится с серийностью более 1 000 штук в год; 19 % — от 100 до 1 000 штук в год; 20 % — от 10 до 100 штук в год; 42 % — единичные производства.

Повышение технического уровня и качества изделий машиностроения и приборостроения неразрывно связано с использованием новых прогрессивных комплектующих изделий и материалов, соответствующих высшим достижениям научно-технического прогресса. В связи с повышением требований к изделиям машиностроения происходит процесс их усложнения, растет число входящих в них типоразмеров комплектующих изделий и материалов. В этих условиях предприятия-поставщики ежегодно разрабатывают и предлагают к поставке новые виды комплектующих изделий и материалов с повышенными характеристиками. Наряду с применением вновь разработанных комплектующих изделий и материалов для обеспечения эксплуатации ранее спроектированных изделий производится большое количество запасных частей с использованием прежней элементной базы.

Эти факторы, а также недостаточный в ряде случаев уровень межпроектной унификации финальных изделий машиностроения и приборостроения обуславливают тенденцию к расширению применяемой номенклатуры комплектующих изделий и материалов.

В этих условиях одним из важнейших путей обеспечения все возрастающих темпов научно-технического прогресса является рациональное управление номенклатурой изделий, составных частей и материалов.

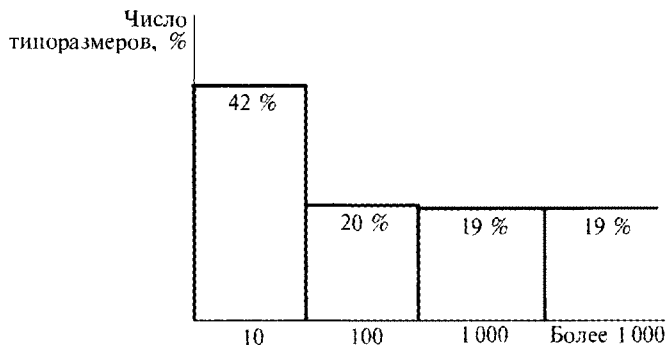


Рис. 2.3. Серийность выпуска изделий в стране за год, шт.

В зависимости от поставленных задач унификация изделий может проводиться применительно к следующим признакам:

- по назначению (применению);
- средствам обеспечения и обслуживания;
- агрегатам и узлам определенного функционального назначения;
- условиям производства;
- другим признакам.

Основными целями унификации являются:

- ускорение темпов научно-технического прогресса в промышленности за счет сокращения сроков разработки, подготовки производства, изготовления, проведения технического обслуживания и ремонта изделий;

- создание условий при проектировании и производстве для обеспечения высокого качества изделий и взаимозаменяемости их составных частей в эксплуатации;

- повышение экономической эффективности создания и эксплуатации изделий за счет снижения затрат в процессе проектирования изделий, изготовления их в условиях специализации производства и технического обслуживания;

- обеспечение требований безопасности страны.

Унификация проводится по следующим основным направлениям:

- использование во вновь проектируемых изделиях ранее спроектированных, освоенных в производстве составных частей (заимствование);

- заблаговременная разработка унифицированных составных частей для применения в нескольких новых разработках изделий;

- разработка базовых изделий и конструкций;

- разработка конструктивно-унифицированных рядов изделий;

- установление (ограничение) номенклатуры, разрешаемых к применению изделий и материалов (симплификация).

Наиболее простым с точки зрения реализации в организационном плане является заимствование.

Заимствование — это использование при проектировании какого-либо изделия деталей, узлов, агрегатов, которые ранее применялись в другом изделии. Заимствование может производиться как с предыдущих моделей данного изделия, так и с изделий другого функционального назначения. При этом следует удостовериться, что применение детали или составной части не противоречит требованиям нормативно-технической документации.

В практике конструирования различных изделий заимствование находит самое широкое применение, так позволяет осуществить преемственность конструкций, обеспечивает сокращение затрат на конструирование, подготовку производства и изготовление.

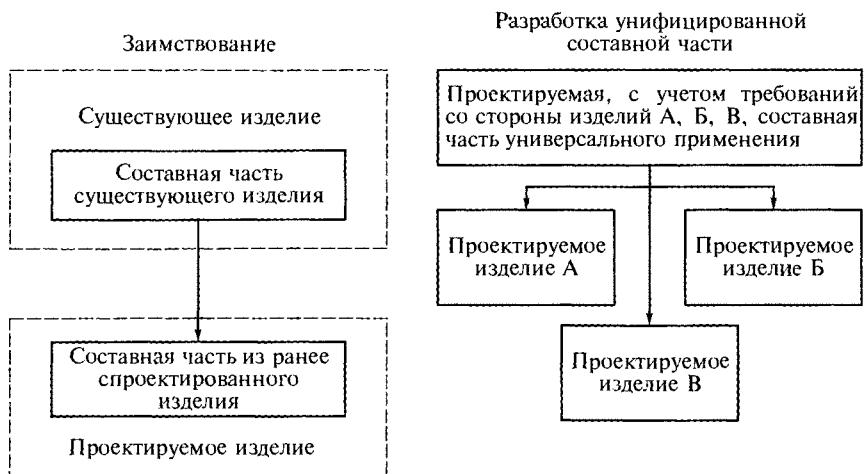


Рис. 2.4. Два направления унификации

Применение заимствованной составной части, как правило, обеспечивает необходимый уровень надежности, так как такая составная часть уже прошла испытания в эксплуатации в составе других изделий.

Другим направление унификации, как уже говорилось, является заблаговременная разработка унифицированных составных

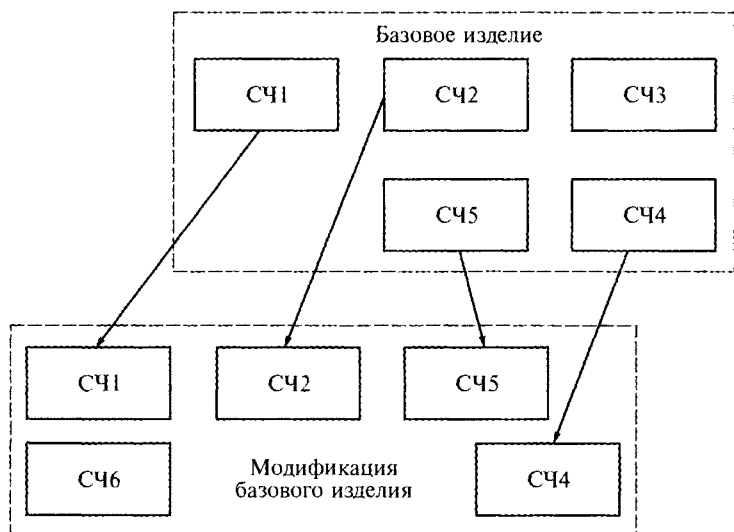


Рис. 2.5. Схема базового изделия:

СЧ1...СЧ5 — заимствуемые составные части базового изделия; СЧ6 — составная часть новой разработки

частей для применения в нескольких новых разработках изделий. Если унификация заимствование проводится при разработке одного конкретного изделия, то при разработке унифицированной составной части заранее определяется множество изделий, в которых будет использоваться унифицированная составная часть.

Разницу в осуществлении двух этих направлений унификации иллюстрирует рис. 2.4.

Разработка базовых изделий и конструкций является дальнейшим развитием рассмотренного направления унификации, а именно создания унифицированных составных частей. В данном случае создается не одна унифицированная составная часть для нескольких изделий, а сразу проектируется изделие в виде набора основных составных частей, «костяка» для нескольких будущих изделий.

Например, разрабатывается базовое шасси для нескольких будущих машин на которые устанавливаются различные модификации двигателей, кабин, навесного и другого оборудования в зависимости от конкретных задач, стоящих перед машиной. Различие базовой конструкции и базового изделия определяется тем, что базовая конструкция не может выполнять задачи потребителя без ее дополнения некоторыми другими составными частями, а базовое изделие способно выполнять такие задачи (рис. 2.5).

Методологию проведения унификации на основе разработки базовых конструкций иллюстрирует рис. 2.6.

Унификация изделий построением рядов — это построение оптимальных рядов изделий, соответствующих по своему назначению заменяемым неунифицированным изделиям (составным частям, деталям).

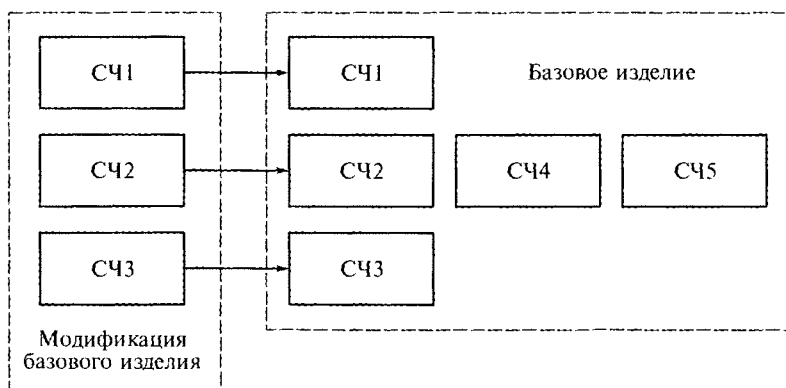


Рис. 2.6. Унификация на основе разработки базовых конструкций:

СЧ1 ... СЧ3 — заимствуемые составные части базового изделия; СЧ4, СЧ5 — составные части новой разработки

Унификация построением рядов изделий обычно завершается разработкой нормативно-технических документов: альбомов унифицированных конструкций или стандартов (государственных, отраслевых, предприятия).

Ограничительная унификация (симплификация) состоит в выявлении номенклатуры типоразмеров изделий данного типа, оптимальной для рассматриваемой предметной области применения этих изделий, из общей имеющейся номенклатуры изделий. Причем для замены ранее использовавшихся изделий могут быть применены все три рассмотренных направления работ по унификации. Симплификация проводится в масштабах предприятия, отрасли, нескольких отраслей промышленности на основе установления типоразмерных рядов, а также применения альбомов типовых конструкций изделий, каталогов и ограничительных перечней.

Следует сделать важное примечание. Унификация должна проводиться таким образом, чтобы на всех этапах жизненного цикла обеспечивался заданный технический уровень и качество изделия.

Унификация изделий может быть полной и частичной. При частичной унификации изделие унифицируется по нескольким параметрам. Например, все изготавливаемые зубчатые колеса имеют, как правило, стандартные значения модулей. Поэтому можно говорить, что зубчатые колеса унифицированы по модулю, числу зубьев и их виду.

Работы по унификации могут проводиться как в пределах одного проекта по созданию изделия, так и в пределах нескольких проектов. Соответственно и унификация носит названия: внутри-проектная или межпроектная.

Работы по унификации в зависимости от масштабов их проведения также подразделяются на следующие виды:

- межотраслевая (межведомственная) унификация;
- отраслевая (ведомственная) унификация;
- унификация на предприятии (объединении).

К *межотраслевой унификации* относится унификация изделий одинакового или близкого назначения, изготавливаемых или применяемых двумя и более отраслями промышленности (ведомствами).

К *отраслевой унификации* относится унификация изделий одного или близкого назначения, изготавливаемых или применяемых одной отраслью (ведомством).

К *унификации на предприятии* относится унификация изделий, изготавливаемых данным предприятием.

Номенклатуру изделий, подлежащих унификации, следует выбирать исходя из следующего:

- основные цели и задачи унификации;
- важность и перспективность изделий для экономики и требований обороны страны;

- годовые объемы и тип производства и потребления с учетом их экономических характеристик;
- характер распределения объемов производства и потребления по ведомствам;
- принятые обязанности страны на двухсторонней и многосторонней основе в связи с научно-технической и экономической интеграцией и международным разделением труда.

Оценка результатов работ по унификации включает в себя определение достигнутого уровня унификации изделия и технико-экономической эффективности.

Приведем некоторые определения использованных терминов.

Показатель унификации — количественная характеристика степени выполнения поставленной задачи по унификации.

Уровень унификации изделия — насыщенность изделия унифицированными составными частями.

Унифицированная составная часть — взаимозаменяемая составная часть двух или более изделий.

Типоразмер изделия — информационный образ изделия данного типа и исполнения с определенными значениями параметров.

Тип изделия — классификационная группировка изделий, сходных по назначению, принципам действия, конструктивному исполнению и составу характеристик (параметров).

Типоразмерный ряд — совокупность типоразмеров, числовые значения основных параметров которых находятся в параметрическом ряду.

Параметрический ряд — упорядоченная совокупность числовых значений параметра.

Достигнутые результаты в проведении унификации принято характеризовать следующими показателями: коэффициентом применяемости $K_{пр}$, коэффициентом повторяемости $K_{п}$, коэффициентом межпроектной унификации $K_{м.у}$.

Коэффициент применяемости $K_{пр}$ характеризует уровень конструктивной преемственности составных частей в разрабатываемом изделии и рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{пр} = \frac{n - n_0}{n} 100,$$

где n — общее число типоразмеров составных частей в изделии; n_0 — число оригинальных составных частей.

При расчете $K_{пр}$ по числу составных частей (в штуках), а также по стоимости, массе, трудоемкости изготовления в данную формулу вместо числа типоразмеров подставляется соответственно число составных частей (в штуках), их стоимость, трудоемкость изготовления, масса.

При расчете коэффициента применяемости $K_{пр}$ по стоимости в качестве стоимости составных частей, изготавливаемых на дан-

ном предприятии, используется заводская себестоимость, а для покупных составных частей — цена.

Коэффициент повторяемости $K_{\text{п}}$ характеризует уровень внутрипроектной унификации изделия, а также взаимозаменяемость составных частей внутри изделия и рассчитывается по формуле

$$K_{\text{п}} = \frac{N}{n},$$

где N — общее число составных частей в изделии; n — общее число типоразмеров составных частей в изделии.

Коэффициент межпроектной унификации $K_{\text{м.у}}$ характеризует уровень взаимной унификации группы изделий, а также степень сокращения номенклатуры составных частей в изделиях группы и рассчитывается в процентах.

К оригинальным при расчете коэффициента применимости $K_{\text{пр}}$ относятся составные части, разработанные впервые для данного изделия.

К стандартным относятся составные части, изготавливаемые и поставляемые по стандартам вида «Технические условия» или другим стандартам, на которые есть ссылка в спецификации конструкторской документации.

К покупным относятся составные части, не изготавливаемые на данном предприятии, а получаемые им в готовом виде, кроме получаемых в порядке кооперации.

К заимствованным относятся составные части, ранее разработанные как оригинальные для конкретного изделия и примененные в разрабатываемом изделии.

При определении показателей стандартизации и унификации в расчет не включают следующие виды деталей и составных частей: крепежные изделия; пробки и заглушки; детали соединения элементов трубопроводов и арматуры; электромонтажные детали; наконечники проводов; переключки: лампочки; прокладки; накладки; планки; обечайки; крючки; подвески; рым-болты; пломбы; кольца установочные, регулировочные, подкладные и другие детали исходя из специфики разрабатываемого изделия и целесообразности их унификации.

К объектам унификации в машиностроении относятся машины, оборудование, механизмы, их составные части, технологическая оснастка, технологические процессы, виды и марки материалов, методы контроля и испытаний и т. п.

Агрегатирование — метод создания машин, приборов и оборудования путем компоновки стандартных, унифицированных деталей, узлов и механизмов, имеющих одинаковые геометрические размеры и назначение.

Поясним сущность агрегатирования на следующем примере. Любой легковой автомобиль состоит из следующих основных аг-

регатив и систем: двигатель, шасси, кузов, трансмиссия, электрооборудование и др. Такая конструктивная общность позволила стандартизировать и унифицировать основные узлы, детали и организовать массовое или серийное производство автомобилей в виде конструктивного ряда автомобилей, состоящего из комбинации основных агрегатов и систем.

Агрегатирование позволяет сократить трудоемкость проектирования, изготовления и ремонта изделий, улучшить качество продукции, облегчить перестройку производства при переходе на выпуск новой продукции и освоении ее выпуска.

Одним из основных средств стандартизации является использование предпочтительных чисел. Предпочтительными их называют по сравнению с другими числами при установлении значений параметров и размеров машиностроительной продукции.

Значения главных и основных параметров изделий образуют ряды (параметрические ряды), которые строятся по определенной математической зависимости. Напомним, что главным параметром называют такой параметр из числа основных, который наиболее полно характеризует изделие, остается неизменным длительное время и может изменяться только при разработке более совершенных изделий. Например, для металлорежущих станков главными параметрами будут являться: габаритные размеры устанавливаемых заготовок, размеры рабочей поверхности стола, усилие, развиваемое рабочими органами станка, а основными — частота вращения или число двойных ходов в минуту, конструктивный вес станка и др. Для колесных и гусеничных тракторов главными параметрами являются: мощность, усилие, развиваемое рабочими органами, давление на грунт, удельный расход топлива, а основными — скорость движения, конструктивный вес, ширина колеи, вертикальный просвет и др.

Параметрические ряды образуют, например, размеры обуви и одежды, посадочные диаметры подшипников качения, грузоподъемность автомобилей, напряжения электрической сети, мощности электрических машин и т. п.

Наиболее целесообразными рядами предпочтительных чисел являются ряды, построенные по арифметическим или геометрическим прогрессиям. Ряды, построенные по арифметическим прогрессиям, представляют собой последовательность чисел, в которой разность d между любыми соседними числами a_j и a_{j-1} остается постоянной, т. е.

$$d = a_j - a_{j-1} = \text{const.}$$

Например, внутренние диаметры подшипников качения в интервале от 20 до 110 мм имеют следующие значения: 20, 25, 30, 35, ..., 100, 105, 110 мм, т. е. образуют арифметическую прогрессию с разностью $d = 5$.

Ряды предпочтительных чисел, построенных по геометрическим прогрессиям, имеют не постоянную разность d , а постоянное отношение каждого последующего члена a_j к предыдущему a_{j-1} . Это отношение носит название знаменателем геометрической прогрессии:

$$q_j = a_j/a_{j-1}.$$

Например, ряд чисел: 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16 ... образуют геометрическую прогрессию со знаменателем $q = 1,6$.

В 1877 г. французский инженер Шарль Ренар предложил использовать геометрическую прогрессию для установления размеров канатов, используемых для воздушных шаров. Предложенные им ряды чисел получили в дальнейшем название рядов Ренара. В них предпочтительные числа получают на основе геометрической прогрессии, i -й член которой определяется по формуле

$$a_i = \pm 10^{\frac{i}{R}},$$

где i — целое число в интервале от 0 до R ; $R = 5, 10, 20, 40, 80, 60$.

Различают следующие ряды предпочтительных чисел: основные, дополнительные, составные, приближенные, производные. Кроме того, устанавливаются еще специальные ряды.

В основном используют основные и дополнительные ряды предпочтительных чисел, обозначения которых представлены в табл. 2.3.

Ряды $R5, R10, R20, R40$ называются основными, а ряды $R80, R160$ — дополнительными. Они регламентированы ГОСТ 8032—84 и соответствуют рядам, установленным в международных стандартах ИСО.

Ряды предпочтительных чисел безграничны для увеличения и уменьшения. Числа больше 10 получают при умножении чисел,

Таблица 2.3

Ряды предпочтительных чисел

Обозначение ряда	Знаменатель геометрической прогрессии	Число членов в пределах ряда
$R5$	$\sqrt[5]{10} = 1,6$	5
$R10$	$\sqrt[10]{10} = 1,12$	10
$R20$	$\sqrt[20]{10} = 1,12$	20
$R40$	$\sqrt[40]{10} = 1,06$	40
$R80$	$\sqrt[80]{10} = 1,03$	80
$R160$	$\sqrt[160]{10} = 1,015$	160

установленных в интервале от 1 до 10 на 10, 100, 1 000 и т.д., а числа меньше 1 — при умножении на 0,1; 0,01; 0,001 и т.д. Например, ряд *R5* для интервала от 0,1 до 1 мм будет выглядеть: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1, а ряд *R10* для интервала от 100 до 1 000 мм будет выглядеть: 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000.

В общем случае при выборе чисел следует отдавать предпочтение ряду с меньшим порядковым номером. Например, ряд *R5* предпочтительнее ряда *R10*, ряд *R20* предпочтительнее ряда *R40* и т.д.

Во многих отраслях машиностроения (для металлорежущих станков, кузнечно-прессового оборудования, дизелей, строительно-дорожных машин и др.) преимущественно применяют параметрические ряды, основанные на рядах *R10*. Параметрические ряды узлов, комплектующих изделий и деталей экономичнее строить по более высоким рядам, например *R20*. Арифметические прогрессии применяют преимущественно для стандартизации крепежных изделий, подшипников качения, сортового проката и других деталей и узлов массового потребления.

Предпочтительные ряды чисел послужили основанием для разработки ГОСТ 6636—69 «Нормальные линейные размеры». В этом стандарте приведены ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и уступов), предназначенных для выбора номинальных размеров изделий, прежде всего изделий машиностроения.

В диапазоне от 0,001 до 20 000 мм установлены четыре основных ряда чисел *Ra5*; *Ra10*; *Ra20*; *Ra40*. Таблица нормальных линейных размеров рядов построены аналогично с таблицей рядов предпочтительных чисел. Разница лишь в диапазоне представленных чисел.

Контрольные вопросы

1. Перечислите и раскройте основные функции стандартизации.
2. Какие методы используются в стандартизации?
3. Что такое унификация?
4. Какими показателями оцениваются результаты унификации?
5. По каким принципам строятся параметрические ряды?
6. Что представляет собой метод использования предпочтительных чисел?

2.5. Взаимозаменяемость деталей, узлов и механизмов

Машины и механизмы состоят из большого количества деталей, узлов и механизмов, взаимодействующих в процессе эксплуатации друг с другом. Каждая из деталей в узле имеет определен-

ное назначение, она должна обладать строго определенными размерами, характеристиками.

Деталь представляет собой определенные комбинации геометрических тел, ограниченных поверхностями простейших форм: плоскими, цилиндрическими, коническими, сферическими и т. п. Таких комбинаций может быть бесконечное множество, а если учесть, что они характеризуются еще и размерами, то можно представить, сколь многообразна на практике гамма деталей. К деталям относятся изделия, которые изготовлены из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, втулка, изготовленная из одного куска металла, валик — из стального прутка, пластина — из медного листа и т. п.).

Для выполнения определенных функций у деталей предусматриваются различные формы поверхностей. Они могут быть цилиндрическими, плоскими, коническими, резьбовыми, эвольвентными, шлицевыми и др. Кроме того, поверхности бывают сопрягаемыми и несопрягаемыми. *Сопрягаемые* — это поверхности, по которым детали соединяются в сборочные единицы, а сборочные единицы — в механизмы. *Несопрягаемые*, или *свободные*, — это конструктивно необходимые поверхности, не предназначенные для соединения с поверхностями других деталей.

При проектировании машин и механизмов конструкторы исходят из того, что каждая деталь должна иметь определенную форму, размеры и занимать определенное место в узле исходя из служебного назначения этой машины или механизма. Это так называемые *номинальные* значения формы, размера и положения детали. И поверхности, которые определяют форму детали, в этом случае также являются номинальными. Другими словами, номинальные поверхности и их расположение задаются при проектировании исходя из функционального назначения детали.

Для того чтобы систематизировать многообразие форм деталей все возможные варианты поверхностей подразделяются на внутренние (цилиндрические, конические, поверхности с параллельными и непараллельными поверхностями), их называли *охватывающими*, и наружные — их называли *охватываемыми*.

В соответствии с этим были введены понятия «вал» и «отверстие».

Вал — это термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, их обозначают строчными буквами *d, a, c*.

Отверстие — это термин, применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, их обозначают прописными буквами *D, A, C*.

Как уже говорилось, машины и механизмы состоят из деталей, которые находятся во взаимодействии друг с другом. А это

возможно, если они либо соприкасаются друг с другом либо соединяются. Детали, элементы которых входят друг в друга, образуют соединение. Такие детали называются *сопрягаемыми деталями*, а поверхности соединяемых элементов — *сопрягаемыми поверхностями*. В зависимости от формы сопрягаемых поверхностей соединения могут быть (рис. 2.7): цилиндрическими (рис. 2.7, а), коническими (рис. 2.7, б), резьбовыми (рис. 2.7, в), шлицевыми (рис. 2.7, г), шпоночными (рис. 2.7, д), сварными (рис. 2.7, е), заклепочными (рис. 2.7, ж) и т. п.

Для числовой оценки значений линейных величин (диаметров, длин, высот и т. п.) необходимо их выразить в виде размера в определенных единицах измерения. В машиностроении и прибо-

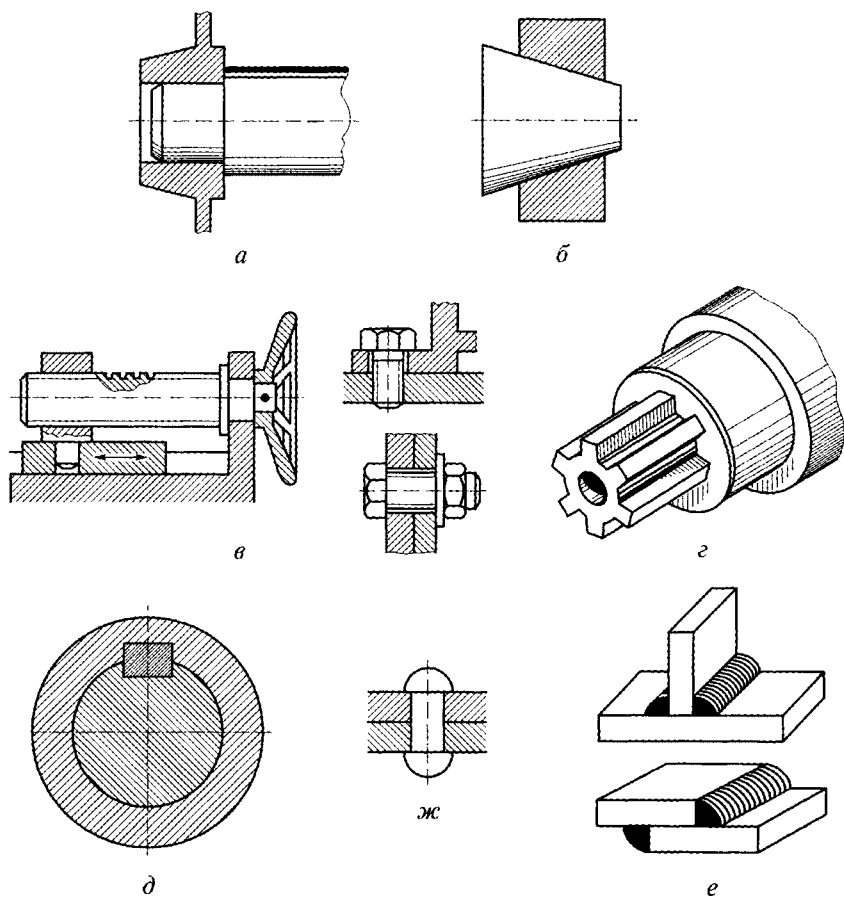


Рис. 2.7. Соединения поверхностей:

а — цилиндрическое; б — коническое; в — резьбовое; г — шлицевое; д — шпоночное; е — сварное; ж — заклепочное

ростроении все размеры в технической документации задают и указывают в миллиметрах.

С одной стороны, нарушение взаимного положения поверхностей и осей, а следовательно, и деталей в машине или в узле, приводит к изменению нормальных условий работы машины или агрегата, влияет на их надежность и качество. С другой стороны, известно, что в процессе эксплуатации детали изнашиваются, выходят из строя и их приходится время от времени удалять из узла и ремонтировать либо на место износившейся устанавливать новую деталь. А изготавливаются новые детали и узлы, как правило, на специализированных предприятиях (машиностроительных, приборостроительных, автомобилестроительных и т. п.), что является более экономичным и целесообразным. Для того чтобы произвести равноценную замену при ремонте, необходимо, чтобы детали были бы изготовлены по единым нормативным документам и соответствовали бы требованиям взаимозаменяемости. Что же такое взаимозаменяемость?

Взаимозаменяемость — это свойство изделий (машин, приборов, механизмов), их составных частей равноценно заменять при эксплуатации любой экземпляр изделия, его составную часть другим однотипным экземпляром без предварительной подгонки. Для машиностроения и приборостроения это общее определение может быть конкретизировано. Взаимозаменяемость — это свойство независимо изготовленных с заданной точностью деталей, узлов и агрегатов машин, позволяющее устанавливать эти составные части в процессе сборки в машину или заменять их при ремонте при сохранении как функциональных характеристик машины, так и ее надежности и качества. Различают следующие виды взаимозаменяемости.

Полная взаимозаменяемость — это такая взаимозаменяемость, при которой обеспечивается возможность беспригоночной сборки (или замене при ремонте) любых независимо изготовленных с заданной точностью однотипных деталей. Такой вид взаимозаменяемости возможен только, когда размеры, форма, механические, электрические и другие качественные и количественные характеристики деталей и сборочных единиц после изготовления находятся в заданных пределах и собранные изделия соответствуют техническим требованиям.

В условиях полной взаимозаменяемости существенно упрощается процесс сборки, который в основном сводится к простому соединению деталей, расширяются возможности применения поточного метода изготовления деталей, автоматизации процесса изготовления и сборки изделий, упрощения ремонта машин. Такой вид взаимозаменяемости позволяет ввести специализацию и кооперирование предприятий, когда поставщик изготавливает унифицированные детали или сборочные единицы ограниченной

номенклатуры и поставляет их предприятию, выпускающему основную продукцию.

Неполная взаимозаменяемость — это такая взаимозаменяемость, при которой для обеспечения требуемой точности изделия предусматриваются некоторые конструктивные особенности узла (регулируемые элементы, компенсаторы) или вводятся дополнительные технологические операции при сборке или ремонте (доводка, пригонка, так называемая селективная сборка или групповой подбор деталей). Неполная взаимозаменяемость осуществляется не по всем, а только по отдельным геометрическим или другим параметрам.

Различают также внутреннюю, внешнюю и функциональную взаимозаменяемости.

Внутренняя взаимозаменяемость — взаимозаменяемость всех или отдельных деталей, составляющих сборочные единицы, механизмы входящие в изделие. Например, в подшипниках качения внутреннюю взаимозаменяемость имеют кольца и тела качения (шарики, ролики).

Внешняя взаимозаменяемость — взаимозаменяемость сборочных единиц, а также кооперируемых и покупных изделий (монтируемых в более сложные изделия) по размерам и форме присоединительных поверхностей, эксплуатационным показателям параметрам. Для подшипников качения это такие параметры, как размеры наружного и внутреннего колец, точность вращения; для электродвигателей — мощность, частота вращения вала, размеры и форма присоединительных поверхностей.

Функциональная взаимозаменяемость — форма взаимозаменяемости, при которой обеспечиваются не только сборка и замена при ремонте любых деталей, узлов и механизмов, но и их эксплуатационные показатели и функциональные параметры. Например, взаимозаменяемое зубчатое колесо кроме способности без подгонки занять свое место в узле должно передавать заданный крутящий момент, иметь определенное передаточное отношение и обладать заданным ресурсом работы. Функционально взаимозаменяемый бензонасос автомобиля кроме соответствующих присоединительных размеров должен иметь заданную производительность, развивать определенную величину давления и иметь соответствующий ресурс.

Для того чтобы обеспечить наибольшую эффективность взаимозаменяемости, необходимо при конструировании, производстве и эксплуатации машин и механизмов учитывать комплекс научно-технических положений.

При *конструировании* машин в основном необходимо обеспечить:

- взаимозаменяемость деталей и узлов не только по геометрическим параметрам, механическим свойствам материала, но и по

функциональным параметрам, зависящим от принципа действия машины (электрическим, гидравлическим, оптическим и др.);

- однородность исходного сырья, материалов, заготовок, стабильность их механических, физических и химических свойств, а также точность и стабильность их размеров и форм;

- минимальный износ контактирующих деталей для обеспечения оптимальных эксплуатационных показателей, нормируя параметры формы и расположения, волнистости и шероховатости контактирующих поверхностей;

- технологичность выбора методов контроля, которая бы не вносила дополнительные погрешности в процесс измерения и позволяла бы применять простые и надежные средства измерения.

- применение общетехнических норм, унифицированных и стандартизованных деталей и сборочных единиц, а также руководствоваться принципами предпочтительности и агрегатирования.

Таким образом, первой составной частью принципа взаимозаменяемости является разработка рабочих чертежей деталей и технических условий на их изготовление, обеспечивающих высокое качество проектируемых машин, агрегатов и их составных частей.

При *производстве* машин необходимо обеспечить:

- изготовление деталей и их сборку с нормированной точностью эксплуатационных (функциональных) параметров;

- точность оборудования и оснастки несколько выше, чем нормируемая точность изготавливаемых деталей;

- оптимальное качество поверхности деталей (например, шероховатость, волнистость, микротвердость и т. п.);

- точностную надежность средств измерения и единство измерений;

- соблюдение принципа единства и постоянства баз.

Таким образом, второй составной частью принципа взаимозаменяемости является выполнение требований к точности заданных параметров. Для этого необходимы наличие оборудования и приспособлений, инструмента и средств измерения, квалифицированные кадры, выполняющие технологические и контрольные операции.

В условиях *эксплуатации* машин определяются потребность в обеспечении запасными частями, периодичность ремонта, условия плано-предупредительной замены отдельных частей, механизмов и эксплуатационных материалов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения основных понятий: вал, отверстие, соединение — и приведите примеры.

2. Что такое взаимозаменяемость?
3. Какие виды взаимозаменяемости принято различать?
4. Какие положения необходимо учитывать, чтобы обеспечить наибольшую эффективность взаимозаменяемости?

2.6. Размеры, предельные отклонения, допуски и посадки

Основные термины и определения установлены ГОСТ 25346—89.

Все размеры подразделяются на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер — размер, служащий началом отсчета отклонений и относительно которого определяются предельные размеры. Как уже отмечалось, номинальный размер выбирают как результат расчета деталей при их проектировании или исходя из конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Обозначается номинальный размер D — для отверстий, d — для валов, l — линейные размеры. Для деталей, входящих в соединение, номинальный размер является общим.

Для сокращения количества типоразмеров заготовок и деталей, режущего и измерительного инструмента, а также для облегчения типизации технологических процессов значения размеров, полученных при расчете, округляются, как правило, в большую сторону в соответствии со значениями нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636—69 «Нормальные линейные размеры».

В стандарте представлены четыре ряда линейных размеров: $Ra5$, $Ra10$, $Ra20$, $Ra40$, устанавливающие нормальные линейные размеры от 0,001 до 20 000 мм. В табл. 2.4 представлены нормальные линейные размеры от 1 до 500 мм.

Во всех случаях необходимо стремиться применять одно из основных предпочтительных чисел, указанных в таблице. Причем при округлении размера параметров следует отдавать предпочтение значениям ряда $Ra5$ перед значениями ряда $Ra10$, ряда $Ra10$ — ряду $Ra20$, ряда $Ra20$ — ряду $Ra40$.

Указанный стандарт не распространяется на производные размеры, зависящие от принятых исходных размеров и параметров, в том числе на технологические межоперационные размеры, а также размеры, регламентированные в стандартах на конкретные изделия (например, средний диаметр резьбы).

Действительный размер — размер, установленный при измерении с допустимой погрешностью. Как уже отмечалось, деталь изготовить с абсолютно точными размерами и измерить без внесения погрешностей практически невозможно, поэтому и введено это понятие.

Таблица 2.4

Нормальные линейные размеры основных рядов от 1 до 500 мм

Линейные размеры, мм, рядов													
<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>		<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>		<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>
1,0	1,0	1,0	1,0		10	10	10	10		100	100	100	100
			1,05					10,5					105
		1,1	1,1				11	11				110	110
			1,15					11,5					120
	1,2	1,2	1,2		12	12	12	12		125	125	125	125
			1,3					13					130
		1,4	1,4				14	14				140	140
			1,5					15					150
1,6	1,6	1,6	1,6		16	16	16	16		160	160	160	160
			1,7					17					170
		1,8	1,8				18	18				180	180
			1,9					19					190
	2,0	2,0	2,0		20	20	20	20		200	200	200	200
			2,1					21					210
		2,2	2,2				22	22				220	220
			2,4					24					240
2,5	2,5	2,5	2,5		25	25	25	25		250	250	250	250
			2,6					26					260
		2,8	2,8				28	28				280	280
	3,0	3,0	3,0					30					300
			3,2		32	32	32	32		320	320	320	320
			3,4					34					340
		3,6	3,6				36	36				360	360
			3,8					38					380

Линейные размеры, мм, рядов													
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40		Ra5	Ra10	Ra20	Ra40		Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
4,0	4,0	4,0	4,0		40	40	40	40		400	400	400	400
			4,2					42					420
		4,5	4,5				45	45				450	450
			4,8					48					480
	5,0	5,0	5,0		50	50	50	50		500	500	500	
			5,2					52					
			5,5				55	55					
6,0	6,0	6,0	6,0		60	60	60	60					
			6,3					63					
			6,5					65					
		7,0	7,0				70	70					
			7,5					75					
	8,0	8,0	8,0		80	80	80	80					
			8,5					85					
		9,0	9,0				90	90					
			9,5					95					

Предельные размеры — два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали. Большой из них называется *наибольшим предельным размером*, меньший — *наименьшим предельным размером*. Эти размеры принято обозначать D_{\max} и D_{\min} — для отверстий, d_{\max} и d_{\min} — для валов. Если сравнить величину действительного размера с его предельными значениями, то можно сделать заключение о годности детали.

Проходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует максимальному коли-

честву материала, т. е. верхнему пределу для вала или нижнему пределу для отверстия.

Непроходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, т. е. нижнему пределу для вала или верхнему пределу для отверстия.

В соответствии с ГОСТ 25346—89 для упрощения чертежей введены понятия предельных отклонений от номинального размера:

- *верхнее предельное отклонение* (ES, es) — алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером:

$$ES = D_{\max} - D; \quad (2.1)$$

$$es = d_{\max} - d; \quad (2.2)$$

- *нижнее предельное отклонение* (EI, ei) — алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером

$$EI = D_{\min} - D; \quad (2.3)$$

$$ei = d_{\min} - d; \quad (2.4)$$

- *действительное отклонение* — алгебраическая разность между действительным размером и номинальным размером.

Отклонения могут быть положительными, если предельный или действительный размер больше номинального, и отрицательными, если предельный или действительный размер меньше номинального.

На конструкторских и технологических чертежах номинальные и предельные размеры, а также их отклонения указывают в миллиметрах без обозначения единицы (ГОСТ 2.307—68), например: $81_{-0,01}^{+0,01}$; $42_{-0,024}^{-0,013}$; $50^{+0,025}$; $50_{-0,022}$.

Угловые размеры и их предельные отклонения указываются в градусах, минутах или секундах с указанием единицы, например: $30^{\circ}15'40''$.

При равенстве абсолютных значений отклонений они указываются один раз со знаком \pm рядом с номинальным размером, например: $85 \pm 0,02$; $90 \pm 5^{\circ}$.

Отклонение, равное нулю, на чертежах не проставляется. Наносят только одно отклонение — положительное на месте верхнего отклонения, отрицательное — на месте нижнего предельного отклонения, например: $60_{-0,022}$; $89^{+0,02}$.

Одним из основных понятий, определяющих точность изготовления деталей, является *допуск*. Допуском T называют разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми значениями параметра.

Если говорят о допуске размера, то под этим понимается разность между наибольшим и наименьшим предельными размера-

ми или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним предельными отклонениями:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = |ES - EI|; \quad (2.5)$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = |es - ei|. \quad (2.6)$$

Допуск — всегда положительная величина.

От величины допуска во многом зависит качество деталей и стоимость их изготовления. С увеличением допуска, как правило, качество деталей ухудшается, зато стоимость изготовления становится меньше.

Графическое изображение допуска позволяет более наглядно представить соотношение предельных размеров вала и отверстия в соединении. При графическом изображении допуск изображается в виде *поля допуска*.

На рис. 2.8 представлено условное изображение деталей: отверстия и вала. Заштрихованная зона между наибольшим и наименьшим предельными размерами является допуском. Однако такая схема, хотя и достаточно наглядна, но трудно выполнима в масштабе, так как разница между значениями номинального размера, отклонений и допусков очень большая. Поэтому применяется графическое изображение допусков и предельных отклонений в виде поля допуска (рис. 2.9).

Поле допуска — это поле, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями относительно номинального размера — *нулевой линии*. Нулевая линия — это линия соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения

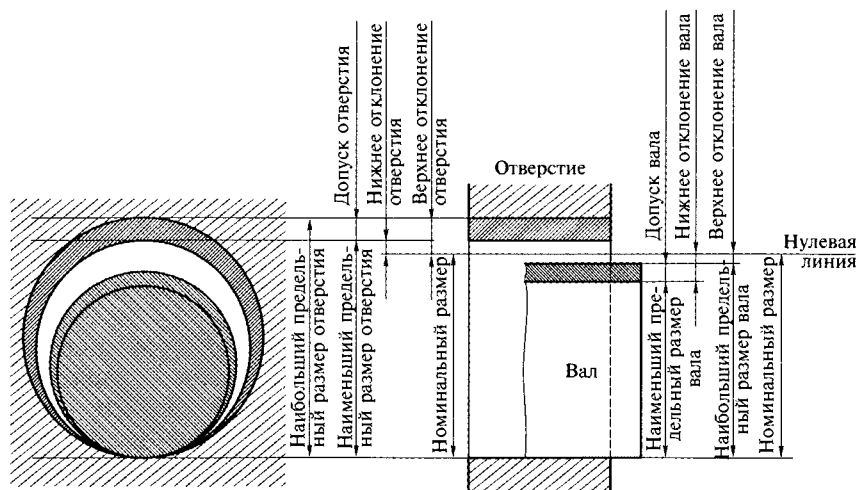


Рис. 2.8. Условное изображение деталей

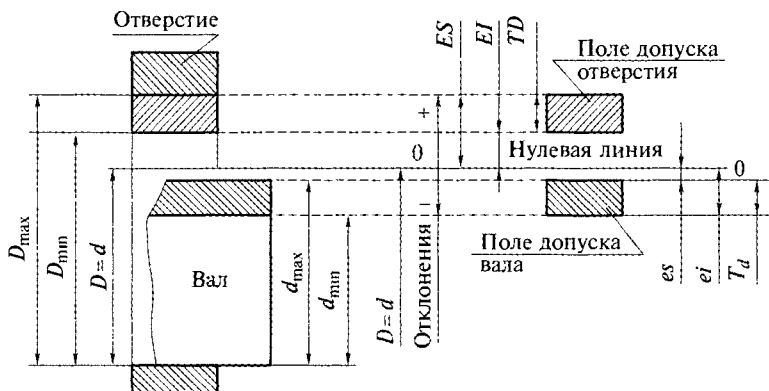


Рис. 2.9. Графическое изображение допусков и предельных отклонений

размеров при графическом изображении допусков и посадок. Как правило, нулевая линия располагается горизонтально; отклонения относительно нее откладываются: положительные — вверх, а отрицательные — вниз.

Допуски размеров охватывающих поверхностей принято сокращенно называть допуском отверстия и обозначать его TD , а охватываемых поверхностей — допуском вала с условным обозначением Td .

Когда говорят о деталях, находящихся в соединении, применяют термин «посадка». *Посадкой* называется характер соединения деталей с одинаковыми номинальными размерами, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения деталей в соединении или степень сопротивления их взаимному перемещению.

Зазор S — разность размеров отверстия и вала, если размеры вала меньше размеров отверстия. Собранное с зазором соединение допускает перемещение деталей друг относительно друга.

Натяг N — разность размеров вала и отверстия до сборки соединения, если размер вала больше размера отверстия. Собранное с натягом соединение обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки.

Различают посадки с зазором (рис. 2.10, *а*), с натягом (рис. 2.10, *б*) и переходные (рис. 2.10, *в*).

Посадка с зазором — посадка, при которой зазор в соединении обеспечивается за счет разности размеров отверстия и вала. На рис. 2.10, *а* показана схема посадки с зазором. Видно, что поле допуска отверстия 1 располагается над полем допуска вала 2 и в любом случае размеры вала будут меньше размеров отверстия. Посадка с зазором характеризуется следующими основными параметрами:

- наибольший зазор $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min};$ (2.7)

- наименьший зазор $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max};$ (2.8)

- средний зазор $Sm = (S_{\max} + S_{\min})/2;$ (2.9)

- допуск посадки $TS = S_{\max} - S_{\min} = TD + Td.$ (2.10)

К посадкам с зазором относятся также такие посадки, в которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала, т. е. $D_{\min} = d_{\max}$. В этом случае $S_{\min} = 0$.

Посадка с натягом — посадка, при которой натяг в соединении обеспечивается за счет разности размеров вала и отверстия. На рис. 2.10, б показана посадка с натягом. Видно, что поле допуска отверстия 1 располагается под полем допуска вала 2 и в любом случае в данном соединении размеры вала будут больше размеров отверстия. Основные параметры посадки с натягом:

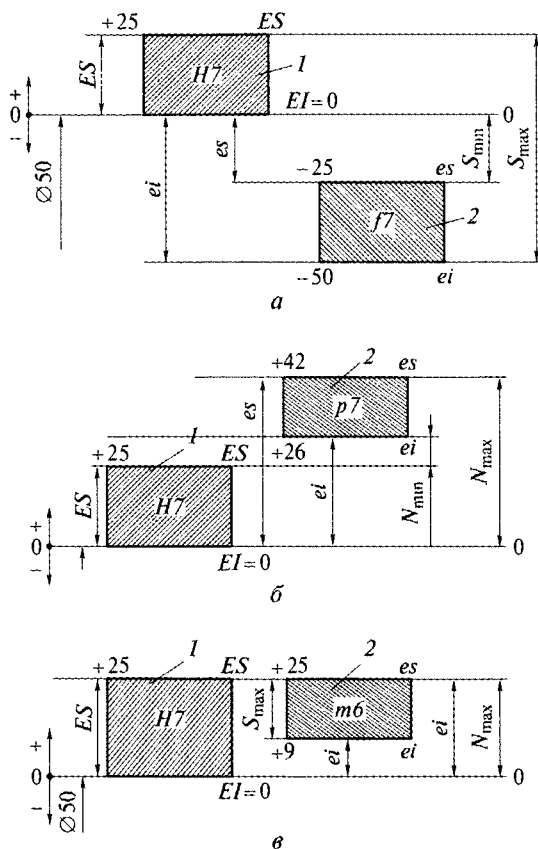


Рис. 2.10. Поля допусков посадок:

а — с зазором; б — с натягом; в — переходной; 1 — поле допуска отверстия; 2 — поле допуска вала

- наибольший натяг $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min};$ (2.11)

- наименьший натяг $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max};$ (2.12)

- средний натяг $N_m = (N_{\max} + N_{\min})/2;$ (2.13)

- допуск посадки $TN = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td.$ (2.14)

К посадкам с натягом также относятся такие посадки, в которых нижняя граница поля допуска вала совпадает с верхней границей поля допуска отверстия, т.е. $D_{\max} = d_{\min}$. В этом случае $N_{\min} = 0$.

Переходная посадка — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков вала 2 и отверстия 1 перекрываются полностью или частично). На рис. 2.10, в показана схема переходной посадки. Такая посадка характеризуется следующими основными параметрами:

- наибольший зазор $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min};$ (2.15)

- наибольший натяг $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min};$ (2.16)

- допуск посадки $TS(N) = TD + Td.$ (2.17)

В качестве примеров расчета посадок рассмотрим три типа соединений деталей, имеющие различные виды посадок.

Необходимо определить предельные размеры сопрягаемых деталей, допуски, зазоры и натяги в соединениях.

Предельные отклонения выбираются из ГОСТ 25346—82.

Пример 1. Посадка с зазором $\varnothing 50H7/f7$.

Отверстие: номинальный размер $\varnothing 50$ мм, верхнее предельное отклонение $ES = +25$ мкм, нижнее предельное отклонение $EI = 0$.

Предельные размеры отверстия:

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 50 + 0 = 50,000 \text{ мм};$$

Допуск отверстия:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 50,025 - 50,000 = 0,025 \text{ мм}.$$

Вал: номинальный размер $\varnothing 50$, верхнее предельное отклонение $es = -25$ мкм, нижнее предельное отклонение $ei = -50$ мкм.

Предельные размеры вала:

$$d_{\max} = d + es = 50 + (-0,025) = 49,975 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + (-0,050) = 49,950 \text{ мм};$$

Допуск вала:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 49,975 - 49,950 = 0,025 \text{ мм}.$$

Величины зазоров в посадке этих деталей:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 49,950 = 0,075 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 50,000 - 49,975 = 0,025 \text{ мм}.$$

Допуск посадки с зазором:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,075 - 0,025 = 0,05 \text{ мм},$$

$$\text{или } TS = TD + Td = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков для этой посадки представлено на рис. 2.10, а.

Пример 2. Посадка с натягом $\varnothing 50H7/p6$.

Для отверстия предельные размеры и величина допуска остаются такими же, как в примере 1.

Вал: номинальный размер $\varnothing 50$, верхнее предельное отклонение $es = +42$ мкм, нижнее предельное отклонение $ei = +26$ мкм.

Предельные размеры вала:

$$d_{\max} = d + es = 50 + 0,042 = 50,042 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + 0,026 = 50,026 \text{ мм};$$

Допуск вала:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 50,042 - 50,026 = 0,016 \text{ мм}.$$

Величины натягов в посадке:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 50,042 - 50,000 = 0,042 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 50,026 - 50,025 = 0,001 \text{ мм}.$$

Допуск посадки с натягом:

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,042 - 0,001 = 0,041 \text{ мм},$$

$$\text{или } TN = TD + Td = 0,025 + 0,016 = 0,041 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков для этой посадки представлена на рис. 2.10, б.

Пример 3. Посадка переходная $\varnothing 50H7/m6$.

Для отверстия предельные размеры и величина допуска остаются такими же, как в примере 1.

Вал: номинальный размер $\varnothing 50$, верхнее предельное отклонение $es = +25$ мкм, нижнее предельное отклонение $ei = +9$ мкм.

Предельные размеры вала:

$$d_{\max} = d + es = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + 0,009 = 50,009 \text{ мм};$$

Допуск вала:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 50,009 = 0,016 \text{ мм}.$$

Величины натягов в посадке:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 50,009 = 0,016 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 50,025 - 50,000 = 0,025 \text{ мм}.$$

Допуск посадки:

$$TS(N) = TD + Td = 0,025 + 0,016 = 0,041 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков для этой посадки представлена на рис. 2.10, в.

Правила нанесения предельных отклонений установлены ГОСТ 2.307—68.

Предельные отклонения размеров деталей, находящихся в сопряжении, записываются в виде дроби. В числителе дроби указываются числовое значение предельных отклонений отверстия, а в знаменателе — число-

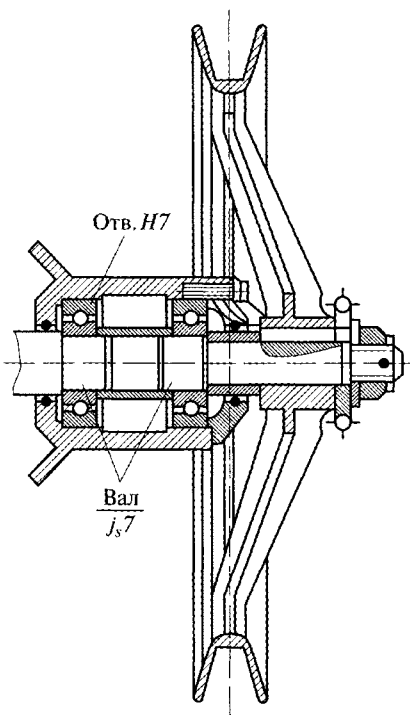


Рис. 2.11. Пояснения на чертеже

вые значения предельных отклонений вала. Например, $\varnothing 40 \begin{matrix} +0,02 \\ -0,01 \\ -0,02 \end{matrix}$.

При нанесении числовых значений отклонений на сборочных чертежах в некоторых случаях допускаются надписи, поясняющие, к какой из деталей относятся эти отклонения (рис. 2.11).

Контрольные вопросы

1. Дайте определение номинального, действительного и предельного размеров.
2. Что такое допуск, поле допуска?
3. Что такое верхнее, нижнее, действительное отклонения, какими они бывают?
4. Как определить допуск размера?
5. Дайте определение посадки. Чем характеризуется посадка?
6. Какие посадки принято различать?

2.7. Единые принципы построения системы допусков и посадок для типовых соединений деталей машин

Системой допусков и посадок называется совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей. Она дает возможность стандартизации режущего инструмента и калибров, облегчает конструирование, производство и достижение взаимозаменяемости изделий и их частей, а также предопределяет их качество.

В настоящее время большинство стран мира применяют систему допусков и посадок ИСО, созданную для унификации национальных систем допусков и посадок в целях обеспечения международных технических связей в различных отраслях промышленности. Включение международных рекомендаций в национальные стандарты (в частности, в ЕСДП) создает условия для обеспечения взаимозаменяемости однотипных деталей, составных частей и изделий, изготовленных в разных странах.

Действие ЕСДП распространяется на допуски размеров гладких элементов деталей и на посадки, которые образуются при их соединении. Принятые нормы взаимозаменяемости включают также системы допусков и посадок резьбовых деталей, конусов и т. д.

Принципы построения систем допусков ИСО и ЕСДП. Системы допусков ИСО и ЕСДП построены по единым принципам, они характеризуются следующими признаками.

Основание системы. Стандарты предусматривают две равноправные системы посадок: систему отверстия и систему вала. В основании каждой из систем заложены понятия «основной вал» и «основное отверстие»:

- основной вал — это вал, верхнее предельное отклонение которого равно нулю ($es = 0$);
- основное отверстие — это отверстие, нижнее предельное отклонение которого равно нулю ($EI = 0$).

Посадки в системе отверстия (рис. 2.12, а) — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием, поле допуска которого обозначается H ($EI = 0$).

Посадки в системе вала (рис. 2.12, б) — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом, поле допуска которого обозначается h ($es = 0$).

Такую систему допусков принято называть односторонней предельной. Выбор системы посадки (отверстия или вала) определяют исходя из конструктивных, технологических и экономических соображений.

Преимущественное распространение получила система отверстия. Это связано с тем, что отверстия обрабатываются дорогостоящим режущим инструментом, предназначенным для обработки только одного размера с определенным полем допуска (сверло, протяжка, зенкер, развертка и т. п.). Вал же, независимо от размера, в большинстве своем обрабатывается одним и тем же инструментом (резцом, шлифовальным кругом). Таким образом, количество типоразмеров инструмента для обработки отверстий бу-

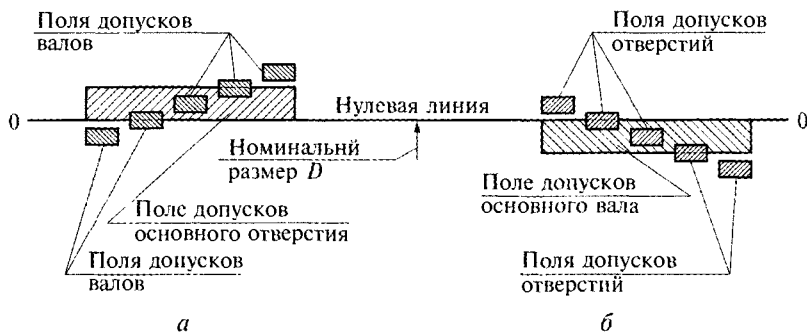


Рис. 2.12. Примеры расположения полей допусков для посадок в системе отверстия (а) и вала (б)

дет значительно меньше в случае назначения посадки в системе отверстия.

В некоторых случаях по конструктивным соображениям применяется система вала. Например, когда на одном валу необходимо чередовать соединения нескольких отверстий одного номинального размера с различными посадками. На рис. 2.13, *а* представлено соединение поршневого пальца 1 с поршнем 2 и шатуном 3. Для нормальной работы этого узла соединение поршня и пальца должно быть выполнено по неподвижной посадке, а шатуна с пальцем — по подвижной посадке. Назначение посадок в системе отверстия привело бы к неудобствам при обработке ступенчатого пальца и, главное, к порче отверстия шатуна при сборке (рис. 2.13, *б*). При назначении посадок в системе вала эти недостатки исключаются (рис. 2.13, *в*). Система вала также применяется в случаях, когда детали типа валиков или осей изготавливаются из калиброванных холоднотянутых прутков, дополнительная механическая обработка которых не предусматривается. И, наконец, посадка в системе вала назначается в случаях, когда вал является стандартной деталью (штифт, шплинт, шпонка и т. п.).

При выборе системы посадок учитывается наличие стандартных деталей и их составных частей. Например, соединение внут-

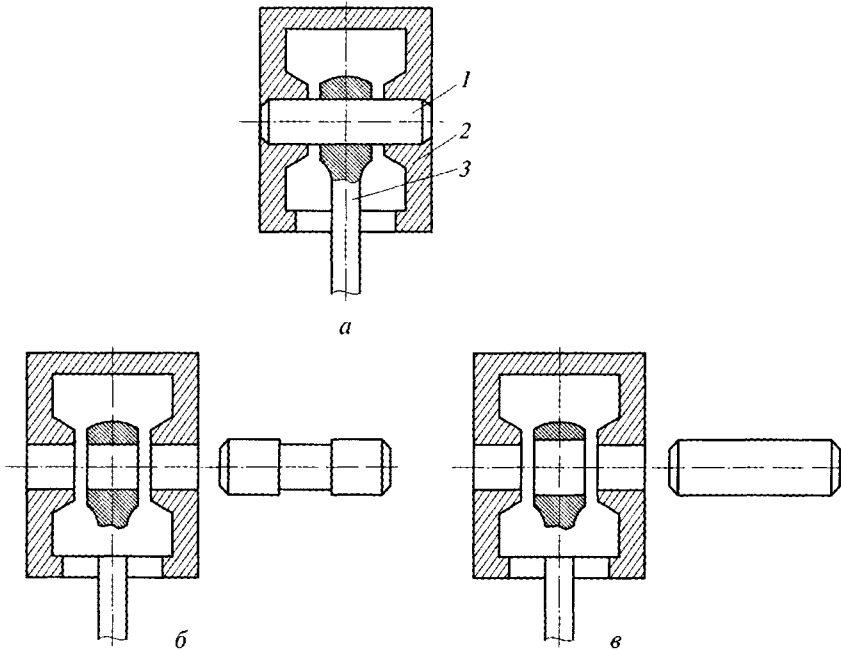


Рис. 2.13. Примеры соединений (*а—в*):
1 — поршневой палец; 2 — поршень; 3 — шатун

ренного кольца подшипника качения с валом осуществляется по системе отверстия, а наружного кольца с корпусом — по системе вала.

Необходимо знать также, что возможно назначение и «внесистемных» посадок, образованных сочетанием стандартных полей допусков, которые называют иногда комбинированными.

Диапазоны и интервалы размеров. Для учета специфики конструирования и технологии изготовления деталей, их измерения и контроля, условий эксплуатации узлов и механизмов, удобства практического использования стандартных значений предельных отклонений и допусков, все размеры разбиваются на диапазоны и интервалы.

Наиболее распространенные диапазоны номинальных размеров:

- свыше 0 до 1 мм (включительно);
- свыше 1 до 500 мм;
- свыше 500 до 3 150 мм;
- свыше 3 150 до 10 000 мм.

Детали, размеры которых входят в каждый из этих диапазонов, имеют свои особенности и при проектировании, и при обработке, и при контроле. Так, размеры диапазона свыше 0 до 1 мм наиболее часто реализуются в микроэлектронике с использованием нанотехнологий, размеры свыше 1 до 500 мм — в машиностроении, а размеры свыше 500 мм — в станкостроении, тяжелом машиностроении.

Согласно ГОСТ 25346—89, ГОСТ 25347—89, ГОСТ 25348—89 в системе ЕСДП и ИСО установлены допуски и посадки для размеров менее 1 мм и до 500 мм, свыше 500 мм и до 3 150 мм, а в ЕСДП, кроме того, для размеров свыше 3 150 мм до 10 000 мм. Поля допусков для размеров менее 1 мм выделены отдельно.

Каждый диапазон размеров разбивается на интервалы — основные и промежуточные. В пределах каждого интервала основные отклонения и допуски неизменны. Основные интервалы используются для определения всех допусков системы. В ЕСДП для номинальных размеров от 1 до 500 мм предусмотрены 13 основных интервалов размеров. Для полей допусков, образующих посадки с большими величинами зазоров или натягов, введены дополнительные промежуточные интервалы, что позволяет уменьшить колебание зазоров и натягов и делает посадки более определенными.

Интервалы номинальных размеров до 500 мм приведены в табл. 2.5.

Единица допуска. Применяется в системе допусков для отражения влияния технологических, конструктивных и метрологических факторов и выражает зависимость допуска от номинального размера. На основании исследований точности механической обработки установлены следующие зависимости единицы допуска:

Интервалы номинальных размеров до 500 мм, мм

Основные интервалы		Промежуточные интервалы	
свыше	до	свыше	до
—	3	—	—
3	6	—	—
6	10	—	—
10	18	10 14	14 18
18 25	30 30	18 24	24 30
30	50	30 40	40 50
50	80	50 65	65 80
80	120	80 100	100 120
120	180	120 140 160	140 160 180
180	250	180 200 225	200 225 250
250	315	250 280	280 315
315	400	315 355	355 400
400	500	400 450	450 500

- для размеров до 500 мм

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D; \quad (2.18)$$

- для размеров свыше 500 мм до 10 000 мм

$$i = 0,004D + 2,1, \quad (2.19)$$

где i — единица допуска, мкм; D — среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала размеров, мм.

Значения единицы допуска для основных интервалов размеров приведены в табл. 2.6.

Так как зависимость между допуском и номинальным размером установлена, можно было бы определять допуск для любого размера в заданном диапазоне. Однако в этом нет необходимости, так как при небольших отличиях номинальных размеров допуски на них будут отличаться незначительно. Технологическая трудность изготовления деталей в определенном диапазоне размеров будет одинаковой, причем этот диапазон тем меньше, чем меньше сами размеры. С увеличением размеров расширяется и диапазон.

Квалитет. Детали разного назначения в различных машинах и механизмах должны быть изготовлены с различной точностью. Нормирование требуемых уровней точности осуществляется с помощью квалитетов. Под квалитетом понимается совокупность допусков, изменяющихся в зависимости от номинального размера так, что уровень точности для всех номинальных размеров остается одинаковым.

В ЕСПД установлены 20 квалитетов. Условное обозначение квалитетов — $IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, \dots, IT16, IT17, IT18$. Наиболее точные квалитеты — $IT01, IT0$, наиболее грубые — $IT17, IT18$.

Значение допуска в каждом квалитете характеризуется постоянным коэффициентом k , который называется числом единиц допуска. Это число зависит от квалитета (табл. 2.7) и не зависит от номинального размера.

Таблица 2.6

Значение единицы допуска для интервалов размеров

Интервал размеров, мм		Единица допуска i , мкм	Интервал размеров, мм		Единица допуска i , мкм
свыше	до		свыше	до	
1	3	0,63	80	120	2,20
3	6	0,83	120	180	2,50
6	10	1,00	180	250	2,90
10	18	1,21	250	315	3,38
18	30	1,44	315	400	3,60
30	50	1,71	400	500	4,00
50	80	1,90			

Значения числа единиц допуска для квалитетов *IT5... IT18*

Квалитет	Число единиц допуска	Квалитет	Число единиц допуска
<i>IT5</i>	7	<i>IT12</i>	160
<i>IT6</i>	10	<i>IT13</i>	250
<i>IT7</i>	16	<i>IT14</i>	400
<i>IT8</i>	25	<i>IT15</i>	640
<i>IT9</i>	40	<i>IT16</i>	1 000
<i>IT10</i>	64	<i>IT17</i>	1 600
<i>IT11</i>	100	<i>IT18</i>	2 500

Допуск для любого квалитета определяется следующим образом:

$$T = ki. \quad (2.20)$$

Из табл. 2.7 видно, что число единиц допуска, а следовательно, и допуски размеров увеличиваются при переходе от одного квалитета к другому по геометрической прогрессии со знаменателем 1,6. Через каждые пять квалитетов, начиная с 6 квалитета, допуски увеличиваются в 10 раз.

Строгого разграничения областей применения различных квалитетов не предусмотрено, но преимущественно используют квалитеты:

- для концевых мер длины — *IT01... IT1*;
- калибров и особо точных изделий — *IT2... IT5*;
- сопряжений — *IT6... IT12* (в машиностроении для окончательной обработки наиболее распространены квалитеты *IT6* и *IT7*);
- наиболее распространенных свободных размеров — *IT13... IT18*.

Такая система построения рядов допусков позволяет по известным номинальному размеру и допуску определить квалитет, и, следовательно, сложность получения размера в заданном допуске.

Например, шейка коленчатого вала шлифуется под размер $85_{-0,034}^{-0,012}$ мм. Допуск составляет 22 мкм, единица допуска для диаметра 85 мм равна 2,20. Определим число единиц допуска $k = IT/I = 22/2,20 = 10$, что соответствует квалитету *IT6*.

Стандарты системы ЕСДП содержат числовые значения допусков в виде таблиц. Эти данные позволяют применять ЕСДП, не прибегая к формулам и правилам, по которым они определены.

Нормальная температура. Допуски и отклонения, установленные стандартами, относятся к деталям, размеры которых определены при нормальной температуре. В большинстве стран мира за нормальную принята температура $+20^{\circ}\text{C}$. Такая температура принята как близкая к температуре рабочих помещений машиностроительных и приборостроительных заводов. Градуировка и аттестация всех линейных и угловых мер, измерительных приборов, а также точные измерения должны выполняться при нормальной температуре. Температура детали и измерительного средства в момент контроля должна быть одинаковой. Отклонения от нормальной температуры не должны превышать допускаемых значений установленных ГОСТ 8.050—73.

Основные принципы построения системы допусков и посадок. Гладкие цилиндрические соединения по назначению подразделяются на подвижные и неподвижные.

Основное требование, предъявляемое к ответственным подвижным соединениям, — создание между валом и отверстием наименьшего гарантированного зазора, а для прецизионных соединений, кроме того, точное центрирование и равномерное вращение вала.

Основное требование, предъявляемое к неподвижным соединениям (разъемным и неразъемным), — это обеспечение точного центрирования деталей и передача в процессе длительной эксплуатации заданного крутящего момента или осевой силы благодаря гарантированному натягу или дополнительному креплению деталей шпонками, стопорными винтами и т. п.

Обеспечение наибольшей долговечности — общее требование ко всем соединениям деталей машин и приборов. Чтобы обеспечить минимально необходимое, но достаточное число посадок в соответствии с эксплуатационными требованиями разработана система допусков и посадок.

Система допусков и посадок. Это закономерно построенная совокупность допусков и посадок, оформленная в виде стандартов. Использование стандартных допусков и посадок обеспечивает взаимозаменяемость деталей и делает возможной стандартизацию режущего и измерительного инструмента. В нашей стране действует Единая система допусков и посадок (ЕСДП), разработанная в соответствии с рекомендациями международной организации по стандартизации ИСО и оформленная в виде стандартов ГОСТ 25346—89 и ГОСТ 25347—82.

Для образования посадок с различными зазорами и натягами в системе ИСО и в ЕСДП для размеров до 500 мм предусмотрены 27 вариантов основных отклонений валов и отверстий (рис. 2.14). Основное отклонение — это одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии (линии номинального

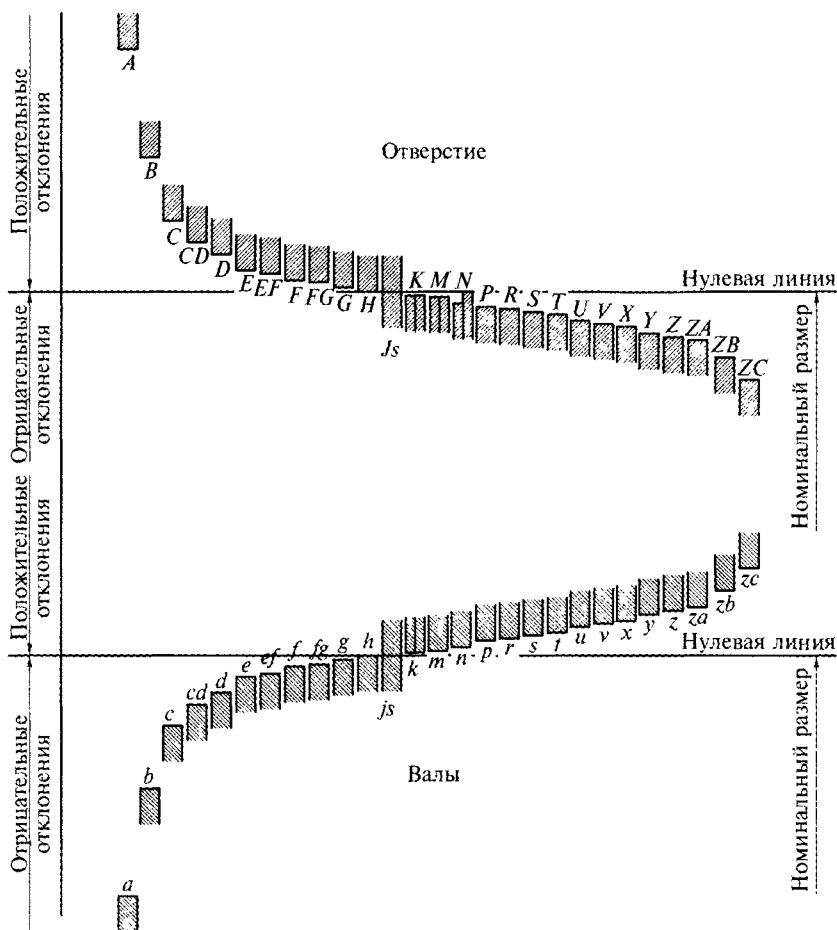


Рис. 2.14. Схема основных отклонений

размера). Таким отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии (рис. 2.15).

Основные отклонения отверстий обозначают прописными буквами латинского алфавита, валов — строчными. Так называемое основное отверстие обозначают буквой *H*, а основной вал — *h*.

Отклонения от *A* до *H* (*a...h*) предназначены для образования полей допусков в посадках с зазорами; отклонения *Js*, *K*, *M*, *N* (*js*, *k*, *m*, *n*) — в переходных посадках, отклонения от *P* до *ZC* (*p...zc*) — в посадках с натягом.

Каждая буква обозначает ряд основных отклонений, значение которых зависит от номинального размера.

Основные отклонения для валов определяются по эмпирическим формулам. А основные отклонения для отверстий — по правилу:

$EI = -es$ — для основных отклонений от A до H ;

$ES = -ei$ — для основных отклонений от K до ZC ,

которое формулируется следующим образом: основное отклонение отверстия должно быть симметрично относительно нулевой линии основному отклонению вала, обозначенному той же (но строчной) буквой.

Из этого правила сделаны исключения для отверстий с размерами свыше 3 мм с отклонениями J_s , K , M и N до 8 квалитета точности и с отклонениями от P до ZC до 7 квалитета точности включительно. Для них установлено специальное правило:

$$ES = -ei + \Delta,$$

где $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$ — разность между допуском рассматриваемого квалитета и допуском ближайшего точного квалитета.

Для валов с отклонениями js и отверстий с отклонениями J_s основных отклонений не установлено. Оба предельных отклонения определяют исходя только из допуска IT соответствующего квалитета. Для js и J_s поле допуска симметрично относительно нулевой линии, а предельные отклонения равны по значениям и противоположны по знакам: $ES(es) = +IT/2$; $EI(ei) = -IT/2$ (рис. 2.16).

Значения основных отклонений валов и отверстий приведены в таблицах ГОСТ 25346—89.

Поля допусков. Поле допуска образуется сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов. В соответствии с этим правилом поле допуска обозначают буквой (иногда двумя) основного отклонения и номером квалитета. Например, для вала $h6$, $d11$, $f9$; для отверстия $H6$, $D11$, J_s10 .

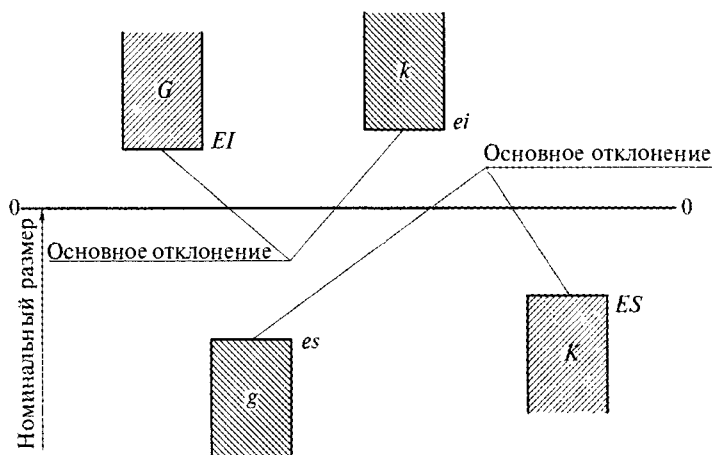


Рис. 2.15. Схема определения основных отклонений

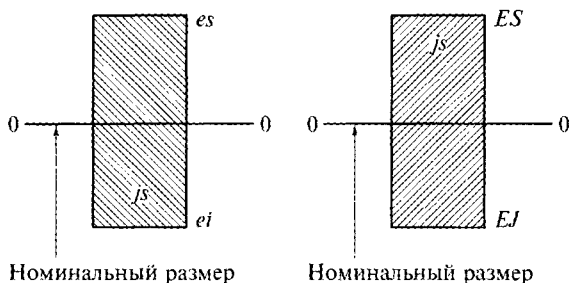


Рис. 2.16. Расположение полей допусков, не имеющих основных отклонений

В принципе допускаются любые сочетания основных отклонений и квалитетов, что дает возможность огромного выбора различных полей допусков.

Для повышения уровня унификации изделий, сокращения номенклатуры режущих инструментов и калибров, создания благоприятных условий для кооперирования и организации централизованного производства стандартного режущего инструмента и калибров на специализированных предприятиях в соответствии с рекомендацией ИСО в ГОСТ 25347—82 для размеров от 1 до 500 мм выделены предпочтительные поля допусков. Они обеспечивают 90...95% посадок общего применения. Рекомендуемые поля допусков отверстий и валов в стандарте выделены рамкой.

Для размеров более 500 мм и менее 1 мм предпочтительные поля допусков не выделены, но в приложении ГОСТ 25347—82 даны рекомендации по применению полей допусков в различных интервалах номинальных размеров менее 1 мм.

В отдельных технически обоснованных случаях может возникнуть необходимость в применении полей допусков, не вошедших в основные ряды. В целях упорядочения выбора таких полей допусков и соответствующих им числовых значений предельных отклонений установлены дополнительные поля допусков валов и отверстий для размеров 1...500 мм (см. приложение ГОСТ 25347—82).

В ЕСДП для всех диапазонов размеров установлены рекомендуемые посадки и для размеров от 1 до 500 мм из них выделены предпочтительные (например, $H7/f7$, $H7/n6$, $H7/g6$ и т. п.).

Унификация посадок позволяет обеспечить однородность конструктивных требований к соединениям и облегчить работу конструкторов по назначению посадок. Комбинируя различные варианты предпочтительных полей допусков валов и отверстий, можно значительно расширить возможности системы по созданию различных посадок без увеличения набора инструментов, калибров и другой технологической оснастки. В каждой отрасли можно сократить число полей допусков и посадок, введя ограничитель-

ный стандарт (стандарт организации). Рекомендуемые посадки приведены в приложении 1 ГОСТ 25347—82.

Поскольку, как говорилось ранее, по экономическим соображениям посадки следует назначать главным образом в системе отверстия и реже в системе вала, то в ГОСТ 25347—82 предпочтительных посадок (образованных из предпочтительных полей допусков) в системе отверстия больше, чем в системе вала.

При назначении квалитетов точности пользуются следующими рекомендациями. Так, в рекомендуемых и предпочтительных посадках точных квалитетов для размеров от 1 до 3 150 мм допуск отверстия, как правило, на один-два квалитета больше допуска вала. Это объясняется тем, что точное отверстие технологически получить труднее, чем точный вал, вследствие худших условий отвода теплоты, недостаточной жесткости, повышенной изнашиваемости и сложности направления режущего инструмента для обработки отверстий. Увеличение допуска отверстия при сохранении допуска посадки повышает срок службы разверток и протяжек, так как при этом допускается больший их износ по диаметру и большее число заточек. При малых диаметрах иногда технологически труднее обработать точный вал, чем точное отверстие, поэтому в рекомендуемых посадках для размеров менее 1 мм допуски отверстия и вала приняты одинаковыми. То же справедливо для посадок при размерах свыше 3 150 до 10 000 мм.

ГОСТ 25347—82 в технически обоснованных случаях допускает применение посадок, отличающихся от рекомендуемых, но образованных из числа полей допусков валов и отверстий, предусмотренных этим стандартом.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена система допусков и посадок?
2. С какой целью устанавливаются диапазоны и интервалы размеров?
3. Что такое единица допуска и для чего она применяется?
4. Сколько квалитетов точности установлено ЕСДП и как они обозначаются?
5. Что такое система допусков и посадок?

2.8. Обозначение посадок на чертежах

Поля допусков линейных размеров указывают на чертежах либо условными (буквенными) обозначениями, например: $\varnothing 50 H6$, $\varnothing 32 f7$, $\varnothing 10 g6$, либо числовыми значениями предельных отклонений, например, $\varnothing 12_{-0,059}^{-0,032}$, либо буквенными обозначениями полей допусков с одновременным указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений (рис. 2.17, а, б).

Посадки сопрягаемых деталей и предельные отклонения размеров деталей, изображенных на сборочных чертежах, указывают дробью: в числителе — буквенное обозначение или числовое значение предельного отклонения отверстия, или буквенное обозначение с указанием справа в скобках его числового значения, в знаменателе — аналогичное обозначение поля допуска вала (рис. 2.17, *в, з*).

В условных обозначениях полей допусков необходимо обязательно указывать числовые значения предельных отклонений в следующих случаях:

- для размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров, например $\varnothing 41,5H7^{(+0,021)}$;
- при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены ГОСТ 25347—82, например для пластмассовой детали (рис. 2.17, *д*) с предельными отклонениями по ГОСТ 25349—88.

Предельные отклонения могут назначаться для размеров, не указанных на чертеже детали, включая несопрягаемые и неотчетственные размеры. Например, в технических требованиях дается указание:

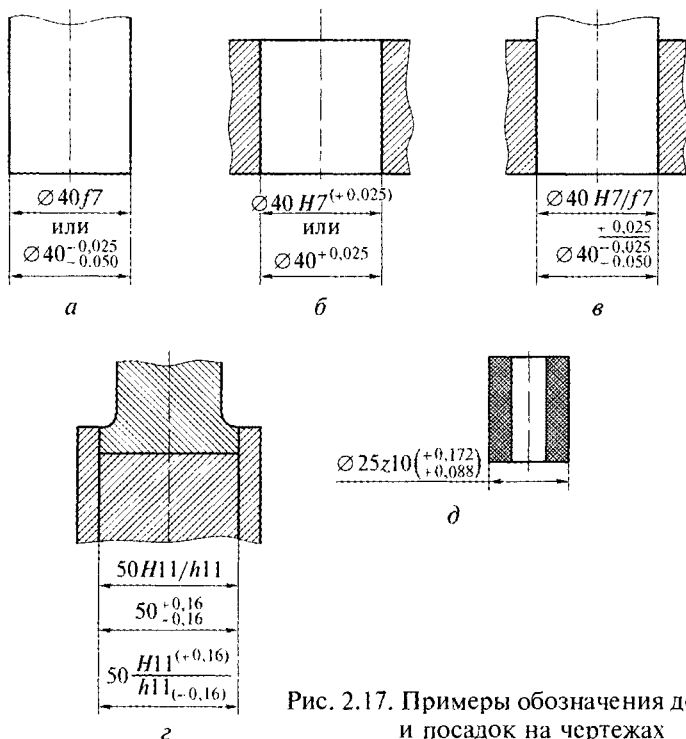


Рис. 2.17. Примеры обозначения допусков и посадок на чертежах

«Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий $H14$, валов $h14$, остальных

$\pm \frac{IT14}{2}$ » или «Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров $H12$, $h12$, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ ».

В первом случае отклонения $H14$ относятся к размерам всех внутренних (охватываемых) элементов, а отклонения $h14$ — к размерам всех наружных (охватываемых) элементов. Во втором примере отклонения $H12$ относятся только к диаметрам отверстий, а отклонения $h12$ — к диа-

метрам валов. Обозначение $\pm \frac{IT14}{2}$ рекомендуется для симметричных отклонений, таких как межцентровые расстояния, высоты, глубины.

Для поверхности, состоящей из участков с одинаковым номинальным размером, но разными предельными отклонениями, наносят границу между этими участками тонкой сплошной линией и номинальный размер с соответствующими предельными отклонениями указывают для каждого участка отдельно (рис. 2.18).

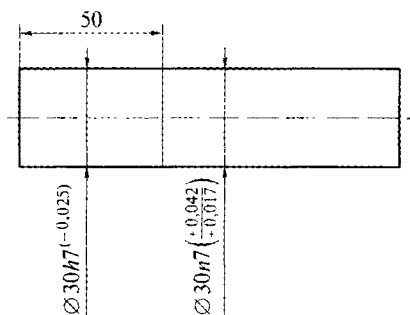


Рис. 2.18. Пример обозначения предельных отклонений

Контрольные вопросы

1. Как обозначаются посадки на чертежах?
2. Приведите примеры обозначения посадок.

2.9. Порядок выбора и назначения квалитетов точности и посадок

Выбор квалитета точности. Определение оптимальной точности обработки и выбор квалитета точности часто представляют собой сложную задачу. При произвольном назначении необоснованно высокого квалитета с малыми допусками увеличивается стоимость изготовления деталей. При выборе более грубого квалитета точности стоимость изготовления уменьшается, но снижается надежность и долговечность работы деталей в узле. Для решения этой задачи необходимо учесть не только характер посадки конкретного соединения, условия его работы, но и реко-

мендации, учитывающие целесообразность назначения того или иного качества и возможность изготовления деталей необходимой точности.

Общее представление о применении качеств в соединениях машин и механизмов можно получить из следующих примеров.

Качества 5 и 6 применяются в особо точных соединениях, таких как поршневой палец — втулка верхней головки шатуна двигателя автомобиля, шейки коленчатого вала — вкладыши подшипников и т. п.

Качества 7 и 8 применяются для соединений зубчатых колес с валом, установки подшипников качения в корпус, фрез — на оправки и т. п.

Качества 9 и 10 применяются в соединениях, где требования к точности понижены, но предъявляются сравнительно высокие требования к соосности и центрированию. Например, поршневое кольцо — канавка поршня по высоте, посадка звездочек на вал и т. д.

Качества 11 и 12 распространены в подвижных соединениях сельскохозяйственных машин, посадках часто снимаемых деталей не требующих высокой точности центрирования, в сварных соединениях.

Посадки с зазором. Характер и условия работы подвижных соединений отличаются разнообразием. Например, соединения: поршень — гильза, шейка коленчатого вала — вкладыш, поршневой палец — втулка верхней головки шатуна одного и того же двигателя — отличаются друг от друга характером взаимного перемещения деталей, температурным режимом, действующими нагрузками и т. д. Поэтому использовать единую методику расчета зазоров подвижных соединений для конкретного случая практически невозможно. Для каждого типа соединений существует своя методика расчета зазоров. Так как подбирать специальную методику в большинстве случаев не целесообразно, часто используют установленные практическим опытом примерные области применения рекомендуемых посадок.

Примерные области назначения посадок с зазором.

Посадки группы H/h характерны тем, что минимальный зазор в них равен нулю. Они применяются для пар с высокими требованиями к центрированию отверстия и вала, когда взаимное перемещение вала и отверстия предусматривается при регулировке, а также при малых скоростях и нагрузках.

Посадку $H5/h4$ назначают для соединений с высокими требованиями к точности центрирования и направлению, в которых допускается проворачивание и продольное перемещение деталей при регулировании. Эти посадки используют вместо переходных (в том числе для сменных частей). Для вращающихся деталей их применяют только при малых скоростях и нагрузках.

Посадку $H6/h5$ назначают при высоких требованиях к точности центрирования, например в пиноли задней бабки токарного станка, при установке измерительных зубчатых колес на шпинделях зубоизмерительных приборов.

Посадку $H7/h6$ (предпочтительную) назначают при менее жестких требованиях к точности центрирования (например, для сменных зубчатых колес в станках, в корпусах под подшипники качения в станках, автомобилях и других технических системах).

Посадку $H8/h7$ (предпочтительную) назначают для центрирующих поверхностей, когда можно расширить допуски на изготовление при несколько пониженных требованиях к соосности деталей.

ЕСДП допускает применение посадок группы H/h , образованных из полей допусков квалитетов с 9 по 12 для соединений с низкими требованиями к точности центрирования. Например, для посадки шкивов зубчатых колес, муфт и других деталей на вал с креплением шпонкой для передачи крутящего момента при невысоких требованиях к точности механизма в целом и небольших нагрузках.

Посадки группы H/g ($H5/g4$, $H6/g5$ и $H7/g6$ (предпочтительная)) имеют наименьший гарантированный зазор из всех посадок с зазором. Их применяют для точных подвижных соединений, требующих гарантированного, но небольшого зазора для обеспечения точного центрирования, например: золотника в пневматических устройствах, шпинделя в опорах делительной головки, в плунжерных парах и т. п.

Из всех подвижных посадок наиболее распространены посадки группы H/f ($H7/f7$ (предпочтительная), $H8/f8$ и подобные им посадки, образованные из полей допусков квалитетов 6 и 9). Например, посадку $H7/f7$ применяют в подшипниках скольжения малых и средних по мощности электродвигателей, поршневых компрессорах, коробках скоростей станков, центробежных насосах, двигателях внутреннего сгорания и других технических системах.

Посадки группы H/e ($H7/e8$, $H8/e8$ (предпочтительные), $H7/e7$ и посадки, подобные им, образованные из полей допусков квалитетов 8 и 9, обеспечивают легкоподвижное соединение при жидкостном трении. Их применяют для быстровращающихся валов. Например, первые две посадки применяют для валов турбогенераторов и электромоторов, работающих с большими нагрузками. Посадки $H9/e9$ и $H8/e8$ применяют для крупных подшипников в тяжелом машиностроении, свободно вращающихся на валах зубчатых колес и других деталей, включаемых муфтами сцепления, для центрирования крышек цилиндров.

Посадки группы H/d ($H8/d9$, $H9/d9$ (предпочтительные) и подобные им посадки, образованные из полей допусков квалитетов 7, 10 и 11), применяют сравнительно редко. Например, посадку

$H7/d8$ применяют при большой частоте вращения и относительно малом давлении в крупных подшипниках, а также в сопряжении поршень — цилиндр в компрессорах, а посадку $H9/d9$ — при невысокой точности механизмов.

Посадки группы H/c ($H7/c8$ и $H8/c9$) характеризуются значительными гарантированными зазорами, и их применяют для соединений с невысокими требованиями к точности центрирования. Наиболее часто эти посадки назначают для подшипников скольжения (с различными температурными коэффициентами линейного расширения вала и втулки), работающих при повышенных температурах (в паровых турбинах, двигателях, турбокомпрессорах, других технических системах, в которых при работе зазоры значительно уменьшаются вследствие того, что вал нагревается и расширяется больше, чем вкладыш подшипника).

Переходные посадки. Переходные посадки групп H/js , H/k , H/m , H/n применяются для неподвижных разъемных соединений, в которых требуется обеспечить центрирование сменных деталей или, при необходимости, перемещение друг относительно друга. Посадки характеризуются возможностью появления в сопряжении как зазоров, так и натягов. Неподвижность соединения достигается дополнительным креплением с помощью шпонок, штифтов и других видов креплений.

Переходные посадки предусмотрены только в квалитетах с 4 по 8. Причем точность вала в них предусматривается на один квалитет выше точности отверстия.

В переходных посадках наибольший натяг получается при сочетании наибольшего предельного размера вала (d_{\max}) и наименьшего предельного размера отверстия (D_{\min}), а наибольший зазор — при сочетании наибольшего предельного размера отверстия (D_{\max}) и наименьшего предельного размера вала (d_{\min}).

Посадка $H7/k6$ получила наибольшее распространение для центрирования деталей. Посадку $H7/n6$ рекомендуется применять в тех случаях, когда кроме центрирования необходимо обеспечить натяг для предотвращения осевых перемещений. При частой разборке и сборке соединений чаще всего рекомендуется посадка $H7/js6$.

Посадки с гарантированным натягом. Посадки с натягом применяют для получения неподвижных неразъемных соединений, причем относительная неподвижность сопрягаемых деталей обеспечивается за счет упругих деформаций, возникающих при соединении вала с отверстием. При этом предельные размеры вала больше предельных размеров отверстия. В некоторых случаях для повышения надежности соединения дополнительно используют штифты или другие средства крепления, при этом крутящий момент передается штифтом, а удерживаются детали от осевых перемещений посредством натяга.

Благодаря надежности и простоте конструкции и сборки узлов, включающих соединения с натягом, эти посадки применяются во всех отраслях машиностроения. Например, при сборке оси с колесом для железнодорожного транспорта, втулок с валами, ступицы червячного колеса с венцом и т.д.

Выбор способа получения соединения (под прессом, с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали и т.д.) определяется конструкцией деталей, их размерами, требуемой величиной натяга и другими факторами.

Надежность посадок с натягом зависит от многих составляющих: физико-механических свойств материалов соединяемых поверхностей, шероховатости и геометрии поверхностей, конструктивных факторов, величины натяга, метода сборки и т.д. Часть этих факторов учитывается при расчете посадки с натягом, а часть учесть в расчетах трудно или невозможно. Поэтому в ответственных случаях выбранную в соответствии с расчетом посадку рекомендуется проверять экспериментально.

Предпочтительные посадки с натягом по применяемости можно представить в порядке увеличения гарантированного натяга.

Для соединений тонкостенных деталей, а также деталей, испытывающих небольшие нагрузки, предпочтительной является посадка *H7/p6*. Для соединений кондукторных втулок с корпусом кондуктора, запорных втулок с дополнительным креплением и подобных соединений предпочтительными являются посадки *H7/r6*, *H7/s6*. Посадка *H7/u7* применяется для соединений втулок подшипников скольжения в тяжелом машиностроении, венцов червячных колес, маховиков и других подобных. Посадки, характеризующиеся самыми большими величинами гарантированного натяга — *H8/x8*, *H8/z8*, применяются для тяжело нагруженных соединений, воспринимающих большие крутящие моменты и осевые силы.

Контрольные вопросы

1. Чем руководствуются при выборе квалитетов точности?
2. От каких параметров зависит надежность посадок с гарантированным натягом?

2.10. Стандартизация и качество продукции

В результате производственной деятельности человека создаются материальные ценности, предназначенные для удовлетворения его определенных потребностей. Эти материальные ценности принято называть продукцией. Продукция может быть изделиями или продуктами.

Изделия — результат работы производственного предприятия, характеризуемый дискретной величиной, исчисляемой в штуках,

экземплярах и других счетных единицах. К изделиям относятся машины и приборы, а также их элементы (детали, агрегаты), швейные изделия и обувь, торты и ювелирные изделия и т. п.

Продукты — результат работы производственного предприятия (металлы, лес, нефтепродукты, краски, ткани, овощи, зерно и т. п.), характеризуемый непрерывной величиной, исчисляемой в килограммах, литрах, метрах, квадратных или кубических метрах и т. п.

По способу использования продукция может быть подразделена на два класса: первый — потребляемая продукция, второй — эксплуатируемая продукция.

Потребляемая продукция при использовании расходуется сама: топливо сгорает, материалы перерабатывают в изделие, продукты питания употребляют в пищу.

Эксплуатируемая продукция расходует свой ресурс, а масса продукции практически не уменьшается. К этому классу относятся все машины, приборы, оборудование. Физическая сущность и закономерности процесса расходования ресурса изучаются наукой о надежности машин.

В указанных классах продукция подразделяется на пять групп:

1) сырье и природное топливо — полезные ископаемые, нефть, газ, уголь, строительные материалы;

2) материалы и продукты — искусственное топливо, пластмассы, прокат, ткани, пищевые продукты, не вошедшие в первую группу;

3) расходные изделия — дозированные продукты в упаковке, консервы, жидкое топливо и смазочные материалы в бочках, кабель в бобинах и т. п.;

4) неремонтируемые изделия — электровакуумные и полупроводниковые элементы приборов, клиновые ремни, крепежные изделия и т. п.;

5) ремонтируемые изделия — машины, механизмы, приборы и оборудование длительного использования, в том числе тракторы, автомобили, сельскохозяйственные и гидромелиоративные машины, оборудование животноводческих ферм.

Каждый вид продукции обладает рядом специфических свойств, позволяющих отличить его от любого другого.

Свойство продукции — объективная особенность продукции, проявляющаяся при ее создании и использовании.

Признак продукции — качественная или количественная характеристика ее свойств.

Качественные признаки характеризуют цвет, форму, способ крепления деталей (сварка, клепка, свинчивание), способ настройки или регулировки (ручной, полуавтоматический, автоматический) изделия.

Количественный признак, или параметр продукции, дает численную характеристику отдельных свойств. Например, химический

состав материала, угол заточки резца, грузоподъемность автомобиля и т.д.

Не все свойства продукции имеют одинаковую значимость: одни являются важнейшими, другие второстепенными, а третьи могут не иметь никакого значения и никак не отражаться на эффективности использования данной продукции. Например, для грузового автомобиля важнейшими являются такие его свойства, как грузоподъемность, удельный расход топлива, пробег до капитального ремонта. А такие свойства, как электрическая проводимость, растворимость в азотной кислоте, не имеют значения, не отражают способности автомобиля выполнять его основные функции и поэтому не входят в состав качества изделия.

Качество продукции — совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Из этой формулировки следует, что, не все свойства изделия входят в понятие «качество», а только те, которые определяются потребностью общества в соответствии с назначением этого изделия. Качество продукции определяется потребностью общества в данном виде продукции, и если по каким-либо причинам потребность в этом виде продукции полностью исчезла, то и качество ее будет равно нулю.

Для оценки качества машин и других изделий разработана система показателей качества и методы их определения. Область практической и научной деятельности, которая занимается разработкой теоретических основ и методов количественной оценки качества продукции, называется *квалиметрией*.

Задачи квалиметрии состоят в определении номенклатуры необходимых показателей качества изделия и их оптимальных значений, разработке методов количественной оценки качества, создании методики учета изменения качества с течением времени.

Номенклатурой показателей качества промышленной продукции установлены десять групп показателей качества любых видов продукции, т.е. количественные характеристики свойств продукции, рассматриваемые применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации или потребления. В каждую группу входят как единичные, так и комплексные показатели качества.

Единичный показатель качества продукции отражает одно свойство (производительность, грузоподъемность, энергоемкость, ресурс и т.п.).

Комплексный показатель качества продукции характеризует несколько ее свойств. Таким показателем является, например, коэффициент готовности изделия, характеризующий одновременно его безотказность и ремонтпригодность, определяемый по формуле

$$K = T / (T + T_{\text{в}}),$$

где T — наработка на отказ (время работы изделия до первой потери работоспособности); $T_{\text{в}}$ — среднее время восстановления работоспособности.

Обобщенные показатели качества, которые представляют собой сумму единичных показателей, имеющих одну размерность, либо выражаются в относительных безразмерных единицах или в баллах с учетом коэффициента значимости каждого показателя, также относят к комплексным.

Показатели назначения — одна из важнейших групп показателей качества, характеризующих назначение, область применения, конструктивные и другие особенности изделия. В машиностроении наиболее часто используют такие показатели назначения, как универсальность машины, производительность, материалоемкость, энергоемкость.

Показатели надежности для продукции машиностроения — одна из важнейших групп. Надежность — свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Надежность — свойство изделия, определяемое четырьмя составляющими свойствами: безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью. Каждое из этих четырех свойств оценивается единичными показателями, несколько комплексных показателей выделено в особую группу.

Показатели технологичности характеризуют степень соответствия машины и ее элементов оптимальным условиям современного производства, рациональность использования конструктивных материалов, приспособленность продукции к применению прогрессивных технологических методов производства, возможность максимального использования централизованного производства и рациональной организации ремонта и обслуживания. Важнейшими технологическими показателями качества продукции являются коэффициент сборности изделия, коэффициент использования рациональных материалов, удельная трудоемкость производства, удельная материалоемкость.

Показатели стандартизации и унификации характеризуют степень использования или применения в данном изделии стандартизованных и унифицированных деталей, агрегатов, блоков и других составных элементов.

Патентно-правовые показатели включают в себя два безразмерных показателя: патентоспособности и патентной чистоты. Патентоспособным изделие является в том случае, если оно содержит технические решения, которые могут быть признаны изоб-

ретенением в одной или нескольких странах. Изделие обладает патентной чистотой в том случае, если оно не содержит технических решений, подпадающих под действие патентов, исключительного права на изобретения, промышленные образцы, а также свидетельства на товарные знаки, которые зарегистрированы в данной стране. Один и тот же технический объект обладает патентной чистотой в отношении одних стран и не обладает таковой в отношении других, где действуют покрывающие его патенты.

Эргономические показатели качества позволяют оценивать степень приспособленности машины к взаимодействию с человеком-оператором с точки зрения оптимальных условий для эффективного управления машиной, соблюдения необходимых норм гигиены и техники безопасности для оператора и окружающих людей. Термины и определения, относящиеся к эргономическим показателям качества, классифицированы по четырем подгруппам: гигиенические, антропометрические, физиологические и психофизиологические, психологические. В связи с увеличением интенсивности работы машин, усложнением их конструкции, повышением важности выполняемых ими функций эргономические показатели качества приобретают особое значение.

Эстетические показатели качества характеризуют внешний вид продукции, ее соответствие современному стилю, гармоничность сочетания отдельных элементов машины между собой, а также всей машины с окружающей средой, соответствие форм машины ее назначению, колористическое (цветовое) оформление, а также качество и совершенство отделки внешних поверхностей и других элементов.

Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность продукции к перемещениям в пространстве, не сопровождающимся ее использованием или потреблением. Они выбираются с учетом конкретного вида транспорта и определяют затраты (трудовые и материальные) на операции по подготовке к транспортированию и непосредственно транспортные.

Показатели безопасности характеризуют свойства продукции, обуславливающие безопасность человека при использовании продукции. Например, время срабатывания защитных устройств, сопротивление изоляции токоведущих частей и т. п.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий возникающих при эксплуатации продукции на окружающую среду и человека. Например, содержание вредных элементов в составе продукции или ее выбросах.

Показатели качества определяются при помощи объективного (инструментальный) и субъективного (экспертный) методов.

Инструментальный метод включает в себя определение показателей качества продукции с помощью измерительных средств: весов, спидометров, расходомеров и т. д.

Разновидностью инструментального метода можно считать *расчетный метод* определения показателей качества. Он основан на вычислениях с использованием значений параметров, найденных другими методами (например, расход топлива на 1 км пробега, коэффициент полезного действия, производительность машины).

Экспертный метод — определение показателей качества продукции на основе решения, принимаемого группой специалистов-экспертов. Данный метод часто применяют для определения комплексных показателей качества. По возможности следует пользоваться объективными методами определения показателей качества продукции и отдавать им предпочтение по сравнению с показателями, полученными субъективными методами. Разновидности экспертного метода — органолептический и социологический методы.

Органолептический метод — определение показателей качества продукции (в баллах) на основе анализа восприятия органов чувств человека: зрения, слуха, обоняния, осязания и вкуса — без применения технических измерительных или регистрационных средств. Этим методом определяют, например, эстетические показатели, оказывающие воздействие на потребителя, вкусовые качества фруктов и т. д.

Социологический метод основан на сборе и учете мнений фактических или возможных потребителей продукции. Этим методом определяют в основном показатели качества товаров народного потребления.

Методы оценки качества продукции. Систематическое проведение мероприятий по оценке уровня качества — один из основных элементов системы управления качеством продукции.

Уровень качества продукции — относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей.

Базовый показатель — показатель качества продукции, принятой за исходную при сравнительных оценках качества. За базовые принимают показатели продукции, выбранной в качестве эталона. Эталонами могут служить лучшие отечественные или зарубежные образцы, вновь проектируемые или намечаемые к производству.

При анализе изменения качества продукции в процессе ее производства за базовые показатели принимают значения, уже достигнутые ранее.

Уровень качества однородной продукции может быть определен дифференциальным, комплексным и смешанным методами.

Дифференциальный метод оценки уровня качества заключается в раздельном сопоставлении единичных показателей качества рас-

смаатриваемого изделия с аналогичными базовыми, показателями. Этот метод не позволяет получить однозначное численное значение уровня качества продукции, однако благодаря простоте и доступности применяется довольно широко.

Метод применяют для тех показателей, увеличение которых свидетельствует об улучшении качества изделия (производительность, мощность, ресурс), а также для показателей, уменьшение которых свидетельствует об улучшении качества изделий (себестоимость, материалоемкость, энергоемкость).

Если уровень качества рассматриваемого изделия превышает уровень эталона или соответствует ему, то все относительные показатели будут больше единицы или равны ей. Если же часть из них окажется меньше единицы, то заключение об уровне качества изделия дифференциальным методом сделать нельзя, и надо использовать комплексный метод.

Комплексный метод оценки уровня качества предусматривает применение обобщенных показателей качества. Этот метод позволяет получить однозначную численную оценку уровня качества продукции.

Если единичные показатели качества рассматриваемой продукции выражаются в баллах и им присваиваются некоторые коэффициенты весомости, то обобщенный показатель качества можно определить как сумму единичных показателей качества умноженных на коэффициент весомости.

Уровень качества при комплексном методе оценки равен отношению вычисленного обобщенного показателя к установленному заранее базовому обобщенному показателю.

Смешанный метод оценки уровня качества применяют в тех случаях, когда обобщенный показатель качества, используемый при комплексном методе, недостаточно полно учитывает все существенные свойства продукции, например эргономические, эстетические и патентно-правовые.

Уровень качества продукции оценивают смешанным методом следующим образом:

- объединяют в группы единичные показатели качества и для каждой группы определяют соответствующий ей комплексный показатель (наиболее важные показатели качества, как правило, не объединяют в группы и используют как единичные);
- рассматривают полученные комплексные показатели качества по группам и выделенные единичные показатели, применяя дифференциальный метод оценки.

В том случае, когда оценивают качество разнородной продукции, что часто бывает необходимым при сравнении деятельности различных предприятий, используют индексы качества.

Индекс качества продукции — комплексный показатель качества разнородной продукции.

При определении индексов качества продукции учитывают ее качество и цена, причем уровни качества продукции каждого вида берут изменяющимися, а цену для базового и рассматриваемого периодов принимают неизменной.

Управление качеством. Управление качеством промышленной продукции — это установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции на всех стадиях ее жизненного цикла: разработке, производстве, эксплуатации (или потреблении) и утилизации, — осуществляемое путем систематического контроля за качеством и целенаправленным воздействием на условия и факторы, влияющие на качество продукции.

В марте 1987 г. международная организация по стандартизации (ИСО) приняла пакет международных стандартов серии 9000, в которых отражен международный опыт по управлению качеством продукции.

Пакет принятых международных и отечественных стандартов на системы качества (по управлению качеством) в настоящее время состоит из следующих:

СТ ИСО 8402 — 86 «Качество. Словарь»;

ГОСТ Р ИСО 9000 — 2001 «Система менеджмента качества. Основные положения и словарь»;

ГОСТ Р ИСО 9001 — 96 «Системы качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании»;

ГОСТ Р ИСО 9001 — 2001 «Система менеджмента качества. Требования»;

ГОСТ Р ИСО 9002 — 96 «Системы качества. Модель для обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании»;

ГОСТ Р ИСО 9003 — 96 «Системы качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях»;

ГОСТ Р ИСО 9004 — 2001 «Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению».

В этих стандартах задачи, стоящие перед организацией в области качества, сформулированы следующим образом:

1) организация должна достигать и поддерживать качество продукции или услуги на уровне, обеспечивающем постоянное удовлетворение установленным или предполагаемым требованиям;

2) организация должна обеспечивать своему руководству уверенность в том, что намеченное качество достигается и поддерживается на заданном уровне;

3) организация должна обеспечивать потребителю уверенность в том, что намеченное качество поставляемой продукции или предоставляемой услуги достигается или будет достигнуто.

Ориентация на удовлетворение требований потребителя является главным отличием указанных стандартов. Особенно отчетли-

во это отражено в стандарте ИСО 9004, где рассмотрены технические, административные и человеческие факторы, влияющие на качество продукции или услуги на всех этапах петли качества от выявления потребности до удовлетворения потребителя.

В рекомендациях по применению стандартов рассмотрены: область распространения и сфера действия стандартов, правила их выбора, основные принципы системы качества, документация системы качества, порядок проведения на предприятии работ по применению указанных стандартов, проверка, анализ и оценка системы качества.

Указанные стандарты действуют в условиях, когда осуществляется проверка системы обеспечения качества продукции на предприятии. Системой обеспечения качества принято называть совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, необходимых для создания уверенности в том, что продукция (услуга) удовлетворяет определенным требованиям к качеству.

Поскольку каждый стандарт содержит нормы, следование которым необходимо для обеспечения качества, то цель проверки состоит в установлении соответствия фактического положения дел указанным нормам.

Обязательная проверка системы обеспечения качества может быть частью более общей процедуры (например, сертификации продукции, аттестации продукции, официальной оценки системы качества и т. д.).

Правила выбора стандартов. Каждый государственный стандарт содержит нормы, выполнение которых обеспечивает качество в определенных конкретных условиях. Например, ГОСТ Р ИСО 9001—2001 используют, когда необходимо обеспечить качество на всех стадиях жизненного цикла, ГОСТ Р ИСО 9002—96 — при необходимости обеспечить качество в процессе производства и монтажа, ГОСТ Р ИСО 9003—96 используют, когда качество должно быть обеспечено в процессе окончательного контроля и испытаний. Все указанные критерии выбора называются *функциональными*. Кроме них при выборе стандарта учитывают еще ряд факторов: сложность процесса проектирования, обоснованность проектов, сложность производственного процесса, характеристики продукции, безопасность продукции, экономический фактор.

Основные принципы системы качества. Системы управления качеством (или просто системы качества) создаются и внедряются на предприятии для того, чтобы обеспечить проведение определенной политики в области качества и достижение целей, сформулированных в области качества. Из этого следует, что первично в создании системы качества формирование и документальное оформление руководством предприятия политики в области качества.

Политика в области качества может быть сформулирована по-разному: либо в виде принципа деятельности по поддержанию

качества продукции на определенном техническом уровне либо в виде конкретной долгосрочной цели (например, к 2008 г. за счет повышения качества продукции выйти на зарубежный рынок).

Система управления качеством разрабатывается для каждого конкретного вида продукции отдельно. По этой причине на одном предприятии, выпускающем разные виды продукции, может быть несколько систем (подсистем) качества.

Контрольные вопросы

1. Поясните, в чем отличие понятий «изделие» и «продукция».
2. Чем занимается наука «квалиметрия»?
3. Сколько групп показателей качества установлено? Перечислите их.
4. Какими методами можно определить уровень качества продукции?
5. Какими основными нормативными документами устанавливаются требования и задачи в области качества?

ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

3.1. Цели и задачи подтверждения соответствия

Подтверждение соответствия, в том числе сертификация, является для России достаточно новой областью деятельности. Федеральным законом РФ «О техническом регулировании» устанавливается понятие «подтверждение соответствия».

Под *подтверждением соответствия* понимается документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. Подтверждение соответствия может носить обязательный и добровольный характер. Обязательное подтверждение соответствия может осуществляться в форме декларирования или в форме обязательной сертификации.

Декларирование соответствия — форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов, выполняемая изготовителем (производителем, поставщиком). В этом случае ответственность несет сам изготовитель.

Сертификация — форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. За выданный сертификат соответствия ответственность несет орган по сертификации.

Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться только в форме добровольной сертификации.

На рис. 3.1 представлена схема форм подтверждения соответствия. Подтверждение соответствия осуществляется в целях:

- удостоверения соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;
- содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;



Рис. 3.1. Схема подтверждения соответствия

- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, 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 технических регламентов;
- установления перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем техническом регламенте;
- уменьшения сроков осуществления обязательного подтверждения 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.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под подтверждением соответствия?
2. Какие в настоящее время приняты в Российской Федерации формы подтверждения соответствия?
3. Какие принципы положены в основу подтверждения соответствия?

3.2. Системы сертификации, подтверждения соответствия. Схемы декларирования и сертификации

Сертификация продукции, процессов, услуг и иных объектов может осуществляться только в какой-либо системе сертификации.

Под *системой сертификации* понимается совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Системы сертификации могут быть международными, национальными, региональными и межрегиональными.

Россия является участником различных международных систем добровольной сертификации, таких как систем сертификации бытового электрооборудования, сертификации электронной техники, сертификации спортивного и охотничьего оружия, сертификации авиационной техники, сертификации продукции судостроения и др.

Любая система сертификации включает в себя участников системы: центральный орган по сертификации (ЦОС), органы по сертификации (ОС), испытательные лаборатории (центры) (ИЛ, ИЦ) и совет по сертификации. Также участником системы сертификации является заявитель.

Типовая структурная схема, по которой строятся системы сертификации, представлена на рис. 3.2. На рис. 3.3 для примера представлена действующая организационная структура системы сертификации механических транспортных средств и прицепов.

Функции системы сертификации:

- сертификация продукции, услуги иных объектов, в том числе и систем качества;

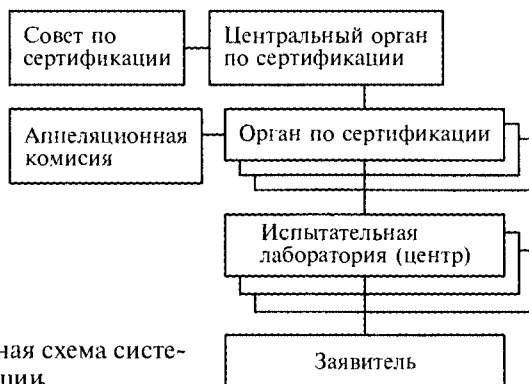


Рис. 3.2. Типовая структурная схема системы сертификации

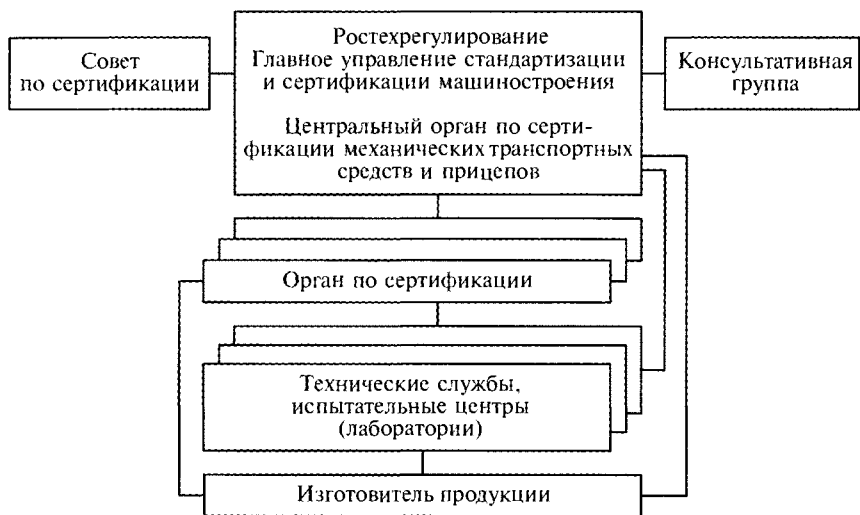


Рис. 3.3. Организационная структура системы сертификации механических транспортных средств и прицепов

- аккредитация органов по сертификации продукции, органов по сертификации систем качества;
 - аккредитация испытательных лабораторий (центров);
 - участие в подготовке к аттестации аудиторов (экспертов) для юридических лиц, участвующих в деятельности системы сертификации;
 - участие в повышении квалификации специалистов в области качества, испытаний и сертификации;
 - оказание консультативно-методических услуг по подготовке предприятий к сертификации систем качества или сертификации продукции, а также
 - аккредитации испытательных лабораторий (центров); обеспечение взаимного признания сертификатов, аттестатов, знаков соответствия и результатов испытаний;
 - взаимодействие с отечественными, национальными и международными организациями по сертификации.
- Установлены основные функции участников системы.
- Центральный орган по сертификации:*
- управляет системой, организует работу и устанавливает общие правила проведения сертификации в системе;
 - координирует деятельность и осуществляет методическое руководство органов по сертификации и испытательных центров (лабораторий);
 - организует по поручению Госстандарта России работу по аккредитации участников системы, осуществляет инспекционный контроль за их деятельностью;

- готовит предложения по присоединению к другим системами взаимному признанию документов соответствия;
- при отсутствии аккредитованного органа по сертификации осуществляет его функции;
- формирует совет по сертификации, утверждает его состав и организует его работу;
- организует информационное обеспечение о правилах и процедурах сертификации, аккредитованных участников системы и результатах сертификации;
- взаимодействует с потребителями и другими организациями, получает от них необходимую документацию;
- взаимодействует с Техническим комитетом по стандартизации сертифицируемых видов продукции и услуг;
- формирует и актуализирует фонд нормативных документов, применяемых при сертификации;
- проводит по поручению Ростехрегулирования выборочный контроль органов по сертификации и испытательных центров (лабораторий);
- готовит для Ростехрегулирования вопросы, связанные с функционированием системы.

Орган по сертификации:

- принимает и рассматривает заявки на сертификацию конкретной продукции, определяет по каждой конкретной заявке испытательный центр (лабораторию);
- разрабатывает, согласовывает с заинтересованными организациями и подготавливает к утверждению правила сертификации конкретных видов продукции;
- ведет реестр сертифицированной продукции, информирует о результатах сертификации;
- составляет и прорабатывает с заинтересованными организациями перечни конкретных видов продукции, подлежащей обязательной сертификации, и нормативных документов, которым она должна соответствовать;
- формирует и актуализирует фонд нормативных документов, распространяющихся на сертифицированную продукцию;
- ведет работу по признанию зарубежных сертификатов и иных документов соответствия, готовит предложения о присоединении к национальным, региональным и международным системам сертификации;
- организует и проводит проверку условий производства сертифицируемой продукции;
- выдает, отказывает в выдаче или отменяет сертификаты соответствия;
- взаимодействует с территориальными органами и институтами Госстандарта по вопросам инспекционного контроля за производством сертифицированной продукции;

- взаимодействует с Техническим комитетом по стандартизации сертифицируемых видов продукции и услуг;
- взаимодействует с потребителями и с другими организациями в части получения информации на соответствие продукции сертифицированному образцу.

Испытательный центр (лаборатория):

- разрабатывает программы, типовые и рабочие методики испытаний по каждому нормативному документу;
- рассматривает полученную от изготовителя документацию и проводит экспертизу объектов испытаний на соответствие этой документации;
- проводит сертификационные испытания. Ведет регистрацию и учет испытаний. Проводит анализ сертификационных испытаний, оформляет и направляет в орган по сертификации и заявителю официальные протоколы по результатам испытаний;
- проводит испытания сертифицированной продукции в рамках инспекционного контроля;
- выдает заключения о возможности распространения результатов испытаний, сертификатов соответствия, одобрений типа продукции;
- участвует в разработке и совершенствовании нормативных документов на продукцию, а также на методы и средства испытаний;
- обращается в орган по сертификации с предложениями о прекращении действия ранее выданных сертификатов соответствия;
- вносит в орган по сертификации предложения о приостановке (запрещении) изготовления, поставки, продажи, закупки, эксплуатации, использования отдельных видов продукции (моделей, модификаций), в том числе и импортированной, если при испытаниях обнаружено несоответствие полученных значений характеристик требованиям нормативных документов или эти значения свидетельствуют об угрозе жизни, здоровью и имуществу граждан или вредном воздействии на окружающую среду;
- участвует в контрольных испытаниях, проводимых в испытательных лабораториях изготовителей сертифицированной продукции;
- участвует совместно или по поручению органа по сертификации в проверке условий производства;
- взаимодействует с другими испытательными лабораториями (центрами);
- формирует предложения по методическому обеспечению и техническому оснащению испытательных лабораторий (центров);
- формирует и ведет фонд нормативных документов, применяемых при сертификации, ведет организационно-методические документы.

Совет по сертификации:

- разрабатывает предложения по формированию единой политики сертификации в рамках системы;
- осуществляет анализ функционирования системы, подготавливает рекомендации по ее совершенствованию и содействует их реализации;
- рассматривает проекты программ работ в области сертификации, разрабатываемые участниками системы;
- подготавливает рекомендации по созданию органов по сертификации, испытательных центров (лабораторий), по номенклатуре продукции и срокам введения обязательной сертификации;
- содействует распространению информации об общих направлениях деятельности участников системы, ее состоянии и развитии в целях формирования общественного мнения;
- рассматривает, определяет и принимает планы (программы) работ совета по сертификации.

Подтверждение соответствия продукции (процессов, услуг и др.) требованиям технических регламентов (обязательные требования) осуществляется в соответствии с формами и схемами обязательного подтверждения соответствия, применение которых позволяет обеспечивать единообразие приемов доказательства соответствия, заранее известных участникам подтверждения соответствия, органам государственного контроля (надзора) и другим заинтересованным сторонам. Схемы обязательного подтверждения соответствия завершаются выдачей сертификата соответствия или принятием декларации о соответствии. Схемы подтверждения соответствия обязательно регламентируются техническими регламентами.

Рекомендации для их разработки даны в документе Р 50.1.044-2003 «Рекомендации по разработке технических регламентов», гармонизированы с европейским модульным подходом к оценке соответствия в той степени, в которой это не противоречит нормам Федерального закона «О техническом регулировании».

Приоритетной формой обязательного подтверждения соответствия является декларирование, осуществляемое в соответствии с требованиями технических регламентов. Обязательная сертификация должна применяться только в обоснованных случаях. Обоснованность ее применения рекомендуется определять с помощью следующих критериев:

1) высокая степень потенциальной опасности продукции в сочетании со специальными мерами по защите рынка, когда необходимо дополнительно учитывать конкретную сложившуюся ситуацию на определенном секторе рынка (примером этого может быть введение обязательной сертификации лекарственных средств);

2) принадлежность конкретной продукции к сфере действия международных соглашений, конвенций и других документов, к которым присоединилась Россия и в которых предусмотрена сертификация подобной продукции;

3) исключение случаев, когда заявитель не может реализовать положения закона об обязательном подтверждении соответствия, например при отсутствии на территории Российской Федерации полномочного представителя зарубежного изготовителя или при невозможности заявителя (продавца) обеспечить собственные доказательства подтверждения соответствия в требуемом объеме, (предусмотренном техническим регламентом).

Первый критерий используется для обеспечения необходимой защиты рынка от опасной продукции в случае, когда состояние определенного сектора российского рынка не вызывает доверия к объективности декларирования соответствия поставщиками данной продукции (даже с частичным участием третьей стороны).

Второй критерий используется в случаях, когда действующие в стране правила сертификации обусловлены международными соглашениями и функционируют в соответствии с этими соглашениями. Например, система сертификации механических транспортных средств на соответствие правилам ЕЭК ООН; система сертификации электрооборудования (МЭК СЭ) и др. Это обязательно относится к международным договорам, предусмотренным Федеральным законом «О техническом регулировании». Если международным договором Российской Федерации в сфере технического регулирования установлены иные правила, чем те, которые предусмотрены настоящим Федеральным законом, применяются правила международного договора. В случаях, если из международного договора следует, что для его применения требуется издание внутрисоюзного акта, применяются правила международного договора. Принятое на его основе законодательство Российской Федерации имеет приоритет в случае, когда выполнение положений соглашений носит добровольный характер.

Применение обязательной сертификации продукции, подпадающей под соглашение, позволяет сохранить возможность взаимного признания результатов подтверждения соответствия без повторной сертификации, предусмотренной этим соглашением (системой сертификации).

Третий критерий определяется случаями, когда заявитель не имеет возможности принять декларацию о соответствии, не нарушая норм Федерального закона «О техническом регулировании» и соответствующего технического регламента. Это положение, прежде всего, относится к импортируемой продукции, когда у зарубежного изготовителя нет полномочного представителя на территории Российской Федерации или когда первая сторона (в

основном, продавец) не имеет собственных доказательств соответствия, предусмотренных техническим регламентом.

Применение третьего критерия дает возможность избежать ситуации, когда необходимая рынку продукция не может быть выпущена в обращение на территории Российской Федерации из-за отсутствия не доступной для поставщика процедуры подтверждения соответствия. Например, при отсутствии лица, выполняющего функции иностранного изготовителя.

Как уже говорилось, подтверждение соответствия продукции обязательным требованиям в рамках установленной формы обязательного подтверждения соответствия осуществляется согласно схемам обязательного подтверждения соответствия, каждая из которых представляет собой полный набор операций и условий их выполнения участниками подтверждения соответствия.

Схемы могут включать одну или несколько операций, результаты которых необходимы для подтверждения соответствия продукции установленным требованиям, в том числе:

- испытания (типовых образцов, партий или единиц продукции);
- сертификацию системы качества (на стадиях проектирования и производства, только производства или при окончательном контроле и испытаниях);
- инспекционный контроль.

Схемы декларирования необходимо выбирать таким образом, чтобы они были не слишком обременительны в сравнении с требованиями, представленными в техническом регламенте.

Конкретные схемы декларирования для конкретных видов продукции определяются техническим регламентом. При разработке этих регламентов могут использоваться схемы декларирования и обязательной сертификации, рекомендованные Р 50.1.044 «Разработка технических регламентов».

При декларировании завершающей операцией является принятие заявителем декларации о соответствии, в схемах сертификации — выдача заявителю сертификата соответствия.

В табл. 3.1 представлены схемы декларирования, рекомендованные Р 50.1.044.

Рассмотрим представленные схемы декларирования.

Схема Id включает в себя следующие операции:

- формирование комплекта технической документации;
- принятие декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Техническая документация должна позволять проведение оценки соответствия продукции требованиям технического регламента. Она должна в необходимой для оценки мере отражать проект (технические условия), способ производства и принцип действия

Схемы декларирования

Обозначение схемы по Р 50.1.044 — 2003	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля, близ- кого к схеме
1д	<i>Заявитель</i> приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле и принимает декларацию о соответствии	А
2д	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии	С
3д	<i>Орган по сертификации</i> сертифицирует систему качества на стадии производства. <i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии. <i>Орган по сертификации</i> осуществляет инспекционный контроль за системой качества заявителя	D
4д	<i>Орган по сертификации</i> сертифицирует систему качества на этапах окончательного контроля и испытаний. <i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии. <i>Орган по сертификации</i> осуществляет инспекционный контроль за системой качества заявителя	E
5д	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания выборочной партии выпускаемой продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии	F

Обозначение схемы по Р 50.1.044--2003	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля, близ- кого к схеме
6д	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания каждой единицы продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии	<i>Г</i>
7д	<i>Орган по сертификации</i> сертифицирует систему качества на стадиях проектирования и производства. <i>Заявитель</i> проводит испытания образца продукции и принимает декларацию о соответствии. <i>Орган по сертификации</i> осуществляет инспекционный контроль за системой качества заявителя	<i>Н</i>

продукции, а также содержать доказательства соответствия продукции техническому регламенту.

Примерный состав технической документации:

- общее описание продукции и принцип действия;
- проектные данные, чертежи, схемы, технические условия;
- перечень полностью или частично используемых стандартов и описание решений для обеспечения соответствия продукции требованиям технического регламента;
- результаты проектных расчетов, проведенных проверок;
- протоколы испытаний.

Конкретные требования к составу технической документации устанавливаются в техническом регламенте на данный вид продукции.

Заявитель (изготовитель):

- принимает все необходимые меры, чтобы процесс производства обеспечил соответствие изготавливаемой продукции технической документации и относящимся к ней требованиям технического регламента;
- принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании»;
- маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке.

Схема 2д включает в себя следующие операции:

- испытания типового образца, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией;
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Протокол испытаний типового образца продукции кроме характеристик продукции должен содержать описание типа продукции непосредственно или в виде ссылки на технические условия или другой аналогичный документ, а также содержать заключение о соответствии образца технической документации, по которой он изготовлен.

Заявитель маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке. В процессе производства данной продукции заявитель должен выполнять требования, вытекающие из положений сертифицированной системы качества и поддерживать ее функционирование надлежащим образом.

Схема 3д включает в себя следующие операции:

- испытания типового образца, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией;
- подача заявителем заявки в орган по сертификации на проведение сертификации системы качества;
- проведение аккредитованным органом сертификации системы качества, касающейся производства продукции;
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;
- инспекционный контроль органа по сертификации за системой качества.

Протокол испытаний типового образца кроме характеристик продукции должен содержать описание типа продукции непосредственно или в виде ссылок на технические условия или другой аналогичный документ, а также содержать заключение о соответствии образца технической документации, по которой он изготовлен.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей системы качества применительно к соответствующей продукции в один из аккредитованных органов по сертификации систем качества по своему выбору. В заявке должен быть указан документ, на соответствие которому проводится сертификация системы качества.

Система качества должна обеспечивать соответствие изготавливаемой продукции технической документации и требованиям технического регламента. При получении сертификата на систему качества заявитель принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании».

Заявитель маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке. В процессе

производства данной продукции заявитель должен выполнять требования, вытекающие из положений сертифицированной системы качества и поддерживать ее функционирование надлежащим образом.

Заявитель также должен своевременно информировать орган по сертификации о всех запланированных изменениях системы качества. Орган по сертификации проверяет эти изменения и решает, будет ли сохраняться ранее сделанная оценка на систему качества с введенными изменениями. О своем решении он сообщает заявителю.

Инспекционный контроль осуществляется в виде систематических проверок. Периодичность таких проверок может быть определена в техническом регламенте. Кроме того, орган по сертификации имеет право проводить внезапные проверки. Во время проверок он может поручить или провести сам испытания с целью контроля эффективности функционирования системы качества. Результаты инспекционных проверок оформляются актом и доводятся до сведения заявителя.

Схема 4d включает в себя следующие операции:

- испытания типового образца, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией;
- подача заявителем заявки в орган по сертификации на проведение сертификации системы качества;
- проведение аккредитованным органом сертификации системы качества, касающейся контроля и испытания продукции;
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;
- инспекционный контроль органа по сертификации за системой качества.

Протокол испытаний типового образца кроме характеристик продукции должен содержать описание типа продукции непосредственно или в виде ссылок на технические условия или другой аналогичный документ, а также содержать заключение о соответствии образца технической документации, по которой он изготовлен.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей системы качества применительно к соответствующей продукции в один из аккредитованных органов по сертификации систем качества по своему выбору. В заявке должен быть указан документ, на соответствие которому проводится сертификация системы качества.

Система качества должна обеспечивать соответствие изготавливаемой продукции технической документации и требованиям технического регламента. При получении сертификата на систему качества заявитель принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании».

Заявитель маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке. В процессе производства данной продукции заявитель должен выполнять требования, вытекающие из положений сертифицированной системы качества и поддерживать ее функционирование надлежащим образом.

Заявитель также должен своевременно информировать орган по сертификации о всех запланированных изменениях системы качества. Орган по сертификации проверяет эти изменения и решает. Будет ли сохраняться ранее сделанная оценка на систему качества с введенными изменениями. О своем решении он сообщает заявителю.

Инспекционный контроль осуществляется в виде систематических проверок. Периодичность таких проверок может быть определена в техническом регламенте. Кроме того, орган по сертификации имеет право проводить внезапные проверки. Результаты инспекционных проверок оформляются актом и доводятся до сведения заявителя.

Схема 5д включает в себя следующие операции:

- испытания партий продукции, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией, и выдача протоколов испытаний заявителю;
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Заявитель-изготовитель принимает все необходимые меры, чтобы процесс производства обеспечил соответствие изготавливаемой продукции технической документации и требованиям технического регламента. Заявитель принимает декларацию о соответствии и регистрирует ее в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании». Заявитель маркирует продукцию, прошедшую испытания, знаком обращения на рынке.

Схема 6д включает в себя следующие операции:

- испытания каждой единицы продукции, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией, и выдача протоколов испытаний заявителю;
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Заявитель принимает декларацию о соответствии и регистрирует ее в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании».

Схема 7д включает в себя следующие операции:

- испытания типового образца. Проведенные заявителем или другой организацией по его поручению;
- подача заявителем заявки в орган по сертификации на проведение сертификации системы качества;

- проведение аккредитованным органом сертификации системы качества, касающейся проектирования и производства продукции;
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;
- инспекционный контроль органа по сертификации за системой качества.

Протокол испытаний типового образца кроме характеристик продукции должен содержать описание типа продукции непосредственно или в виде ссылок на технические условия или на другой аналогичный документ, а также содержать заключение о соответствии образца технической документации, по которому он изготовлен.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей системы качества применительно к соответствующей продукции в один из аккредитованных органов по сертификации систем качества по своему выбору. В заявке должен быть указан документ, на соответствие которому проводится сертификация системы качества.

Система качества должна обеспечивать соответствие изготавливаемой продукции технической документации и требованиям технического регламента. При получении сертификата на систему качества заявитель принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании».

Заявитель маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке. В процессе производства данной продукции заявитель должен выполнять требования, вытекающие из положений сертифицированной системы качества и поддерживать ее функционирование надлежащим образом.

Заявитель также должен своевременно информировать орган по сертификации о всех запланированных изменениях системы качества. Орган по сертификации проверяет эти изменения и решает, будет ли сохраняться ранее сделанная оценка на систему качества с введенными изменениями. О своем решении он сообщает заявителю.

Инспекционный контроль осуществляется в виде систематических проверок. Периодичность таких проверок может быть определена в техническом регламенте. Кроме того, орган по сертификации имеет право проводить внезапные проверки. Во время проверок он может поручить или провести сам испытания в целях контроля эффективности функционирования системы качества. Результаты инспекционных проверок оформляются актом и доводятся до сведения заявителя.

Выбор схем осуществляется с учетом максимального риска от недостоверной оценки соответствия и ущерба от применения про-

дукции, прошедшей подтверждение соответствия. При этом также учитывается объективность оценки, характеризующая степень независимости исполнителей операции (первая или третья сторона).

Схему 1д следует рекомендовать для продукции, для которой:

- степень потенциальной опасности невысока или конструкция (проект) признается простой;
- показатели безопасности мало чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов;
- предусмотрены государственный контроль (надзор) на стадии обращения.

Схемы 2д... 4д рекомендуется применять, когда затруднительно обеспечить достоверные испытания типового представителя самим изготовителем, а характеристики продукции имеют большое значение для обеспечения безопасности. При этом *схемы 3д и 4д* рекомендуется использовать в тех случаях, когда конструкция (проект) признана простой, а чувствительность показателей безопасности продукции к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов высока. *Схема 4д* выбирается в случае, когда соответствие продукции можно отслеживать в процессе контроля и испытаний.

Для продукции, степень потенциальной опасности которой достаточно высока, рекомендуется использовать *схемы 5д, 6д* или *7д*.

Выбор между ними определяется степенью чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов, а также степенью сложности конструкции (проекта).

Схемы 5д и 6д рекомендуется использовать в тех случаях, когда показатели безопасности продукции малочувствительны к изменению производственных и эксплуатационных факторов.

Схема 7д может быть рекомендована для подтверждения соответствия сложной продукции в случаях, если показатели безопасности продукции чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов.

Применение выше приведенных схем рекомендуется в случаях, когда декларацию о соответствии принимает изготовитель. Если декларацию о соответствии принимает продавец, который не имеет возможности собрать собственные доказательства о соответствии, должны применяться *схемы 5д* или *6д*.

В конкретных случаях при необходимости все выше перечисленные схемы могут дополняться и детализовываться положениями, учитывающим специфику продукции, особенности ее производства и применения.

При необходимости обязательной сертификации продукции используются схемы сертификации, приведенные в табл. 3.2.

Представим описание схем сертификации.

Схемы обязательной сертификации

Обозначение схемы по Р 50.1.044 — 2003	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение прежней схемы*
1с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия	1
2с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> проводит анализ состояния производства и выдает заявителю сертификат соответствия	1а
3с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия и осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов сертифицированной продукции)	2, 3, 4
4с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия и осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции и анализ состояния производства)	2а, 3а, 4а

Обозначение схемы по Р 50.1.044 — 2003	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение прежней схемы*
5с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> проводит сертификацию системы качества или производства, выдает заявителю сертификат соответствия и осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (контроль системы качества, производства, испытания образцов продукции, взятых у изготовителя или продавца)	5
6с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания партии продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия	7
7с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания каждой единицы продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия	8

* Из числа схем, установленных Изменением № 1 документа «Порядок проведения сертификации продукции в Российской Федерации».

Схема 1с включает в себя следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие решения по ней органом по сертификации;
- проведение испытаний типового образца продукции аккредитованной испытательной лабораторией;
- анализ результатов испытаний и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области своей аккредитации.

Орган по сертификации сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации.

Испытания типового образца (типовых образцов) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний. При положительных результатах испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Схема 2с включает следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие решения по ней органом по сертификации;
- проведение испытаний типового образца продукции аккредитованной испытательной лабораторией;
- проведение органом по сертификации анализа состояния производства;
- обобщение результатов испытаний и анализа состояния производства и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области своей аккредитации.

Орган по сертификации сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации.

Испытания типового образца (типовых образцов) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний. Органом по сертификации проводится у заявителя анализ состояния производства. Результаты анализа оформляются актом.

При положительных результатах испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Схема 3с включает в себя следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;

- рассмотрение заявки и принятие решения по ней органом по сертификации;
- проведение испытаний типового образца продукции аккредитованной испытательной лабораторией;
- анализ результатов испытаний и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;
- инспекционный контроль за сертифицированной продукцией.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области своей аккредитации.

Орган по сертификации сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации.

Испытания типового образца (типовых образцов) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний. При положительных результатах испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Орган по сертификации проводит инспекционный контроль за сертифицированной продукцией в течение срока действия сертификата соответствия путем периодических испытаний образцов сертифицированной продукции. Место отбора образцов (у изготовителя и (или) у продавца) устанавливается в техническом регламенте. По результатам инспекционного контроля орган по сертификации принимает одно из следующих решений:

- считать действие сертификата соответствия подтвержденным;
- приостановить действие сертификата соответствия;
- отменить действие сертификата соответствия.

Схема 4с включает следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие решения по ней органом по сертификации;
- проведение испытаний типового образца продукции аккредитованной испытательной лабораторией;
- проведение органом по сертификации анализа состояния производства;
- обобщение результатов испытаний и анализа состояния производства и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;
- инспекционный контроль за сертифицированной продукцией.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области своей аккредитации.

Орган по сертификации сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации.

Испытания типового образца (типовых образцов) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний.

Анализ состояния производства проводится органом по сертификации у заявителя. Результаты анализа оформляются актом.

При положительных результатах испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Заявитель в процессе производства данной продукции информирует орган по сертификации об изменениях, вносимых в продукцию. Орган по сертификации проверяет эти изменения и решает, будет ли сохраняться действие выданного сертификата соответствия. О своем решении он сообщает изготовителю.

Орган по сертификации проводит инспекционный контроль за сертифицированной продукцией в течение срока действия сертификата соответствия путем периодических испытаний образцов сертифицированной продукции и анализа состояния производства. Место отбора образцов (у изготовителя и (или) у продавца) устанавливается в техническом регламенте. По результатам инспекционного контроля орган по сертификации принимает одно из следующих решений:

- считать действие сертификата соответствия подтвержденным;
- приостановить действие сертификата соответствия;
- отменить действие сертификата соответствия.

Схема 5с включает следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие решения по ней органом по сертификации;
- проведение испытаний типового образца продукции аккредитованной испытательной лабораторией;
- сертификация системы качества;
- анализ результатов испытаний и сертификации системы качества и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;
- инспекционный контроль за качеством сертифицированной продукцией.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области своей аккредитации. В заявке заявитель указывает документ, на соответствие которому он предпочитает проводить сертификацию системы качества с учетом того, что в техническом регламенте могут быть установлены один или несколько документов, на соответствие которым может проводиться сертификация системы качества. При наличии у заявителя полученного ранее сертификата соответствия на систему качества он представляет его вместе с заявкой. Орган по сертификации сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации, в том числе определяет орган, который будет проводить сертификацию системы качества. Испытания типового образца (типовых образцов) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний. Сертификацию системы качества проводит орган по сертификации систем качества, определенный органом по сертификации продукции, либо сам орган по сертификации продукции, если сертификация систем качества входит в его область аккредитации.

Сертификация системы качества не проводится, если заявитель представил сертификат на систему качества, уже выданный аккредитованным органом и подтверждающий соответствие системы качества требованиям документа, определенного в техническом регламенте.

При положительных результатах испытаний и наличии сертификата на систему качества орган по сертификации оформляет сертификат соответствия на продукцию по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю.

Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Заявитель в процессе производства данной продукции информирует орган по сертификации об изменениях, вносимых в продукцию. Орган по сертификации проверяет эти изменения и решает, будет ли сохраняться действие выданного сертификата соответствия. О своем решении он сообщает изготовителю.

Орган по сертификации проводит инспекционный контроль за качеством сертифицированной продукцией в течение срока действия сертификата соответствия путем периодических испытаний образцов сертифицированной продукции и анализа состояния производства. Место отбора образцов (у изготовителя и (или) у продавца) устанавливается в техническом регламенте. По результатам инспекционного контроля орган по сертификации принимает одно из следующих решений:

- считать действие сертификата соответствия подтвержденным;
- приостановить действие сертификата соответствия;
- отменить действие сертификата соответствия.

Схема 6с включает следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие решения по ней органом по сертификации;
- проведение испытаний партии образцов продукции аккредитованной испытательной лабораторией;
- анализ результатов испытаний и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;

Заявитель подает заявку на сертификацию своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области своей аккредитации. В заявке должны содержаться идентифицирующие признаки партии и входящих в нее единиц продукции.

Орган по сертификации сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. Испытания партии продукции (выборки из партии) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний.

При положительных результатах испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия на данную партию по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю.

Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Схема 7с включает следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие решения по ней органом по сертификации;
- проведение испытаний каждого образца продукции аккредитованной испытательной лабораторией;
- анализ результатов испытаний и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Заявитель подает заявку на сертификацию единицы продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области своей аккредитации. В заявке должны содержаться идентифицирующие признаки единицы продукции.

Орган по сертификации сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. Испытания

единицы продукции проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний.

При положительных результатах испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия на данную единицу продукции по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю.

Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Схема осуществления обязательной сертификации определяется техническим регламентом или органом по сертификации на основании требований технического регламента.

Схемы 1с... 5с применяются в отношении серийно выпускаемой заявителем продукции, а *схемы 6с, 7с* — в отношении отдельных партий или единиц продукции, выпущенных заявителем—изготовителем продукции или реализуемых заявителем-продавцом (не изготовителем).

Схемы 1с и *2с* рекомендуется использовать для продукции, показатели безопасности которой мало чувствительны к изменению производственных факторов, в противном случае целесообразно применять *схемы 3с, 4с* или *5с*.

Схемы 4с и *5с* также используются в случае, когда результаты испытаний типового образца в силу их однократности не могут дать достаточной уверенности в стабильности подтвержденных показателей в течение срока действия сертификата соответствия или, по крайней мере, за время до очередного инспекционного контроля.

Выбор между *схемами 4с* и *5с* определяется степенью чувствительности значений показателей безопасности продукции к изменению соответствующих производственных факторов, а также весомости этих показателей для обеспечения безопасности продукции в целом.

Схема 5с в наибольшей степени решает такие задачи, но она применима не ко всем изготовителям. Например, в сфере малого предпринимательства такая схема будет достаточно обременительна из-за трудности создания в мало масштабном производстве системы качества, соответствующей современным требованиям, и из-за высокой стоимости сертификации системы качества.

Схемы 6с и *7с* в основном предназначены для продукции, приобретенной продавцами и не имеющей сертификата соответствия, например продукции, закупленной за рубежом. В отдельных случаях эти схемы могут применяться и изготовителями, например, при разовой поставке партии продукции или выпуске уникального изделия.

Контрольные вопросы

1. Что необходимо понимать под системой сертификации?
2. Кто является участником системы сертификации?
3. Каковы основные функции участников системы сертификации?
4. Какая форма подтверждения соответствия является приоритетной?
5. В каких случаях рекомендуется применять обязательную сертификацию?
6. Какие в настоящее время приняты в Российской Федерации схемы декларирования?
7. Какие в настоящее время приняты в Российской Федерации схемы сертификации?
8. Каковы рекомендации по выбору схем сертификации?
9. Что понимается под системой качества?

3.3. Сертификация систем менеджмента качества

Сертификация любой системы менеджмента качества осуществляется на соответствие определенным нормативным документам, в которых изложены требования к системам качества. Таким документом является ГОСТ Р ИСО 9001—2001. Кроме того, требования к системам качества могут предъявляться и другими документами, например техническими регламентами, условиями международного соглашения и т. д.

Система качества (СК) — это совокупность установленных правил и мероприятий по обеспечению качества, применяемых при производстве продукции и услуг.

Система менеджмента качества (СМК) — система менеджмента для руководства и управления организацией применительно к качеству.

Система качества создается для достижения целей и выполнения задач, определенных политикой предприятия в области качества. Она является неотъемлемой частью общей системы управления научной, производственной и хозяйственной деятельностью предприятия.

СМК предназначена для решения следующих основных задач:

- создание, поддержание и улучшение качества продукции на уровне, обеспечивающем постоянное удовлетворение требований потребителя при оптимальных затратах на ее разработку (производство). Например, при реализации программы «Союз—Аполлон» уровень качества всех систем был таким, что если бы с подобным качеством выпускались телевизоры, то не только до первого отказа, а до небольшого снижения уровня яркости экрана, этот телевизор работал бы непрерывно в течение 150 лет. Однако стоимость такого телевизора, естественно, превышала бы все разумные пределы, т. е. необходимо сочетать качество и стоимость (расходы на разработку и изготовление);

- обеспечение потребителю гарантий соответствия разрабатываемой (изготавливаемой) продукции требованиям стандартов, ТУ и договорам на поставку, а также уверенности в возможностях предприятия в выпуске продукции в необходимых объемах и в заданные сроки.

При подготовке системы менеджмента качества к сертификации, прежде всего, надо четко выяснить, дает ли СМК ответы на следующие вопросы:

- все ли требования ГОСТ Р ИСО 9001:2001 применимы к данному предприятию (организации);
- существуют ли какие-либо исключения, связанные с особенностями организации (предприятия) и ее продукции;
- существуют ли какие-либо исключения из требований раздела 7 ГОСТ Р ИСО 9001—2001, влияющие на способность или ответственность организации выпускать продукцию, отвечающую требованиям потребителей, нормам и правилам;
- действительно ли область применения СМК охватывает все процессы и виды продукции?

В процессе подготовки СМК к сертификации необходимо убедиться, что она действительно разработана, документирована, внедрена, поддерживается в рабочем состоянии, постоянно улучшается, и ее эффективность повышается.

Проведение работ по сертификации предусматривает следующие этапы.

Этап 0. Проведение работ на предприятии по доработке СК и ее внутренней проверке.

Этап 1. Заочная оценка СК на основе изучения материалов, поступивших с заявкой от предприятия-заявителя, и подготовка заключения органа по сертификации СК по результатам рассмотрения заявки.

Этап 2. Оценка СК, включая заключение договора, подтверждение предоплаты работ, проведение сертификационного аудита, оформление акта и отчета по результатам работы на предприятии-заявителе.

Этап 3. Принятие решения о выдаче сертификата соответствия и его регистрация, заключение договора на инспекционный контроль за сертифицированной СК.

При подготовке к сертификации системы качества предприятие должно:

- знать точно нормативную базу сертификации системы качества;
- определить сроки подготовки к сертификации;
- подготовить экспертов по внутренним проверкам систем качества;
- обучить по крайней мере одного из руководителей, который возглавит работу по подготовке к сертификации системы качества и затем будет вести эту работу (представитель руководства по качеству);

**Последовательность действий по подготовке и проведению
сертификации систем качества на предприятии**

Название этапа		Содержание этапа
Этап 0		Проведение работ предприятием по подготовке и внутренней проверке системы качества
Этап 1	1.1	Направление заявки предприятием в орган по сертификации СК с необходимыми материалами и подтверждением оплаты регистрационного взноса
	1.2	Регистрация заявки и копии платежного поручения
	1.3	Назначение главного аудитора. Подготовка заключения о степени готовности системы качества предприятия к сертификации и информация заявителя
Этап 2	2.1	Оформление договорных документов и оплата работ по второму этапу
	2.2	Формирование состава рабочей группы аудиторов, разработка программы и сроков проведения работ
	2.3	Анализ экспертами-аудиторами описания СК по представленным документам и материалам
	2.4	Запрос (при необходимости) дополнительных материалов от предприятия
	2.5	Разработка программы проверок
	2.6	Распределение обязанностей между членами рабочей группы экспертов-аудиторов
	2.7	Разработка рабочих документов проверки СК
	2.8	Проведение проверки СК на предприятии
	2.8.1	Проведение предварительного совещания с участием руководства предприятия-заявителя
	2.8.2	Обследование предприятия на соответствие требованиям документов СК
	2.8.3	Проведение заключительного совещания, составление акта о проверке. Представление акта заявителю
2.9	Составление отчета о результатах проверки и представлению его органу по сертификации и заявителю	

Название этапа		Содержание этапа	
	2.10	Принятие решения органом по сертификации: а) положительное решение б) отрицательное решение	
	2.11	Оформление и оплата договора на проведение инспекционного контроля	Повторное обращение предприятия о намерении сертифицировать систему качества
	2.12	Оформление и регистрация сертификата соответствия и лицензии на применение знака соответствия	
Этап 3	3.1	Проведение ежегодных инспекционных проверок соответствия системы качества	
	3.2	Составление отчетов о результатах инспекционных проверок соответствия системы качества	
	3.3	Подтверждение сертификата соответствия на систему качества	
	3.4	Приостановление или аннулирование сертификата соответствия на СК	
	3.5	Уведомление предприятия-заявителя	

- привести документы системы качества в соответствие с требованиями ИСО;
- привести в соответствие с требованиями ИСО технологические процессы, оборудование, средства измерений, персонал и пр.

Сертификация систем качества на предприятиях проводится в определенной последовательности (табл. 3.3).

Контрольные вопросы

1. Для решения каких задач создается система менеджмента качества?
2. На какие вопросы должна отвечать документация системы менеджмента качества?
3. Какие этапы предусматривает проведение работ по подготовке и сертификации системы менеджмента качества?

3.4. Сертификация производства

Сертификация производства проводится на основании заявки заинтересованного предприятия. Целесообразность сертификации производства определяется тем, что ее результаты учитываются:

- при принятии решения о выдаче сертификатов на продукцию и системы качества;
- при определении необходимости и целесообразности проведения инспекционных испытаний сертифицированной продукции.

Сертификация производства может быть необходимой предприятию при подготовке принятия декларации соответствия. В этом случае оценка целесообразности такой сертификации не проводится. В других случаях необходимо выявить целесообразность сертификации производства. Оценка такой целесообразности может быть выполнена по ориентировочной схеме, приведенной на рис. 3.4. Эта схема в определенном смысле является универсальной, поскольку по аналогии с ней может быть оценена экономическая целесообразность добровольной сертификации любой продукции, работы или услуги.

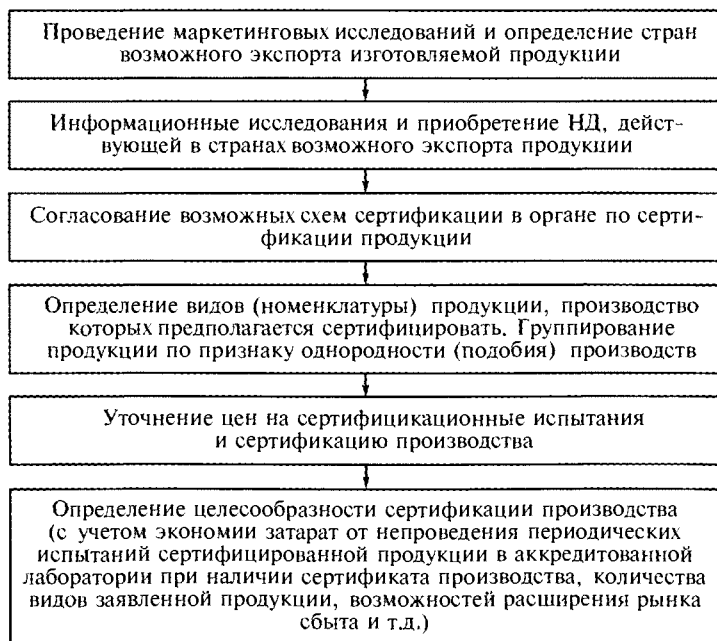


Рис. 3.4. Схема работ по определению целесообразности сертификации производства

Сертификация производства осуществляется по специальной методике, которую может разрабатывать само предприятие или заказывать ее разработку соответствующим компетентным организациям (физическим лицам). Методика по сертификации производства может разрабатываться органом по сертификации. В любом случае разработанная методика должна быть признана органом по сертификации. В связи с этим условием наиболее часто указанную методику разрабатывает орган по сертификации.

Разработка методики осуществляется на основании соответствующего хозяйственного договора, в котором, как правило, указывается условие представления необходимой информации от проверяемого предприятия. Для своевременного представления полной и объективной информации руководитель работ должен составить программу с указанием видов работ, ответственных, сроков выполнения и утвердить ее у руководителя предприятия.

Для успешного проведения сертификации производства разрабатывается «Программа подготовки к сертификации производства основной продукции».

Она обычно готовится или параллельно с программой работ по подготовке исходных данных для методики сертификации производства или с небольшим сдвигом по времени. Эта программа состоит из двух разделов:

- 1) проведение проверок состояния производства;
- 2) проведение работ.

В первом разделе указывается предмет проверки, а во втором — содержание работ.

Предметом проверки является наличие и комплектность технологической документации на ведение техпроцессов на местах, соблюдение хранения и использования технических отходов, соблюдение технологической дисциплины, соответствие КИП требованиям регламента, процедуры хранения готовой продукции и т. п.

В содержании работ указываются такие работы, как, например, анализ классификатора брака основной продукции и градация продукции по дефектам на критические, значительные и малозначительные, пересмотр СТО (СТП) по учету рекламаций, разработке мероприятий по качеству и др.

Контрольные вопросы

1. Чем определяется целесообразность сертификации производства?
2. Как можно оценить целесообразность сертификации производства?
3. Что должна включать в себя программа подготовки производства к сертификации?

3.5. Аттестация испытательного оборудования

Аттестация испытательного оборудования проводится на основании Закона РФ «Об обеспечении единства измерений» и регламентируется требованиями ГОСТ 8.568 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения», а также действующими нормами и правилами метрологического обеспечения. Схема нормативно-правовой основы аттестации испытательного оборудования представлена на рис. 3.5.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8.568 при аттестации испытательного оборудования должны применяться только средства измерения утвержденного типа, прошедшие соответствующие государственные испытания по ПР 50.2.009—94. Если аттестуемое испытательное оборудование предназначено для испытаний объектов, попадающих в сферу действия Закона РФ «Об обеспечении единства измерений», они должны быть поверены по ПР 50.2.006—94. Если же аттестуемое оборудование предназначено для испытаний в интересах безопасности и обороны, должны применяться средства измерений, прошедшие государственные испытания и утвержденные в соответствии с ГОСТ РВ 8.560. Во всех других случаях применяемые для аттестации испытательного оборудования средства измерения должны быть калиброваны, как того требует Закон РФ «Об обеспечении единства измерений».

Применяемые при аттестации методики выполнения измерений должны быть стандартизованы или аттестованы по ГОСТ 8.563. Допускается применение не аттестованных методик только в том случае, если заранее не известны параметры точности получаемых результатов измерений.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8.568 любое испытательное оборудование подлежит аттестации.

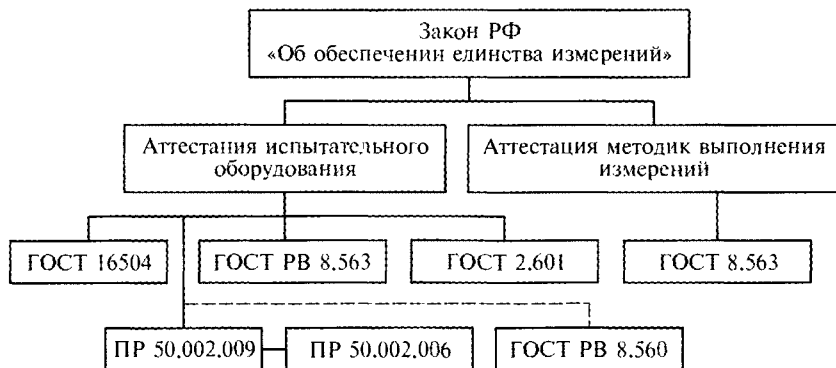


Рис. 3.5. Схема нормативно-правовой основы аттестации испытательного оборудования

В тексте указанного ГОСТа термины и определения не даны, а приведены ссылки на ГОСТ 16504 «СГИП. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения». В этом нормативном документе устанавливаются применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области испытаний и контроля качества продукции.

Термины, устанавливаемые этим стандартом, обязательны для применения в документации всех видов научно-технической, учебной и справочной литературе.

Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин. *Применение терминов-синонимов стандартизованного термина запрещается.*

Термины, отмеченные звездочкой (*) являются приближенными эквивалентами. Рассмотрим основные из них.

*Испытания** — экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействии.

Важнейшим признаком любых испытаний является принятие на основе их результатов определенных решений. Другим признаком испытаний является задание определенных условий испытаний (реальных или моделируемых), под которыми понимается совокупность воздействий на объект и режимов функционирования объекта.

Определение характеристик объекта при испытаниях может производиться как при функционировании объекта, так и при отсутствии функционирования, при наличии воздействий, до или после их приложения.

*Условия испытаний** — совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях.

К условиям испытаний относятся внешние воздействующие факторы, как естественные, так и искусственно создаваемые, а также внутренние воздействия, вызываемые функционированием объекта (например, нагрев, вызываемый трением или прохождением электрического тока), и режимы функционирования объекта, способы и место его установки, монтажа, крепления, скорость перемещения и т. п.

*Нормальные условия испытаний** — условия испытаний, установленные нормативно-технической документацией на данный вид продукции.

*Объект испытаний** — продукция, подвергаемая испытаниям. Главным признаком объекта испытаний является то, что по результатам его испытаний принимается то или другое решение по этому объекту: о его годности или браке, возможности предъявления на следующие испытания, возможности серийного выпуска и т. д.

Метод испытаний — правила применения определенных принципов и средств испытаний.

*Программа испытаний** — организационно-методический документ, обязательный к выполнению, устанавливающий объект и цели испытаний, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, порядок, условия, место и сроки проведения испытаний, обеспечение и отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

*Методика испытаний** — организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий в себя метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценивания точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

*Средство испытаний** — техническое устройство (вещество) и (или) материал для проведения испытаний.

Понятием средство испытаний охватываются любые технические средства, применяемые при испытаниях. Сюда относится, прежде всего, испытательное оборудование, под которым понимаются средства воспроизведения условий испытаний. В средства испытаний включаются средства измерений, как встроенные в испытательное оборудование, так и применяемые при испытаниях для измерений тех или иных характеристик объекта или контроля условий испытаний. К средствам испытаний следует также относить вспомогательные технические устройства для крепления объекта испытаний, регистрации и обработки результатов.

Испытательное оборудование — средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний.

Поскольку термин «испытательное оборудование» как средство испытаний для воспроизведения условий испытаний полностью охватывает все толкования понятия «испытательный стенд», то, соответственно, испытательный стенд является испытательным оборудованием.

Аттестация испытательного оборудования — определение нормированных точностных характеристик испытательного оборудования. Их соответствия требованиям нормативно-технической документации и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации.

Точность результатов испытаний — свойство испытаний, характеризующее близостью результатов испытаний к действительным значениям характеристик объекта, в определенных условиях испытаний.

Протокол испытаний — документ, содержащий необходимые сведения об объекте испытаний, применяемых методах, средствах и ус-

ловиях испытаний, результаты испытаний, а также заключение по результатам испытаний, оформленный в установленном порядке.

Испытательное подразделение — подразделение организации, на которое руководством последней возложено проведение испытаний для своих нужд.

В соответствии с ГОСТ 8.568 под основной целью аттестации испытательного оборудования является подтверждение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допустимых отклонений и установление пригодности использования испытательного оборудования в соответствии с его назначением.

Это говорит о том, что в процессе аттестации (особенно первичной) необходимо определить диапазоны воссоздаваемых испытательным оборудованием условий (режимов испытаний, нагрузок и т.д.) и фактические значения погрешностей их задания в соответствии с назначением данного испытательного оборудования и заданных условиях испытаний.

Одной из особенностей ГОСТ 8.568 является то, что он требует проведения первичной аттестации при вводе испытательного оборудования в эксплуатацию в данном испытательном подразделении независимо от того, было ли оно аттестовано ранее. Испытательное оборудование, прошедшее ранее первичную аттестацию, подвергается *периодической аттестации* в процессе эксплуатации. В случае ремонта, модернизации, проведения работ с фундаментом или любых других работах, могущих оказать влияние на технические характеристики испытательного оборудования, оно подвергается *повторной аттестации*. В данном ГОСТе особо подчеркивается, что для аттестации испытательного оборудования, используемого в целях обязательной сертификации продукции, при испытаниях продукции на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов и при производстве продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд, должны применяться средства измерений утвержденных типов в соответствии с ПР 50.2.009, которые должны быть поверены, методики выполнения измерений должны быть аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ 8.563.

В случае, если испытательное оборудование предназначено для испытаний продукции по заказам Министерства обороны РФ, применяемые средства измерений должны подвергаться испытаниям и утверждению типа в соответствии с ГОСТ РВ 8.560.

Следует иметь в виду, что используемый ранее термин «точные характеристики» испытательного оборудования, установленный в ГОСТ 16504, в ГОСТ 8.568 не применяется: он заменен термином «технические характеристики» испытательного оборудования, хотя указано, что они должны быть в установленных пределах, т.е. должны быть заданы значения погрешностей этих характеристик.

Первичная аттестация испытательного оборудования заключается в экспертизе эксплуатационной и проектной документации (при наличии последней), на основании которой выполнена установка испытательного оборудования, экспериментальном определении его технических характеристик и подтверждении пригодности использования этого оборудования в соответствии с его назначением. Первичная аттестация проводится в соответствии с действующими нормативными документами на методики аттестации определенного вида испытательного оборудования и (или) по программам и методикам аттестации конкретного оборудования. Программа и методика (допускается один документ программа-методика — ПМ) первичной аттестации испытательного оборудования разрабатываются организацией (предприятием), проводящем эту аттестацию. Поскольку объектами первичной аттестации является конкретное испытательное оборудование с определенным перечнем нормированными техническими характеристиками, то из этого перечня необходимо обоснованно выбрать характеристики, подлежащие определению или контролю. При этом необходимо обратить особое внимание на те технические характеристики, которые не измеряются (не контролируются) при испытаниях.

Например, если в качестве испытательного оборудования используется генератор электрических импульсов, то необходимо обязательно определить форму задаваемого импульса, коэффициент нелинейных искажений, диапазон амплитуды и частоты выходного сигнала, поскольку значение частоты и амплитуды измеряется встроенными средствами измерения. Эти средства дают возможность измерить характеристики выходного сигнала, но они не могут дать информации о том, с какой точностью можно задавать сигнал, т. е. не определяют возможности испытательного оборудования по характеристикам точности устанавливаемого режима. Таким образом, при аттестации этого испытательного оборудования необходимо определить фактические значения диапазонов частоты и амплитуды, формы задания сигнала, погрешности задания значений частоты и амплитуды, стабильности выходного сигнала. Естественно, что встроенные средства измерений должны быть поверены и иметь действующие соответствующие отметки об этой поверке (калибровке).

Первичную аттестацию испытательного оборудования проводит комиссия, назначаемая руководителем организации (предприятия), которому принадлежит аттестуемое оборудование. В состав комиссии включаются представители:

- подразделения предприятия (организации), проводящего испытания с помощью данного испытательного оборудования;
- метрологической службы предприятия (организации), подразделение которого проводит испытания;

- государственных научных метрологических центров и (или) органов государственной метрологической службы при использовании испытательного оборудования, предназначенного для испытаний продукции в целях ее обязательной сертификации или на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов при производстве продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд.

Комиссия назначается приказом руководителя предприятия (организации) по согласованию с государственным научным метрологическим центром и (или) органом государственной метрологической службы, если их представители должны участвовать в работе комиссии. Кроме того, первичную аттестацию испытательного оборудования могут проводить организации, аккредитованные установленным порядком на право проведения таких работ.

На первичную аттестацию испытательное оборудование представляет испытательное подразделение, в ведении которого находится данное оборудование и на котором оно проводит испытания. При предъявлении испытательного оборудования на первичную аттестацию оно должно иметь следующую техническую документацию:

- эксплуатационные документы, выполненные по ГОСТ 2.601 (для импортного оборудования — эксплуатационные документы фирмы-изготовителя, переведенные на русский язык),
- программа и методика первичной аттестации испытательного оборудования;
- методика периодической аттестации испытательного оборудования в процессе эксплуатации, если она не изложена в эксплуатационных документах.

В процессе первичной аттестации испытательного оборудования устанавливают:

- возможность воспроизведения внешних воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта испытаний, установленных в документах на методики испытаний продукции конкретных видов;
- отклонения характеристик условий испытаний (внешних воздействующих факторов и (или) нагрузок) от нормированных значений;
- обеспечение безопасности персонала и отсутствие воздействия на окружающую среду;
- перечень характеристик испытательного оборудования, которые проверяются при периодических аттестациях, методы и средства периодических аттестаций и их периодичность.

Результаты первичной аттестации оформляются протоколом, который подписывается председателем и всеми членами аттестационной комиссии. При положительных результатах аттестации

оформляется аттестат, который подписывается руководителем организации (предприятия) проводившей аттестацию.

Периодическая аттестация проводится в процессе эксплуатации испытательного оборудования в объеме, необходимом для подтверждения соответствия характеристик испытательного оборудования требованиям нормативных документов на методики испытаний и эксплуатационных документов на оборудование и пригодности его к дальнейшему использованию. Номенклатура проверяемых характеристик и объем операций устанавливаются при первичной аттестации исходя из нормированных технических характеристик оборудования и тех характеристик конкретной продукции (объекта испытаний), которые определяют при испытаниях.

Периодическую аттестацию в процессе эксплуатации испытательного оборудования проводят сотрудники подразделения, эксплуатирующего данное испытательное оборудование и представители метрологической службы предприятия. Результаты периодической аттестации оформляются протоколом, а на испытательное оборудование крепится бирка с указанием даты проведенной периодической аттестации и срока проведения следующей. В формуляре испытательного оборудования делается соответствующая запись.

Повторная аттестация испытательного оборудования проводится по причинам, указанным ранее. Номенклатура проверяемых характеристик испытательного оборудования и объем операций устанавливаются исходя из тех значений нормированных технических характеристик, которые могут существенно измениться из-за причин, вызвавших повторную аттестацию.

В настоящее время на практике наиболее часто под испытательным оборудованием понимается техническое устройство воссоздающее нормированные внешние воздействующие факторы и (или) нагрузки. Следует иметь в виду, что под нормированными внешними воздействующими факторами (нагрузками) понимаются установленные в нормативной и (или) эксплуатационной документации точностные технические характеристики испытательного оборудования, которые определяют возможность этого оборудования воспроизводить режимы и условия испытаний в заданных диапазонах с требуемой точностью и стабильностью в течение установленного срока.

Таким образом, если оборудование предназначено для воспроизведения нормированных внешних воздействующих факторов (режимов испытаний), установленных в нормативной документации на проведение испытаний или в эксплуатационной документации на само оборудование, оно является испытательным. Часто отнесение того или иного оборудования к разряду испытательного или технологического определяется программой испытаний объекта,

поскольку одно и то же оборудование может быть как испытательным, так и технологическим. Например, имеется стенд, который может использоваться как для обкатки редукторов, так и для проверки их работы при заданных режимах. Если по программе требуется только «обкатать» редуктор, а режимы обкатки в заданных пределах с заданной погрешностью и стабильностью выдерживания режима не задаются, то применяемое оборудование должно быть отнесено к технологическому. Если же заданы режимы (значения частоты вращения входного, погрешность ее задания, нагрузки с погрешностью, стабильность и т.д.), оборудование является испытательным со всеми вытекающими из этого последствиями.

Если речь идет о вновь создаваемом оборудовании, то уже в техническом задании должно быть указано является ли это оборудование испытательным. Однако на практике часто на эксплуатирующееся оборудование техническое задание отсутствует, тем более, что ГОСТ 8.568 не требует наличия этого документа для проведения первичной аттестации испытательного оборудования. В связи с этим при принятии решения об отнесении оборудования, уже находящегося в эксплуатации, к испытательному, надо учитывать сказанное ранее.

Следует иметь в виду, что в соответствии с указанным стандартом в качестве испытательного оборудования может использоваться средство измерения. В этом случае аттестация заключается в проверке этого средства или в утверждении типа в установленном порядке.

Порядок подготовки и проведения аттестации включает в себя несколько этапов и исполнителей.

Организацию и проведение всех видов аттестации осуществляет подразделение, эксплуатирующее данное испытательное оборудование. За выполнение этих работ несет ответственность руководитель этого подразделения.

Методическое руководство при подготовке испытательного оборудования к аттестации осуществляет метрологическая служба (МС) предприятия.

Работы по аттестации испытательного оборудования организуются руководителями научно-исследовательских и испытательных подразделений (начальниками отделов, лабораторий), в ведении которых находится данное испытательное оборудование. Целесообразно, чтобы контроль за проведением первичной аттестации испытательного оборудования осуществлял главный инженер предприятия или лицо, им уполномоченное, например главный метролог.

Испытательное оборудование представляется на аттестацию:

- *первичную:*

разработанное на предприятии — подразделением—разработчиком данного оборудования;

внешнего изготовления, включая импортное, — подразделением — разработчиком испытуемых изделий, для которых пред-

назначено данное испытательное оборудование, или подразделением — разработчиком технологического процесса испытаний

- *периодическую и повторную* — подразделением, эксплуатирующим это оборудование.

Представленное на аттестацию испытательное оборудование должно полностью соответствовать нормативной документации на его изготовление и эксплуатационной документации.

Перед представлением испытательного оборудования на аттестацию эксплуатирующим подразделением должно быть проверено функционирование всех его узлов и готовность оборудования к работе.

Все средства измерения, встроенные в испытательное оборудование, а также применяемые при аттестации, должны быть поверены (калиброваны) и иметь действующие отметки поверителей или свидетельства.

Внешний вид представляемого на аттестацию испытательного оборудования должен соответствовать его техническому описанию (комплектация, оснастка, отсутствие течи рабочих жидкостей и газов, отсутствие забоин, вмятин, наличие индекса, номера и т. д.).

Испытательное оборудование представляется на аттестацию вместе с технической документацией, необходимыми для аттестации средствами измерений, технологическими приспособле-

Таблица 3.4

Комплект документации для аттестации ИО

Документация	Вид аттестации	
	первичная	периодическая, повторная
1. Техническое задание (при его наличии)	+	—
2. Эксплуатационная документация по ГОСТ 2.601	+	+
3. Программа первичной аттестации	+	---
4. Методика первичной аттестации	+	---
5. Методика периодической аттестации (если она не входит в какой-либо документ)	+	+
6. Документация на объект испытаний	По мере необходимости	По мере необходимости

Примечание. При проведении повторной аттестации испытательного оборудования в связи с его модернизацией в комплект технической документации должна входить документация, необходимая при первичной аттестации, доработанная в связи с модернизацией.

ниями и (или) устройствами, необходимыми для нормальной работы этого оборудования.

Нормативная и эксплуатационная документация на испытательное оборудование должна пройти метрологическую экспертизу в установленном порядке.

В комплект технической документации представляемого на аттестацию испытательного оборудования должны входить документы, указанные в табл. 3.4.

Техническая документация на испытательное оборудование, изготовленное на предприятии, должна пройти метрологическую экспертизу в соответствии с МИ 1325-86 под методическим руководством метрологической службы предприятия.

Вся передаваемая на аттестацию конструкторская документация на испытательное оборудование, изготовленное на предприятии, должна быть выполнена в соответствии с ЕСКД и пройти нормо- и метрологический контроль.

Документация на испытательное оборудование, изготовленное на других отечественных предприятиях, представляется на аттестацию в состоянии поставки.

Документация на импортное испытательное оборудование представляется на аттестацию в состоянии поставки. Вместе с документацией, выполненной на иностранном языке, должен быть представлен технический перевод на русский язык, выполненный соответствующей компетентной организацией. На основании технического перевода подразделением — разработчиком техпроцесса испытаний с помощью данного оборудования должна быть разработана по ГОСТ 2.601 необходимая эксплуатационная документация.

По требованию комиссии, проводящей аттестацию данного испытательного оборудования, должны быть предъявлены другие документы, кроме указанных ранее, имеющие отношение к аттестуемому испытательному оборудованию или к объекту испытаний (например, программы испытаний объекта и др.).

Первичная аттестация испытательного оборудования проводится комиссией, назначаемой руководителем предприятия или организации, проводящей аттестацию.

При аттестации испытательного оборудования собственного изготовления в состав комиссии включаются представители: метрологической службы предприятия, подразделения-разработчика, подразделения — изготовителя или разработчика техпроцесса испытаний, подразделения, эксплуатирующего данное оборудование, представителя заказчика (при необходимости), органов Ростехрегулирования (если данное испытательное оборудование предназначено для проведения сертификационных испытаний на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов или для испытаний продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд).

Подготовку и организацию аттестации, а также определение точностных характеристик испытательного оборудования проводит подразделение, представляющее данное оборудование на аттестацию.

Документация, необходимая для проведения аттестации, должна включать в себя:

- 1) эксплуатационную документацию по ГОСТ 2.601, а именно:
 - руководство по эксплуатации (РЭ);
 - инструкцию по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия (ИМ);
 - формуляр (Ф);
 - паспорт (ПС);
 - этикетку (ЭТ);
 - каталог деталей и сборочных единиц (КДС);
 - нормы расхода запасных частей (НЗЧ);
 - нормы расхода материалов (НМ);
 - ведомость ЗИП (ЗИП);
 - ведомость эксплуатационных документов (ВЭ).

За исключением ведомости эксплуатационных документов необходимость разработки каждого эксплуатационного документа определяет разработчик.

ГОСТ 2.601 регламентирует также построение, содержание и изложение всех эксплуатационных документов;

2) программу и методику аттестации

Первичная аттестация испытательного оборудования должна проводиться только по утвержденным в установленном порядке программе и методике аттестации этого оборудования. Допускается объединять эти два документа в один под названием «Программа-методика первичной аттестации испытательного оборудования» (ПМ). Программа-методика является документом, регламентирующим порядок проведения аттестации испытательного оборудования и последовательность операций при этом. Естественно, что для каждого испытательного оборудования разрабатывается своя программа-методика, учитывающая все особенности данного оборудования. Однако все программы-методики аттестации испытательного оборудования имеют нечто общее, что позволило разработать типовую программу-методику, на основании которой могут быть разработаны конкретные программы-методики.

Контрольные вопросы

1. Для чего необходима аттестация испытательного оборудования?
2. Какие нормативные документы регламентируют аттестацию испытательного оборудования?
3. Что понимается под испытательным оборудованием?
4. Какие документы необходимы для аттестации испытательного оборудования?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грибанов Д. Д.* Аттестация испытательного оборудования : учеб. пособие / Д. Д. Грибанов. — М. : МГТУ «МАМИ», 2002.
2. *Грибанов Д. Д.* Основы метрологии : учебник / Д. Д. Грибанов, С. А. Зайцев, А. В. Митрофанов. — М. : МГТУ «МАМИ», 1999.
3. *Грибанов Д. Д.* Основы сертификации : учеб. пособие / Д. Д. Грибанов. — М. : МГТУ «МАМИ» ; Академия проблем качества, 2000.
4. *Грибанов Д. Д.* Основы стандартизации и сертификации : учеб. пособие / Д. Д. Грибанов, С. А. Зайцев, А. Н. Толстов. — М. : МГТУ «МАМИ», 2003.
5. *Крылова Г. Д.* Основы стандартизации, сертификации, метрологии : учебник / Г. Д. Крылова. — М. : Аудит : ЮНИТИ, 1998.
6. *Лифиц И. М.* Основы стандартизации, метрологии, сертификации : учебник / И. М. Лифиц. — М. : Юрайт, 1999.
7. Стандартизация и техническое регулирование / [Д. Д. Грибанов, С. А. Зайцев, А. В. Карташов, А. Н. Толстов]. — М. : МГТУ «МАМИ», 2006.
8. *Шишкин И. Ф.* Квалиметрия и управление качеством : учебник / И. Ф. Шишкин, В. С. Станякин. — М. : Изд-во ВЗПИ, 1992.
9. *Якушев А. И.* Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. — 6-е изд. — М. : Машиностроение, 1987.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Основы метрологии и метрологического обеспечения	4
1.1. Введение в метрологию	4
1.2. Физическая величина. Системы единиц физических величин	7
1.3. Воспроизведение и передача размеров физических величин	17
1.4. Основы теории измерений	22
1.5. Средства измерений и контроля	32
1.6. Обеспечение единства измерений в Российской Федерации	77
1.7. Метрологическое обеспечение изделий на стадиях их жизненного цикла	83
Глава 2. Основы стандартизации	92
2.1. История развития стандартизации	92
2.2. Нормативно-правовая основа стандартизации	99
2.3. Документы в области стандартизации	110
2.4. Основные функции и методы стандартизации	123
2.5. Взаимозаменяемость деталей, узлов и механизмов	135
2.6. Размеры, предельные отклонения, допуски и посадки	141
2.7. Единые принципы построения системы допусков и посадок для типовых соединений деталей машин	150
2.8. Обозначение посадок на чертежах	161
2.9. Порядок выбора и назначения квалитетов точности и посадок ...	163
2.10. Стандартизация и качество продукции	167
Глава 3. Основы сертификации. Подтверждение соответствия	177
3.1. Цели и задачи подтверждения соответствия	177
3.2. Системы сертификации, подтверждения соответствия. Схемы декларирования и сертификации	179
3.3. Сертификация систем менеджмента качества	201
3.4. Сертификация производства	205
3.5. Аттестация испытательного оборудования	207
Список литературы	218

Учебное издание

**Зайцев Сергей Алексеевич, Толстов Андрей Николаевич,
Грибанов Дмитрий Дмитриевич, Меркулов Рэм Всеволодович**
Метрология, стандартизация и сертификация в энергетике
Учебное пособие

Редактор *Г. В. Первов*
Технический редактор *Н. И. Горбачева*
Компьютерная верстка: *Н. В. Протасова*
Корректоры *Н. Т. Захарова, И. В. Могилевец*

Изд. № 101113132 Подписано в печать 27.02.2009. Формат 60×90/16.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,0.
Тираж 3000 экз. Заказ № 28053.

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.
117342, Москва, ул. Бутлерова, 17-Б, к. 360. Тел./факс: (495)330-1092, 334-8337.

Отпечатано в соответствии с качеством предоставленных издательством
электронных носителей в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. www.sarpk.ru



Издательский центр «Академия»

*Учебная литература
для профессионального
образования*

Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)

Москва 129085, Москва, пр-т Мира, д 101 в, стр 1
(м Алексеевская)
Тел /факс {495} 648-0507, 330-1092, 334-1563
E-mail sale@academia-moscow.ru

Филиалы: Северо-Западный
198020, Санкт-Петербург, наб Обводного канала,
д 211-213, литер «В»
Тел {812} 251-9253, 252-5789, 575-3229
Факс {812} 251-9253, 252-5789
E-mail fspbacad@peterstar.ru

Приволжский
603005, Нижний Новгород, ул. Алексеевская, д. 24г и 24д
Тел {8312} 18-1678
E-mail pf-academia@bk.ru

Уральский
620144, Екатеринбург, ул. Щарса, д 92а, карп. 4
Тел. {343} 257-1006
Факс {343} 257-3473
E-mail academia-ural@mail.ru

Сибирский
630108, Новосибирск, ул. Станционная, д 30
Тел / факс: {383} 300-1005
E-mail academia_sibir@mail.ru

Дальневосточный
680014, Хабаровск, Восточное шоссе, д 2а
Тел / факс {4212} 27-6022
E-mail filialdv-academia@yandex.ru

Южный
344037, Ростов-на-Дону, ул. 22-я линия, д 5/7
Тел. {863} 253-8566
Факс {863} 251-6690
E-mail academia-rastav@skytc.ru

Представительство в Республике Татарстан
420094, Казань, Нава-Савиновский район,
ул Галубятникова, д 18
Тел. / факс: {843} 520-7258, 556-7258
E-mail academia_kazan@mail.ru

www.academia-moscow.ru
