

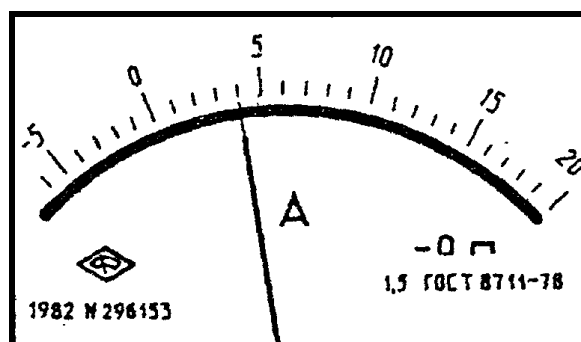


*Томский межвузовский центр
дистанционного образования*

В.А. Шалимов

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Учебное пособие



ТОМСК – 2002

Шалимов В.А.

Метрология, стандартизация и технические измерения: Учебное пособие. –
Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2002. –
149 с.

© Шалимов В.А., 2002
© Томский межвузовский центр
дистанционного образования, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. МЕТРОЛОГИЯ.....	6
1.1. Основные понятия. Физические величины и единицы их измерения.....	6
1.2. Измерения, их классификация. Принципы и методы измерений..	16
1.3. Погрешности измерений, их классификация и описание.....	20
1.4. Законы распределения случайных погрешностей и доверительные интервалы для измеряемых величин.....	30
1.5. Средства измерений, их метрологические характеристики и классы точности.....	34
1.6. Обработка результатов измерений.....	44
1.6.1. Однократное измерение.....	44
1.6.2. Многократное измерение.....	47
1.6.3. Обработка экспериментальных данных, подчиняющихся нормальному закону распределения вероятности.....	52
1.6.4. Обработка данных, не подчиняющихся нормальному закону распределения вероятности.....	54
1.7. Характеристики погрешности измерений и формы представления результатов измерений.....	56
1.8. Основы метрологического обеспечения.....	63
1.9. Государственный метрологический контроль и надзор, поверка и калибровка СИ.....	68
2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ.....	76
2.1. Основные понятия, цели и задачи стандартизации.....	76
2.2. Организация работ по стандартизации.....	80
2.3. Категории нормативных документов и виды стандартов.....	82
2.4. Основные принципы и теоретические основы стандартизации... ..	86
2.5. Унификация и агрегатирование.....	90
2.6. Межотраслевые стандарты и классификация стандартов.....	95
2.7. Стандартизация в области электротехники.....	99
2.8. Технико-экономическая эффективность стандартизации.....	103
3. КВАЛИМЕТРИЯ.....	108
3.1. Основные понятия. Классификация продукции и показателей ее качества.....	108
3.2. Формирование качества продукции. Система качества.....	115
3.3. Оценка уровня качества продукции.....	124
3.4. Технический контроль и сертификация продукции.....	132
Заключение.....	142
Варианты контрольной работы.....	143
Приложение.....	145
Литература.....	148

ВВЕДЕНИЕ

На пороге XXI века человечество пришло к такому уровню цивилизации, что уже в состоянии решать сложную проблему качества жизни. Конечная цель всей деятельности людей – улучшение жизни каждого отдельного человека и общества в целом. Понятие «качество жизни» включает в себя множество составляющих, но среди них основополагающими всегда будут высококачественная продукция, высококачественный сервис и добросовестная работа. В мировой практике накоплен богатый опыт создания высококачественной продукции и предоставления услуг, который отражен в международных стандартах ISO серии 9000 и QS – 9000.

В Российской Федерации к настоящему времени создана правовая база для работ в области качества. Изменена Государственная система стандартизации (ГСС) – теперь она перестроена для работы в условиях рыночной экономики в соответствии с правилами и нормами международной стандартизации. Обновлен комплекс основополагающих стандартов ГСС, разрабатываются межгосударственные стандарты, действующие в рамках СНГ. Закон РФ «О стандартизации» позволяет разрабатывать стандарты на принципах всеобщей пользы с ориентацией на мировые достижения, с включением в них обязательных и рекомендуемых норм и показателей.

В настоящее время особенно возрастает роль стандартизации как важнейшего инструмента защиты прав потребителей. Она используется государством для эффективного воздействия на производителей с целью обеспечения выполнения ими требований безопасности людей и охраны окружающей среды. Важную роль сохраняет стандартизация в управлении качеством продукции и повышении ее конкурентоспособности.

Достижение высокого уровня качества продукции или услуг невозможно без объективной оценки параметров и показателей, значения которых определяются измерениями. Измерения позволяют получать достоверную информацию для последующего анализа, оценки и управления процессами, обеспечения необходимого качества и сертификации продукции. Нет ни одной области науки и техники, отрасли народного хозяйства, где не производились бы измерения физических величин.

Важным условием сопоставимости, объективности результатов измерений является обеспечение их единства и требуемой точности. Целям обеспечения единства измерений служит комплекс государственных стандартов и других нормативных документов, объединенный в Государственную систему обеспечения единства измерений (ГСИ). В 1993 г. принят закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». В стандартах и других нормативных документах регламентируются методы испытаний и контроля продукции, методики выполнения измерений, передача информации о размере единиц физических величин от эталонов рабо-

чим средствам измерений. Процесс измерений является сложной и ответственной областью производственной и научно-исследовательской деятельности, требующей высокого профессионального уровня специалистов.

С переходом России к рыночным отношениям возникла необходимость в изменении содержания программ подготовки специалистов, поэтому в Государственных образовательных стандартах большинства инженерных специальностей отражена усиливающаяся роль метрологии, стандартизации, качества продукции и сертификации. Теперь вместо дисциплины «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» введена дисциплина, которая для каждой специальности называется по-разному: «Основы метрологии, стандартизации и сертификации», «Метрология, стандартизация и квалиметрия», «Метрология, стандартизация и взаимозаменяемость», «Метрология, стандартизация и управление качеством».

В этих дисциплинах рассматриваются различные разделы, каждый из которых представляет достаточно сложную науку, поэтому и литература издается для специалистов соответствующих областей: либо по метрологии, либо по стандартизации и управлению качеством, либо по сертификации. Литература, изданная до 1992 года, не отражает современного состояния в рассматриваемых областях, а последние издания имеют большой объем информации, который не усвоить студентам за малый период отведенного на эти дисциплины времени. Однако специалисты любой отрасли производства должны иметь представление о действующих в Российской Федерации государственных и международных системах по стандартизации и обеспечению единства измерений, обеспечению требуемого качества продукции и услуг, сертификации, знать основные положения из этих систем и уметь применять их в своей производственной деятельности.

В данном учебном пособии в краткой форме систематизирован материал по метрологии, стандартизации, системам качества, оценке уровня качества и сертификации, с помощью которого можно получить необходимый минимум знаний в этих сферах деятельности. Особенность изучения этого минимума знаний заключается в том, что он содержит много терминов, определений и понятий, требующих запоминания, поскольку принципиальный подход к решению рассматриваемых задач создавался постепенно на основе опыта различных предприятий и организаций из разных стран. Весьма важно, чтобы используемые термины, понятия и определения усваивались постепенно, по мере прохождения материала с последующими повторениями. Тогда знания будут надежными и прочными.

Для облегчения усвоения материала в данном пособии выделены ключевые слова, приведены примеры решения задач и предложены вопросы для самоконтроля по каждому разделу.

1. МЕТРОЛОГИЯ

1.1. Основные понятия. Физические величины и единицы их измерения

Первоначально метрология (от греч. *metron* – мера и *logos* – учение) возникла как наука о различных мерах и соотношениях между ними. Измерения являются одним из важнейших путей познания природы человеком. Они дают количественную характеристику закономерностей окружающего мира.

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности. Вместе с тем, реальная жизнь показывает, что метрология – не только наука, но и область практической деятельности. Измерения являются важнейшим источником информации во всех сферах человеческой деятельности. Учет и планирование материальных ресурсов, торговля, обеспечение качества продукции, получение информации с целью управления устройствами, процессами и производством в целом, освоение природы человеком и ее охрана – вот далеко не полный перечень сфер применения измерений. В ГОСТ 16263-70 «Метрология. Термины и определения», действовавшем почти четверть века, было дано следующее определение: «Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств». За последние годы произошли определенные изменения в подходах к некоторым терминологическим, научным и организационным вопросам, связанным с метрологией и измерительной техникой. В новых документах *измерением называют совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины.* Это значение называют результатом измерений.

Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы. Первым условием обеспечения единства измерений является представление результатов в узаконенных единицах, которые были бы одними и теми же всюду, где проводятся измерения и используются их результаты.

Измеряемую величину на протяжении многих лет метрология рассматривала как свойство объектов (процессов, явлений) материального мира, т.е. измеряемая величина представлялась как физическая величина, изучаемая в естественных и технических науках, реализуемая в промышленности и производстве.

Любой объект материального мира (явление, событие, предмет и т.д.) обладает конкретными свойствами, особенностями. Благодаря наличию таких свойств и особенностей удается отличать объекты друг от друга

или, наоборот, объединять определенные совокупности объектов в классы (группы) по признаку общности свойств. Для изучения объектов материального мира введены понятия физических величин. *Физической величиной называется свойство, общее в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, их состояний и происходящих в них процессов), но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.* Например, характеристикой протяженности является длина, длительности событий – время, инертности тел – масса, нагретости тел – температура и т.п. Все они определяют некоторые общие в качественном отношении свойства, количественные значения которых для конкретных объектов могут быть различными. Физическая величина не существует сама по себе, а лишь выражает свойства объекта материального мира.

В ряде случаев термин «измеряемая величина» распространяют и на нефизические величины, например, величины, связанные с общественными науками, психологией, математические величины и др. В данном учебном пособии термин «измерение» следует связывать преимущественно с физическими величинами.

Различают три вида физических величин [5,17], измерение которых осуществляется по принципиально различным правилам. *К первому виду относятся физические величины, на множестве размеров которых определены лишь отношения порядка и эквивалентности.* Это отношения типа «тверже», «мягче», «теплее», «холоднее» и т.п. Они устанавливаются теоретически или экспериментально с помощью специальных средств сравнения, а также на основе наблюдений за результатами воздействия величины рассматриваемого объекта на другие объекты. К величинам этого вида относятся, например, сила ветра или землетрясения, твердость, характеризующая способность исследуемого тела противостоять проникновению в него другого тела.

Для второго вида физических величин отношения порядка и эквивалентности имеют место не только между размерами величин, но и между разностями в парах их размеров. К ним можно отнести время, потенциал, энергию, температуру, определенную по шкале жидкостного термометра. Так, при использовании ртутного термометра разности температур (например, в пределах от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+10^{\circ}\text{C}$ и в пределах от $+20^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$) считаются равными. В данном случае имеет место как отношение порядка величин (25°C «теплее», чем 10°C), так и отношение порядка (эквивалентности) между разностями в парах размеров величин – разность пары 25°C – 20°C соответствует разности пары 10°C – 5°C . В этом случае температуру можно отнести к физическим величинам первого и второго вида.

Третий вид величин характеризуется тем, что на множестве их размеров, кроме указанных отношений порядка и эквивалентности, возможно выполнение операций, подобных сложению или вычитанию. Такие физические величины называются *аддитивными*. К ним относится значительное

число физических величин, например: длина, масса, сила тока, электрическое сопротивление, ЭДС и др. Их можно измерять по частям, а также воспроизводить с помощью многозначной меры, основанной на суммировании отдельных мер. Так, сумма двух длин есть длина, воспроизведение которой сводится к составлению отрезка суммарной длины; два тела массой 1 кг, поставленные на одну из чашек равноплечих весов, уравниваются гирей массой 2 кг, помещенной на другую чашку; электрические токи суммируются при соединении проводников в один узел. Аддитивные величины можно умножать на любое действительное вещественное число, так как операция умножения сводится к многократному сложению.

В зависимости от характера изменения во времени физические величины разделяют на детерминированные и случайные. *Детерминированными* называются такие физические величины, которые в повторяющихся процессах измерений ведут себя одинаковым образом – остаются постоянными или изменяются по определенной функции. *Случайной* называется такая физическая величина, которая в процессе измерения случайным образом принимает одно из множества возможных значений.

Для установления различия в количественном содержании отображаемого данной физической величиной свойства изучаемых объектов введено понятие *размера физической величины*. Чтобы выразить количественное содержание какого-либо свойства объекта, соответствующего понятию физическая величина, следует говорить «размер массы тела равен 45 кг» или проще – «масса тела равна 45 кг».

Таким образом, размер физической величины – количественная определенность величины, присущая конкретному объекту. Размер зависит от того, какая единица принята при измерениях величины. Например, длину можно измерять в мм, см, м, км. Размер может выражаться отвлеченным числом, без указания единицы измерения, что соответствует числовому значению физической величины. Количественная оценка физической величины, представленная числом с указанием единицы этой величины, называется *значением физической величины*. Для каждой физической величины выбирают *единицу измерения*, которая по физическому содержанию не отличается от соответствующей величины, но имеет вполне определенный размер. Единицы измерений устанавливаются по определенным правилам и закрепляются законодательным путем. В противном случае результаты измерений будут несопоставимы, т.е. нарушается единство измерений. Значение каждой конкретной величины Q можно представить в виде произведения ее числового значения q на единицу измерения $[Q]$:

$$Q = q[Q]. \quad (1.1)$$

Это уравнение называется *основным уравнением измерений*.

Процесс установления взаимно однозначного соответствия между размерами двух величин называют измерительным преобразованием. Преобразуемая величина является входной, а преобразованная в результате

измерения – выходной. Множество размеров входной величины, подвергаемой преобразованию с помощью технического устройства – измерительного преобразователя, называется диапазоном преобразования. Если при увеличении преобразуемой величины на ΔX результат преобразования – величина Y – увеличивается (уменьшается) на ΔY , а при увеличении ΔX в n раз значение ΔY увеличивается (уменьшается) также в n раз, то преобразование называется линейным.

Простейший способ получения информации, позволяющей составить некоторое представление о размере измеряемой величины, состоит в сравнении его с другим по принципу «больше (меньше)» или «лучше (хуже)». Более подробная информация иногда даже не требуется. Число сравниваемых размеров может быть достаточно большим. Если их расположить в порядке возрастания или убывания, то они образуют *шкалу порядка*. Процесс расстановки размеров величины в порядке возрастания или убывания с целью получения измерительной информации по шкале порядка называется *ранжированием*. В таких шкалах в некоторых случаях может быть нуль (нулевая отметка), но принципиальным для них является отсутствие единицы измерения, поскольку невозможно установить, в какое число раз больше или меньше проявляется свойство, величина. Для облегчения измерений по такой шкале выбирают несколько опорных точек (членов ряда), принимают их за образцы и по ним сопоставляют объекты по данному свойству. Так построена минералогическая шкала твердости. Примером шкалы порядка являются баллы силы ветра, землетрясений.

Для измерения величин первого вида подбирают функциональную зависимость какой-либо физической величины третьего вида от данной величины. Измеряемая величина может быть преобразована в другую величину, поддающуюся сравнительно простому измерению. Числовые значения последних или их функций принимают за числовые значения измеряемой величины. Совокупность этих значений и лежащее в их основе измерительное преобразование называется шкалой данной величины. Так, твердость конструкционных материалов оценивают по различным шкалам (Бринелля, Виккерса, Роквелла) в зависимости от метода преобразования. Во всех случаях преобразования близки к линейным. Линейность преобразования величин первой группы трудно проверить. Можно лишь утверждать, что числовые значения в разных шкалах связаны друг с другом некоторым монотонным преобразованием или единственным до монотонного преобразования.

Для величины второго вида можно установить единицу, равную любой разности значений величины. Тогда основное уравнение измерений можно записать:

$$Q_1 - Q_0 = (q_1 - q_0) \cdot [Q] = q_{1,0} \cdot [Q],$$

где $Q_1 - Q_0$ – разность размеров величины Q ;

$q_{1,0} = q_1 - q_0$ – числовое значение разности размеров.

При построении шкалы выбирают два размера Q_0 и Q_1 , которые относительно просто могут быть реализованы в чистом виде. Эти размеры называются *основными реперами*, а интервал $Q_1 - Q_0$ – основным интервалом. Значение величины Q_0 принимается за начало отсчета. Некоторая доля основного интервала принимается за единицу шкалы, которую называют *шкалой интервалов*. В этом случае можно найти соотношение, позволяющее сопоставить числовые значения величины, представляемые разными шкалами. Пусть величина Q в двух различных шкалах представляется опорными значениями Q_1 и Q_2 , единицами измерения $[Q]_1$ и $[Q]_2$. Основное уравнение измерения для величины Q в разных шкалах имеет вид:

$$Q - Q_1 = q_1 [Q]_1; \quad Q - Q_2 = q_2 [Q]_2.$$

Поскольку размер измеряемой величины объективно один и тот же независимо от применяемой шкалы, то искомое соотношение –

$$q_2 = \frac{Q_1 - Q_2}{[Q]_2} + q_1 \frac{[Q]_1}{[Q]_2} = \left(q_1 - \frac{Q_2 - Q_1}{[Q]_1} \right) \frac{[Q]_1}{[Q]_2}. \quad (1.2)$$

Рассмотрим практический пример. В температурной шкале Цельсия за первый репер (начало отсчета) принята температура таяния льда, а в качестве второго репера основного интервала – температура кипения воды. За единицу температуры принята $1/100$ часть интервала – градус Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). В температурной шкале Фаренгейта за начало отсчета принята температура таяния смеси льда с нашатырным спиртом (поваренной солью), а в качестве второй точки – нормальная температура здорового человека, которая обозначена числом 96. $1/96$ часть основного интервала составляет единицу температуры – градус Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$). По этой шкале температура таяния льда равна $+32^{\circ}\text{F}$, а температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении составляет 212°F . Разность между точками кипения воды и таяния льда составляет по шкале Фаренгейта 180°F , а по шкале Цельсия она равна 100°C , причем $100^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{F}$. Отношение размеров единиц этих шкал $[Q]_{\text{F}}/[Q]_{\text{C}} = ^{\circ}\text{F}/^{\circ}\text{C} = 100/180 = 5/9$.

Из уравнения (1.2) получим формулу для перехода от числовых значений $t_{\text{F}}=q_1$ в градусах Фаренгейта к числовым значениям $t_{\text{C}}=q_2$ в градусах Цельсия: $t_{\text{C}}=(t_{\text{F}}-32) \cdot 5/9$.

Соотношение (1.2) показывает, что величины второго вида единственны до линейного преобразования.

Если в качестве одной из двух реперных точек выбрать такую, в которой размер не принимается равным нулю, а равен нулю на самом деле, то по такой шкале уже можно отсчитывать абсолютные значения размера и определять, во сколько раз один размер больше другого. Такая шкала называется *шкалой отношений (пропорциональной)*. Примером может служить температурная шкала Кельвина. В ней за начало отсчета принят абсолютный ноль температуры, при которой прекращается тепловое движение молекул. Более

низкой температуры не существует. Второй реперной точкой служит температура таяния льда. Интервал между этими точками равен по шкале Цельсия $273,16^{\circ}\text{C}$, поэтому на шкале Кельвина его делят на равные части, составляющие $1/273,16$ интервала. Такая часть называется градусом Кельвина (единица термодинамической температуры), по размеру равна градусу Цельсия. На шкале отношений определено наибольшее число математических операций: сложение, вычитание, умножение, деление. Такая шкала является наиболее совершенной, но построение ее возможно не всегда. Например, время может измеряться только по шкале интервалов.

Числовое значение величины третьего вида показывает, во сколько раз значение измеряемой величины больше некоторого значения, принятого за единицу. При различных единицах измерения $[Q]_1$ и $[Q]_2$ значение физической величины Q будет выражено различными числовыми значениями: $q_1=Q/[Q]_1$; $q_2=Q/[Q]_2$. Соотношение между ними выражается следующим образом:

$$q_2 = \frac{[Q]_1}{[Q]_2} \cdot q_1 = k_{1,2} \cdot q_1, \quad (1.3)$$

где $k_{1,2}$ – отвлеченное число, на которое нужно умножить числовое значение одной из единиц, чтобы получить числовое значение другой – переводной множитель.

Например, переводной множитель дюйма в миллиметры равен 25,4. Внутренний диаметр трубы $3/4'$ ($3/4$ дюйма) будет равен $q_2=25,4 \cdot 3/4= 19,05$ мм. Соотношение (1.3) показывает, что числовые значения для величин третьего вида единственны до преобразования подобия.

Качественной характеристикой измеряемой величины является размерность. Она обозначается символом \dim , происходящим от слова dimension. Размерность основных физических величин обозначается соответствующими прописными буквами, например, размерности длины, массы, времени, температуры записываются как $\dim l = L$, $\dim m = M$, $\dim t = T$, $\dim t^{\circ} = \Theta$.

Множество физических величин представляет собой систему, в которой отдельные величины связаны между собой. Эти связи были установлены в результате исследования свойств объектов и их взаимосвязей и после их количественного выражения описаны системой уравнений. Анализ взаимосвязей физических величин показал, что независимо друг от друга можно установить только несколько единиц физических величин, а остальные выразить через них.

Физические величины, единицы которых устанавливаются независимо от других величин в системе, называются *основными величинами*, а их единицы – *основными единицами*. Все остальные величины и единицы, которые определяются однозначно через основные, называются производными. Совокупность выбранных основных и производных единиц опреде-

ляет систему единиц.

В 1932 г. Гауссом была разработана система единиц, в которой основными единицами были приняты следующие: миллиметр, миллиграмм, секунда. Такую систему он назвал абсолютной. В дальнейшем появлялись другие системы с другими, более удобными для практического применения размерами основных единиц. С развитием науки и техники обилие систем стало тормозом научно-технического прогресса, В этих условиях XI Генеральная конференция по мерам и весам в 1960 г. приняла Международную систему единиц физических величин, получившую сокращенное обозначение SI (от начальных букв *S*ysteme *I*nternational) [21]. Последующими Генеральными конференциями по мерам и весам в первоначальный вариант SI внесены некоторые изменения. В нашей стране Международная система единиц является обязательной с 1 января 1980 г. В настоящее время действует ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы физических величин». В основу системы положены семь основных и две дополнительные единицы, которые приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные и дополнительные единицы SI

Наименование величины	Размер ность	Единицы		
		Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Основные				
Длина	L	метр	<i>m</i>	<i>м</i>
Масса	M	килограмм	<i>kg</i>	<i>кг</i>
Время	T	секунда	<i>s</i>	<i>с</i>
Сила электрического тока	I	ампер	<i>A</i>	<i>А</i>
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	<i>K</i>	<i>К</i>
Количество вещества	N	моль	<i>mol</i>	<i>моль</i>
Сила света	J	кандела	<i>cd</i>	<i>кд</i>

Дополнительные				
Плоский угол	-	радиан	<i>rad</i>	<i>рад</i>
Телесный угол	-	стерадиан	<i>sr</i>	<i>ср</i>

Метр – единица длины, равная пути, проходимому в вакууме светом за $1/299792458$ долю секунды.

Килограмм – единица массы, равная массе международного прототипа килограмма.

Секунда – единица времени, равная 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями состояния атома цезия-133.

Ампер – единица силы электрического тока, который, проходя по двум прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвин – единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды.

Кандела – единица силы света, равная 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.

Моль – единица количества вещества. Моль равен количеству вещества, содержащему столько же структурных элементов (атомов, молекул или других частиц), сколько атомов содержится в 0,012 кг углерода 12 .

Радиан – единица плоского угла, равная внутреннему углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу. В градусном исчислении $1 \text{ рад} = 57^{\circ}17'44,8''$.

Стерадиан – единица телесного угла. Стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы. Измеряют телесный угол Ω косвенно – измерением плоского угла α при вершине конуса с последующим вычислением по формуле

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha / 2).$$

Телесному углу в 1 ср соответствует плоский угол $65^{\circ}32'$, углу π ср – плоский угол 120° , углу 2π ср – плоский угол 180° .

Дополнительные единицы (радиан и стерадиан) используются только для теоретических расчетов и образования производных единиц, например, угловой скорости и углового ускорения. Приборов измерения уг-

лов в радианах нет, поэтому их измеряют в градусах, минутах, секундах.

Производные единицы СИ образуются из основных и дополнительных единиц. В общем случае они выражаются формулой

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

где k – безразмерный коэффициент пропорциональности;
 $[A], [B], [C], \dots$ – единицы основных физических величин;
 α, β, γ – показатели соответствующих единиц.

Если коэффициент пропорциональности k будет равен единице, то получают единицы, наиболее удобные в обращении Их называют *когерентными*, или согласованными. Если в системе все производные единицы когерентны, то ее называют *когерентной системой единиц физических величин*.

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1) размерности левой и правой частей уравнений должны совпадать;
 2) размерность произведения некоторых величин равна произведению их размерностей (если зависимость между величинами имеет вид $Q = A \cdot B \cdot C$, то $\dim Q = \dim A \cdot \dim B \cdot \dim C$);

3) размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, т.е. если $Q = A / B$, то $\dim Q = \dim A / \dim B$;

4) размерность любой величины, возведенной в некоторую степень, равна ее размерности в той же степени, т.е. при $Q = A^n$ $\dim Q = \dim^n A$.

Например, если скорость определяется отношением $v = l / t$, то размерность скорости $\dim v = \dim l / \dim t = LT^{-1}$, размерность ускорения $a = v / t$ будет $\dim a = \dim v / \dim t = LT^{-2}$.

Если сила определяется по второму закону Ньютона $F = ma$, то ее размерность $\dim F = \dim m \cdot \dim a = LMT^{-2}$.

Таким образом, размерность производной физической величины всегда можно выразить через размерности основных физических величин по формуле

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} \dots, \quad (1.4)$$

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

$\alpha, \beta, \gamma, \dots$ – показатели соответствующих размерностей.

Если все показатели размерности равны нулю, то величина называется безразмерной. К таким величинам относятся, например, коэффициент полезного действия, относительная диэлектрическая проницаемость, число Рейнольдса и др.

Теория размерностей широко применяется для оперативной проверки правильности сложных формул. Если размерности левой и правой частей уравнения (1.4) не совпадают, то в выводе формулы, к какой бы области знаний она ни относилась, следует искать ошибку. В гуманитарных

науках, спорте, искусстве, квалиметрии, где номенклатура основных величин не определена, теория размерностей пока не нашла эффективного применения.

Некоторые из производных единиц получили название в честь великих ученых: Ньютон, Герц, Паскаль, Кулон, Ом, Сименс, Вольт, Джоуль, Генри и др. Обозначения таких единиц пишутся с прописной буквы.

Диапазон значений большинства измеряемых физических величин чрезвычайно велик, отчего возникает неудобство в применении SI. Поэтому применяют десятичные кратные и дольные единицы SI, которые образуются с помощью множителей (табл. 1.2). Наименования таких единиц содержат приставки, соответствующие множителям, и пишутся слитно с наименованиями основных или производных единиц SI, например, километр (км), микрометр (мкм), мегаватт (МВт), пикофарада (пФ) и др.

Таблица 1.2

Множители единиц физических величин

Мно- житель	Приставка			Мно- житель	Приставка		
	На- имено- вание	Обозначение			Наиме- нование	Обозначение	
		Меж- дунар.	Рус- ское			Меж- дунар.	Рус- ское
10^{18}	экса	E	Э	10^{-1}	деци	<i>d</i>	д
10^{15}	пета	<i>P</i>	П	10^{-2}	санتي	<i>c</i>	с
10^{12}	тера	<i>T</i>	Т	10^{-3}	милли	<i>m</i>	м
10^9	гига	<i>G</i>	Г	10^{-6}	микро	μ	мк
10^6	мега	<i>M</i>	М	10^{-9}	нано	<i>n</i>	н
10^3	кило	<i>K</i>	к	10^{-12}	пико	<i>p</i>	п
10^2	гекто	<i>H</i>	г	10^{-15}	фемто	<i>f</i>	ф
10^1	дека	<i>Da</i>	да	10^{-18}	атто	<i>a</i>	а

У единиц, образованных как произведение или отношение нескольких единиц, приставку присоединяют, как правило, к наименованию первой единицы, например, килопаскаль-секунда на метр (кПа·с/м), а не паскаль-килосекунда на метр.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое метрология?
2. Что понимают под терминами «измерение», «единство измерений»?
3. Что называют физической величиной?
4. Как различают по видам физические величины?

5. В чем сущность основного уравнения измерений?
6. Назовите виды шкал измерений и их различия.
7. Что является качественной характеристикой физической величины?
8. Назовите основные единицы SI и запишите их размерности.
9. Как образуются производные единицы?

1.2. Измерения, их классификация. Принципы и методы измерений

Измерение по шкале отношений предполагает сравнение неизвестного размера с известным и выражение первого через второй в кратном или дольном отношении. При измерении физических величин в качестве известного размера принимают единицу SI. Процедуру сравнения можно записать отношением $Q/[Q]$. В квалиметрии сравнение производится обычно со значением базового показателя качества или с показателем, оцененным наивысшим баллом.

На практике непосредственно неизвестный размер не всегда может быть представлен для сравнения с единицей. Например, жидкости и сыпучие вещества взвешиваются в таре. Тогда процедура сравнения выглядит как отношение $(Q+\theta)/[Q]$, где θ – масса тары (систематический фактор).

Само сравнение происходит под влиянием множества случайных и неслучайных факторов, точный учет которых невозможен, а результат совместного действия непредсказуем. Обозначив для простоты совместное влияние факторов случайным аддитивным слагаемым η , получим уравнение

$$\frac{Q + \theta}{[Q]} + \eta = x, \quad (1.5)$$

которое является *математической моделью измерения по шкале отношений*, где x – отсчет по шкале отношений.

Значение измеряемой величины $Q = x[Q] - \eta [Q] - \theta$.

После измерения в уравнении остаются два неизвестных Q и η , поэтому строгого решения оно не имеет. Неслучайное значение θ должно быть известно до измерения, либо устанавливается дополнительными исследованиями. На практике удовлетворяются приближенными решениями. Проверкой или сертификацией средства измерения и выбором определенной методики выполнения измерений приближенно определяют среднее значение второго слагаемого $\overline{\eta[Q]} \approx H$, которое не является случайным. Тогда $x[Q] - H - \theta = X$, в котором результат измерения X является случайным числом. Первое слагаемое $x[Q]$ называется показанием. Два других слагаемых представляют суммарную поправку $\Theta = -H - \theta$.

Уравнение измерения по шкале интервалов записывается аналогично (1.5):

$$\frac{\Delta Q + \theta}{[Q]} + \eta = x,$$

где ΔQ – значение разности между двумя размерами физической величины.

По способу получения информации измерения разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные. Измерение называют *прямым*, если искомое значение величины находят непосредственно путем сравнения с мерой этой величины, например, измерение длины микрометром, электрического напряжения – вольтметром (шкала вольтметра является носителем меры), температуры – термометром, массы – на циферблатных весах. Прямые измерения являются основой более сложных косвенных, совокупных и совместных измерений.

При *косвенном измерении* искомое значение величины находят на основании результатов прямых измерений других величин, связанных с искомой известной зависимостью. Примерами косвенных измерений являются определение плотности однородного тела по его массе и геометрическим размерам, определение скорости по длине пройденного пути за некоторый период времени, определение сопротивления проводника по разности потенциалов и силе электрического тока. Косвенные измерения применяют в тех случаях, когда искомую величину определить прямым измерением невозможно или слишком сложно или когда измерение не обеспечивает необходимой точности, например, погрешности прямых измерений углов угломерами на порядок выше погрешностей косвенных измерений с помощью синусных линеек.

Совокупные измерения – это проводимые одновременно измерения нескольких однородных величин. Искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. Число уравнений не должно быть меньше числа искомых величин. Примером может служить один из методов измерения значения взаимной индуктивности между двумя катушками [5]. Имеются катушки с двумя индуктивностями L_1 и L_2 . Сначала их соединяют так, чтобы их магнитные поля складывались. При этом общая индуктивность $L'_0 = L_1 + L_2 + 2M$, где M – взаимная индуктивность между катушками. Затем катушки соединяют так, чтобы их магнитные поля вычитались. В этом случае общая индуктивность $L''_0 = L_1 + L_2 - 2M$. Значения L_1 и L_2 определяют прямыми измерениями. Искомая величина получается из двух уравнений $M = (L'_0 - L''_0) / 4$.

Совместные измерения – это проводимые одновременно измерения двух или нескольких разноименных величин для нахождения зависимости между ними. Например, для определения температурного коэффициента линейного расширения измеряют температуру и длину стержня, нагретого до разных температур.

По отношению к основным единицам измерения делятся на абсо-

лютные и относительные.

Абсолютные измерения основаны на прямых измерениях одной или нескольких величин и (или) использовании физических констант. Примером может служить измерение силы тяжести с помощью мер массы и константы земного ускорения или энергии $E=mc^2$, где масса является основной единицей, а скорость света c – физической константой.

Относительное измерение – измерение отношения искомой величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Это измерение согласуется с основным уравнением измерения (1.1), когда за единицу измерения принимается не обязательно узаконенная единица.

По характеру изменения измеряемой величины измерения разделяются на статические, динамические и статистические.

Статические измерения выполняются при практическом постоянстве измеряемой величины. В процессе *динамических изменений* измеряемая величина изменяется. Динамический режим может возникать при измерении неизменяющейся величины непосредственно после включения средства измерений вследствие его инерционности. Через некоторое время наступает статический режим. К динамическим относятся измерения параметров периодических и аperiodических сигналов, стохастических сигналов, изменение которых описывается вероятностными закономерностями. Характерным для динамических измерений является то, что результат измерений изменяющейся во времени физической величины представляется совокупностью ее значений с указанием моментов времени, которым соответствуют эти значения. В других случаях результат динамического измерения может быть представлен некоторым усредненным числом. *Статистические измерения* связаны с определением характеристик случайных процессов, шумовых сигналов и др.

По количеству измерительной информации различают измерения однократные и многократные. При однократных измерениях их число равняется числу измеряемых величин. При этом велика возможность грубой ошибки (промаха). Во многих случаях рекомендуется выполнять не менее двух-трех измерений. При этом результат измерения будет средним из двух-трех отсчетов. При многократных измерениях число измерений превышает число измеряемых величин. Их проводят с целью уменьшения влияния случайных составляющих погрешностей измерения. Обычно для многократных измерений число измерений каждой величины больше 3.

Основными характеристиками измерений являются принципы, методы и точность измерений. *Принципы измерений* – это физические эффекты (явления), на которых основаны измерения (пьезоэлектрический, термоэлектрический, фотоэлектрический и др.). Обычно они реализуются в преобразователях.

Метод измерения – совокупность использования приемов (способов) сравнения измеряемой величины с ее единицей в соответствии с выбранным принципом измерений. Все методы измерений делятся на методы непосредственной оценки и сравнения.

При методе *непосредственной оценки* значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству средства измерений (амперметра, вольтметра, микрометра и др.). Мера, отражающая единицу измерения (дольные и кратные ее части), в измерении не участвует. Ее роль в показывающем устройстве играет шкала, проградуированная при его производстве с помощью достаточно точных средств измерений.

Метод сравнения с мерой предусматривает необходимость сравнивать измеряемую величину с величиной, воспроизводимой мерой. В зависимости от путей реализации различают несколько методов сравнения

При методе *противопоставления* измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения. Примером может служить взвешивание груза на равноплечих весах, когда результат измерения определяется как сумма массы гирь и показания по шкале весов.

При *дифференциальном методе* измеряемая величина сравнивается с однородной величиной известного размера, воспроизводимого мерой. Характерным примером этого метода, иногда называемого методом неполного уравновешивания, является измерение сопротивления с помощью вольтметра, переключателя и регулируемого потенциометра. С помощью переключателя вольтметр включается в цепь с измеряемым сопротивлением или в цепь с регулируемым потенциометром (мерой). При достижении одинаковых показаний вольтметра искомое сопротивление будет равно сопротивлению потенциометра.

Нулевой метод измерений – частный случай дифференциального – заключается в том, что результаты воздействия на средство измерений измеряемой величины и меры уравновешиваются до нулевого показания. Характерным примером нулевого метода является измерение активного сопротивления мостом постоянного тока (рис. 1.1).

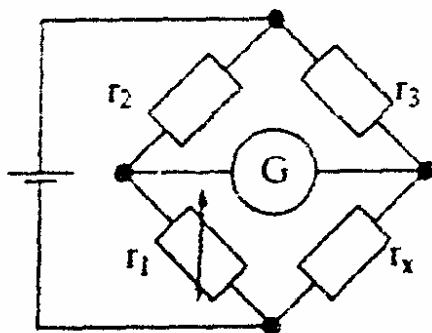


Рис. 1.1. Мостовая схема измерения сопротивления

При уравновешенной схеме гальванометр G показывает нуль, при этом выполняется условие $r_x \cdot r_2 = r_1 \cdot r_3$. Отсюда $r_x = r_1 \cdot r_3 / r_2$.

Метод совпадения заключается в том, что разность между измеряемой величиной и известной величиной (мерой) измеряют, используя совпадения отметок шкал. Например, определение числа оборотов по совпадению частоты вращения метки и известной частоты вспышек генератора на стробоскопе.

При методе замещения измеряемую величину замещают мерой известной величины. Примером использования этого метода служит измерение емкости конденсатора, включенного в колебательный контур. Изменением частоты напряжения, подаваемого на колебательный контур от измерительного генератора, можно добиться резонанса. После этого вместо конденсатора с неизвестной емкостью в контур включается конденсатор с регулируемой известной емкостью (мерой) и вновь настраивается контур в резонанс, при этом неизвестная емкость будет равна известной емкости меры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Запишите математическую модель измерения по шкале отношений, объясните составляющие результата измерений.
2. Какие могут быть измерения по способу получения информации?
3. Как различают измерения по отношению к основным единицам измерения?
4. Как разделяют измерения по характеру изменения измеряемой величины? В каких случаях они применяются?
5. Какие принципы измерений вы знаете?
6. Что такое метод измерения? Какие методы применяются на практике?

1.3. Погрешности измерений, их классификация и описание

Любые измерения имеют какое-то значение лишь тогда, когда их результатам можно доверять. Каждый объект измерений обладает некоторым количеством свойств, по определенности которых можно судить о его содержании (состоянии). Измерения проводятся с различными целями: при необходимости удостовериться в том, что продукция соответствует заданным (рекламируемым) качественным и количественным свойствам (признакам); для определения неизвестных свойств объекта измерений (физической системы, явления, процесса, эффекта); когда необходимо наблюдать за изменениями объекта измерений. Для достижения любой цели по результатам измерений производится оценка *истинного значения величины*, которое рассматривается как идеальная в качественном и количественном отношениях ее характеристика. Истинное значение величины может

быть определено только в результате бесконечного процесса измерений с соответствующим бесконечным процессом совершенствования применяемых методов и средств измерений. Таким образом, мы в состоянии наблюдать истинную величину, но определить ее точное значение не можем.

Вместе с тем измерения целесообразны только тогда, когда измеряемую величину удастся сопоставить с некоторой известной величиной – мерой, эталоном. Поэтому для практического применения истинное значение величины сопоставляется с *действительным значением величины*. Это значение определяется экспериментально, приписывается измеряемой величине и рассматривается как наиболее точное отображение истинного значения величины в данной измерительной задаче. Истинное значение величины, несмотря на недостаточную известность, по своей природе является единственным (во всяком случае, в момент измерений). Действительное значение величины может иметь множество значений, сопоставляемых этому единственному, в зависимости от методов и средств, используемых для его определения.

Погрешность результата измерения (сокращенно – погрешность измерений) - отклонение результата измерения от истинного значения величины. Абсолютное значение погрешности измерений Δ равно разности между измеренным значением $X_{\text{ИЗМ}}$ и истинным значением Q :

$$\Delta = X_{\text{ИЗМ}} - Q. \quad (1.6)$$

Поскольку истинное значение точно неизвестно, то точно неизвестны и погрешности измерений. На практике для определения погрешности измерений используют понятие действительного значения величины Q_d , которому всегда приписывается определенное значение, установленное с точностью, достаточной для оценки погрешности измерений. Чем выше точность метода и средств измерения, с помощью которых определено действительное значение величины, тем увереннее оно рассматривается как близкое к истинному. При определении погрешности по действительному значению величины Q_d экспериментально реализуется выражение (1.6). Если при использовании средств измерений экспериментатор не осведомлен о действительном значении измеряемой величины, то производятся многократные измерения величины Q и находится среднее арифметическое значений результатов отдельных измерений. Оно принимается за действительное значение. Часто для определения действительного значения применяют высокоточное средство измерений (эталон).

Истинные значения любых измеряемых величин неизвестны, поэтому стремятся найти «образ» объекта измерений, адекватный истинному. Им является *модель объекта измерений*, которая «формулируется» на основании априорных данных и постулируемых предположений с учетом условий проведения измерений. Формулировка (построение) модели объекта необходима также для определения конкретных величин (параметров)

и допускаемых погрешностей их измерения с учетом того, чтобы измеренные величины наилучшим образом характеризовали бы «поведение» реального объекта.

В качестве примера рассмотрим простой измерительный эксперимент – определение диаметра цилиндра. Моделью цилиндра является круг (понятие математическое). Диаметр круга будет параметром модели. Предполагаем, что истинное значение диаметра круга в количественном отношении идеально отражает основное свойство объекта измерений. Если известно, для каких целей будет использоваться цилиндр, то можно определить допускаемую погрешность измерений, выбрать средство измерений и измерить диаметр круга. Чтобы проверить, насколько объект измерений и его математическая модель соответствуют друг другу, измерение необходимо провести в различных радиальных направлениях. Разность результатов измерений является погрешностью несоответствия принятой модели свойствам реального объекта.

Кроме того, источником погрешности измерений могут быть: примененный метод измерений, примененное средство измерений, условия проведения измерений, способ обработки результатов измерений, квалификация операторов, выполняющих измерения и др. Указанные факторы по-разному сказываются на отличии результата измерений от истинного значения измеряемой величины.

По форме представления погрешности разделяются на абсолютные и относительные.

Абсолютная погрешность измерений Δ , выражаемая в единицах измеряемой величины, представляется разностью между измеренным и истинным (действительным) значениями измеряемой величины:

$$\Delta = x_{\text{изм}} - Q(Q_{\text{д}}).$$

Абсолютная погрешность средства измерений соответствует этому определению, но для меры и измерительного прибора имеет разный смысл. Абсолютная погрешность меры – разность между номинальным значением меры и истинным (действительным) значением воспроизводимой ею величины. Абсолютная погрешность измерительного прибора – разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины. Показание прибора – значение измеряемой величины, определенное по отсчетному устройству.

Относительная погрешность δ представляется отношением абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины $\delta = \Delta / Q(Q_{\text{д}})$. Вместо $Q_{\text{д}}$ можно пользоваться показаниями измерительного прибора. Обычно относительная погрешность выражается в процентах.

По причинам возникновения погрешности разделяются на инструментальные, методические и субъективные.

Инструментальная (аппаратурная) погрешность – погрешность средства измерения (составляющая погрешности средства измерения), вызываемая несовершенством средства измерения, его конструктивно-технологическими особенностями, неидеальной реализацией принципа действия и влиянием внешних условий. К инструментальным погрешностям обычно относят также помехи на входе средства измерения, вызываемые его подключением к объекту. Инструментальная погрешность является одной из наиболее ощутимых составляющих погрешности измерений.

Методическая погрешность – составляющая погрешности измерений, обусловленная несовершенством примененного метода измерений и упрощений при построении конструкции средства измерений, в том числе математических зависимостей. Она может быть также при экстраполяции свойства, измеренного на ограниченной части объекта, на весь объект, если нет однородности этого свойства (считая значение диаметра цилиндрической поверхности равным результату измерения в одном направлении и сечении, мы допускаем погрешность, так как реальная поверхность отличается по форме от идеальной). Иногда средства измерений влияют на измеряемый объект, например, погрешность от деформации тонкостенных деталей под действием измерительной силы, погрешность измерения вольтметром падения напряжения на резисторе из-за изменения измеряемого параметра при включении прибора. В большинстве случаев эти погрешности «действуют» регулярно, т.е. относятся к систематическим.

Субъективная (личная) погрешность возникает вследствие индивидуальных особенностей (степень внимательности, сосредоточенности, подготовленности) операторов, производящих измерения. Эти погрешности практически отсутствуют при использовании автоматических или автоматизированных средств измерений. В большинстве случаев субъективные погрешности относятся к случайным, но некоторые могут быть систематическими.

По условиям проведения измерений различают основные и дополнительные погрешности средств измерений.

Основной называется погрешность, соответствующая нормальным условиям применения средства измерения. Эти условия устанавливаются нормативно-техническими документами на виды средств измерений или отдельные их типы. Выделение основной погрешности, соответствующей некоторым стандартным условиям применения, является одним из важных факторов обеспечения единства измерений. Кроме нормальных условий, в техническом паспорте (описании) и других документах на тип средства измерения указываются также *рабочие условия*, в пределах которых допускается эксплуатировать средства измерений с гарантированными метрологическими характеристиками.

Зарубежные фирмы, выпускающие средства измерений, часто не ис-

пользуют понятие основной погрешности, приводя в паспортах средств измерений лишь значения пределов допускаемой погрешности для определенных условий эксплуатации. Например, абсолютная погрешность средства измерения может быть указана в таком виде: $\Delta = \pm (0.01 \% \text{ of } R + 0.02 \% \text{ of } FS)$ за три месяца при температуре 10...35°C [6]. Здесь R происходит от слова reading (показание), FS - от слов full scale (полная шкала). Таким образом, гарантированная погрешность в этом случае будет определяться пределами погрешности, равной сумме 0,01 % от показания средства измерения и 0,02 % от диапазона шкалы.

Дополнительная погрешность – погрешность, возникающая вследствие отклонения одной из влияющих величин от нормального значения (или выхода значений влияющей величины за пределы нормальной области значений). Влияющими называются величины, не измеряемые рассматриваемыми средствами измерений, но оказывающие влияние на результаты измерений. Дополнительные погрешности учитываются с помощью *функции влияния, или коэффициентов влияния*. Функция влияния представляет собой зависимость числовых значений (обычно в процентах), на которые необходимо увеличить значение основной погрешности, от значения отклонения влияющей величины от нормальных условий. Например, функция влияния температуры указана в виде $\Psi = n\%/10^\circ\text{C}$, по напряжению электропитания $\Psi = m\%/5\% U_{\text{пит}}$, где числа n% и m% означают, на сколько процентов нужно увеличить значение основной погрешности измерений при отклонении от нормальных условий температуры окружающей среды на 10°C и электрического напряжения питания на 5%. Если зависимость функции влияния от изменения влияющей величины нелинейная, то ее представляют в виде графика, формулы или таблицы.

По характеру изменения результатов при повторных измерениях погрешности разделяются на систематические, случайные и грубые.

Систематической погрешностью измерения называют постоянную или закономерно изменяющуюся погрешность при повторных измерениях одной и той же величины. Постоянной можно считать погрешность от несоответствия действительного значения меры, с помощью которой выполняют измерения, ее номинальному значению или погрешность из-за неточной настройки прибора на нуль и т.п. Переменные погрешности разделяют на прогрессирующие и периодические. Прогрессирующей называют систематическую погрешность, которая монотонно убывает или возрастает, например, погрешность от изменения напряжения вспомогательного источника питания (разряда аккумулятора, выработки ресурса гальванического элемента), если значение этого напряжения влияет на результат измерения. Периодической называют систематическую погрешность, значение которой изменяется периодически во времени, например погрешности, вызванные суточными колебаниями напряжения в сети или колебаниями температуры окружающей среды.

Систематические погрешности можно выявить и исключить. При этом главную сложность может представлять само обнаружение систематических погрешностей. Результаты измерений, полученные после исключения систематических погрешностей, называют *исправленными*. Их можно подвергать статистической обработке без риска получить искаженное описание закона распределения случайных составляющих. Общих методов выявления и исключения систематических погрешностей не существует из-за многообразия причин их возникновения и видов проявления. Но для отдельных систематических составляющих погрешности измерений разработаны частные аналитические и экспериментальные методы. Исключение погрешностей можно осуществлять до измерения, в процессе измерения или при математической обработке результатов.

Эффективность аналитических методов выявления систематических погрешностей зависит от соответствия принятой аналитической модели реальному процессу измерений. Например, сравнительно просто рассчитать погрешность схемы прибора при наличии в нем рычажной и зубчатой передач, погрешность метода измерения электрического напряжения вольтметром, обусловленную влиянием собственного электрического сопротивления прибора. Сложнее аналитически учесть влияние отклонений условий выполнения измерений от нормальных. Близость к нулю систематических погрешностей характеризует качество измерений, называемое *правильностью*.

При ограниченном количестве экспериментов сложные законы изменения систематических погрешностей выявить полностью не удастся. В подобных случаях невыявленные систематические составляющие погрешности приравниваются к случайным.

Результаты измерений, содержащие систематические погрешности, называют *неисправленными*.

Случайной называют погрешность измерения, изменяющуюся случайным образом при повторных измерениях одной и той же постоянной величины. Она возникает от влияния большого числа неподдающихся учету факторов, например, погрешности от вариации показаний измерительного прибора, округления при отсчитывании показаний и др. Случайные погрешности нельзя исключить из результатов измерений, но их можно уменьшить повышением точности и тщательности проведения измерений. Близость к нулю случайных погрешностей измерений называется *сходимостью измерений*.

Случайные погрешности могут быть описаны дифференциальной функцией распределения случайных величин, которую часто называют плотностью вероятностей, а графическое представление – кривой распределения. Кривая распределения имеет чаще всего форму, показанную на рис. 1.2.

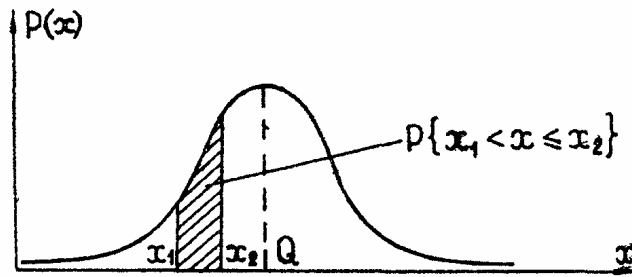


Рис. 1.2. Вероятность попадания результата наблюдений в заданный интервал

Плотность вероятностей удовлетворяет следующим условиям:

$$1) p(x) \geq 0; \quad 2) \int_{-\infty}^{+\infty} p(x) dx = 1.$$

Второе условие показывает, что площадь под кривой распределения в пределах от $-\infty$ до $+\infty$ равна единице, т.е. вероятность появления результата наблюдения в указанном интервале является достоверным событием. Зная кривую распределения $p(x)$, можно определить вероятность попадания результата наблюдения в любой заданный интервал от x_1 до x_2 . По форме кривой распределения можно судить о том, какие интервалы значений случайных погрешностей более вероятны, какие – менее.

Описание случайных погрешностей функцией распределения является самым универсальным и наиболее правильным. Однако определение функций распределения связано с трудоемкими экспериментальными исследованиями, а в некоторых случаях – с невозможностью их получения. Кроме того, при нормировании погрешностей и в некоторых других случаях желательно иметь более компактное описание случайных погрешностей. Для этого используют приближенное описание закона распределения его *числовыми характеристиками или моментами*. Все они представляют собой некоторые средние значения. Если усредняются величины, отсчитываемые от начала координат, то моменты называются начальными, а если от центра закона распределения – центральными.

Важнейшим *начальным моментом* является первый – среднее значение, характеризующее *математическое ожидание* отсчета при бесконечном повторении процедуры измерения:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot p(x) dx = M[X] = m_X.$$

Для дискретной величины математическое ожидание определяется соотношением

$$m_X = \sum_{i=1}^n x_i P_i,$$

где P_i – вероятность появления x_i .

Математическое ожидание имеет следующие свойства [21]:

1) математическое ожидание неслучайного числа равно самому числу: $M[A]=A$;

2) постоянный множитель можно выносить за знак математического ожидания: $M[A \cdot X] = A \cdot M[X]$;

3) математическое ожидание алгебраической суммы случайных чисел равно сумме их математических ожиданий:

$$M[X+Y+Z] = M[X] + M[Y] + M[Z];$$

4) математическое ожидание произведения независимых случайных чисел равно произведению их математических ожиданий:

$$M[X \cdot Y \cdot Z] = M[X] \cdot M[Y] \cdot M[Z].$$

Математическое ожидание является некоторым постоянным числом, определяющим положение центра группирования случайной величины относительно начала координат. Это число принимают за оценку истинного значения измеряемой величины Q . Однако при определении эмпирического распределения, как правило, математическое ожидание не совпадает с истинным значением измеряемой величины. Величину этого несовпадения называют систематической погрешностью.

Мерой рассеяния результатов измерения около их среднего значения служит второй центральный момент, который называется *дисперсией*:

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)^2 p(x) dx.$$

Иногда дисперсию удобнее обозначить символом $D_x = D[X]$.

Для дискретных величин

$$\sigma_x^2 = D_x = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 P_i.$$

Свойства дисперсии:

1) дисперсия неслучайного числа равна нулю: $D[A] = 0$;

2) постоянный множитель выносится за знак дисперсии возведенным в квадрат: $D[AX] = A^2 D_x$ при $A = \text{const}$;

3) дисперсия алгебраической суммы независимых случайных чисел равна арифметической сумме их дисперсий:

$$D[X+Y+Z] = D_x + D_y + D_z;$$

4) дисперсия алгебраической суммы зависимых случайных чисел

$$D[X + Y] = D_X + D_Y \pm 2r\sqrt{D_X D_Y},$$

где коэффициент корреляции

$$r = \frac{M[(x - m_x) \cdot (y - m_y)]}{\sigma_x \sigma_y}.$$

В метрологии в качестве меры рассеяния чаще используют *среднее квадратическое отклонение* $\sigma_x = +\sqrt{D_x}$, которое иногда (особенно в иностранной литературе) называют стандартным отклонением. Величина среднего квадратического отклонения характеризует величину рассеяния случайных погрешностей относительно m_x . Это хорошо видно на рис.1.3, где представлены кривые плотности одного и того же закона распределения вероятностей при различных σ .

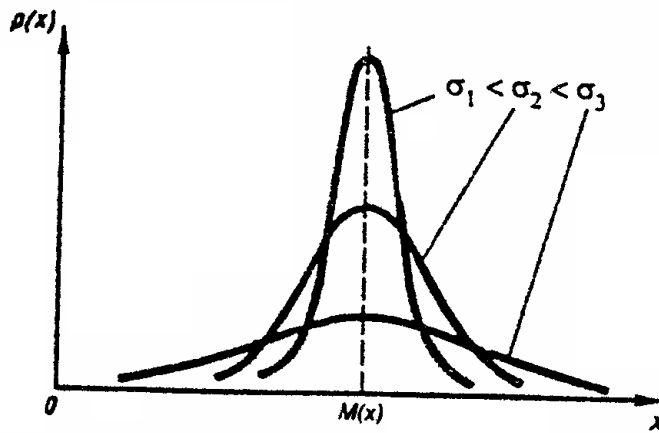


Рис. 1.3. Графики плотности распределения вероятности с разными значениями σ

Для оценки асимметрии используют третий центральный момент:

$$\overline{(x - m_x)^3} = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)^3 p(x) dx.$$

Мерой несимметричности распределения вероятности служит коэффициент асимметрии $k_{ac} = \overline{(x - m_x)^3} / \sigma_x^3$ (рис. 1.4).

Для оценки плосковершинности или заостренности функции распределения вероятности используется четвертый центральный момент (четвертого порядка).

Мерой заостренности служит эксцесс $k_{экс} = \overline{(x - m_x)^4} / \sigma_x^4$, который для закона распределения плотности вероятности, имеющего форму кривой Гаусса, равен трем. Кривые с более острой вершиной имеют больший эксцесс, с более полой – меньший.

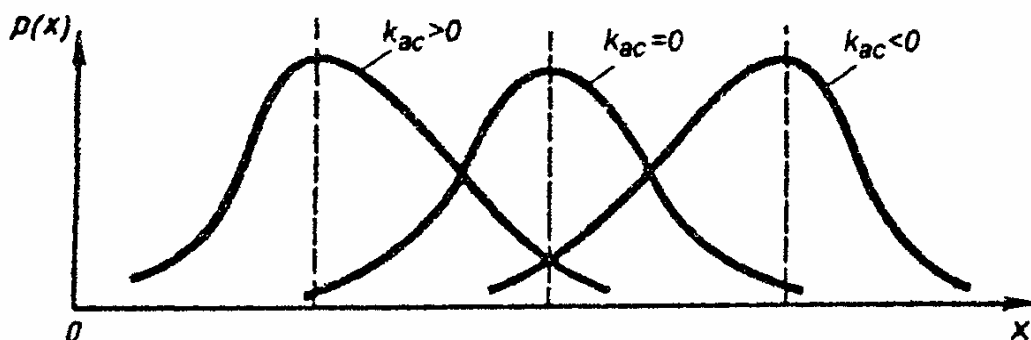


Рис. 1.4. Влияние формы кривой распределения плотности вероятности на коэффициент асимметрии

Функции распределения, как и все моменты, обладают важным качеством: будучи характеристиками случайного числа, сами они не являются случайными. На практике эти характеристики получить невозможно, так как измерительная процедура не может быть повторена бесконечное число раз, поэтому они используются только в качестве моделей.

Грубой называют погрешность измерения, существенно превышающую ожидаемую при заданных условиях. Причиной появления грубой погрешности может быть внезапный скачок напряжения в сети питания прибора, незамеченное нарушение методики выполнения измерений, неверное снятие отсчета или запись результата. Грубые погрешности измерения, приводящие к явно нелепым результатам, легко обнаруживаются, и такие результаты исключают из массива данных. Некоторые из них нельзя уверенно исключить. Поэтому их выявляют статистическими методами, суть которых заключается в том, что грубыми признают те погрешности, вероятность появления которых не превышает некоторой заранее выбранной величины.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называют погрешностью измерения?
2. Как разделяют погрешности измерений по форме представления?
3. Какие погрешности различают в зависимости от условий проведения измерений?
4. Как разделяют погрешности измерения в зависимости от причин их возникновения?
5. Как различают погрешности измерения по характеру их проявления?
6. Какие погрешности называют систематическими?
7. Какие погрешности измерения называют случайными и как их можно описать?
8. Что характеризует первый начальный момент?
9. Как определяется и что характеризует среднее квадратическое отклонение?
10. Что характеризуют третий и четвертый центральные моменты?

1.4. Законы распределения случайных погрешностей и доверительные интервалы для измеряемых величин

В зависимости от количества действующих факторов и степени их влияния на процесс измерения распределение вероятности случайных погрешностей может описываться различными законами. Если погрешность измерений может принимать значения только в пределах от a до b с одинаковой вероятностью, то в качестве модели можно использовать равномерное распределение (рис. 1.5).

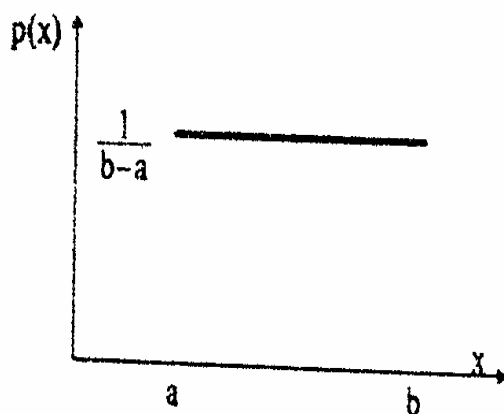


Рис. 1.5. График плотности вероятности равномерного распределения

Дифференциальная функция такого распределения записывается следующим образом:

$$p(x) = \begin{cases} 1/(b-a) & \text{при } a \leq x \leq b, \\ 0 & \text{при } x < a \text{ и } x > b, \end{cases}$$

$$\sigma^2 = (b-a)^2 / 12.$$

С таким законом распределения хорошо согласуются неисключенные остатки систематических погрешностей, погрешности от трения в опорах электромеханических приборов, погрешность дискретности в цифровых приборах, погрешности размеров в пределах одной сортировочной группы при селективной сборке. Стандартизованная длина половины доверительного интервала составляет $1,7\sigma_x$.

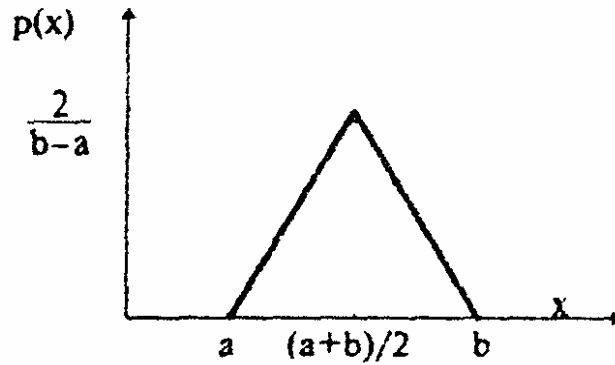


Рис. 1.6

Погрешности суммы (или разности) двух равномерно распределенных величин можно описать законом *треугольного распределения* (Симпсона), вид кривой которого показан на рис. 1.6. Дифференциальная функция имеет выражение:

$$p(x) = \begin{cases} 4(x-a)/(b-a)^2 & \text{при } a \leq x \leq (a+b)/2; \\ 4(b-x)/(b-a)^2 & \text{при } (a+b)/2 \leq x \leq b, \end{cases}$$

$$\sigma^2 = (b-a)^2/24.$$

Стандартизованная длина половины доверительного интервала составляет $2,4\sigma_x$.

Такой закон можно принять в качестве модели для описания суммарной погрешности преобразования при последовательном соединении двух измерительных преобразователей, каждый из которых имеет равномерно распределенные погрешности в одинаковом интервале, например, при оценке погрешностей измерений, основанных на счете импульсов определенной стабилизированной частоты (скорости вращения ротора турбин с помощью частотомеров). Если ширина интервалов равномерных законов распределения независимых составляющих погрешностей различна, то суммарное распределение хорошо согласуется с *трапецидальным законом* (рис. 1.7).

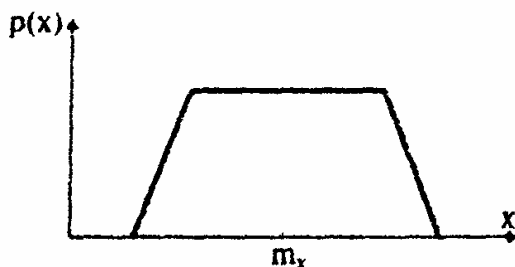


Рис. 1.7. График плотности вероятности трапецидального распределения

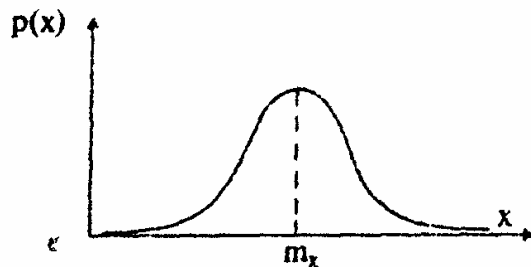


Рис. 1.8. График плотности вероятности нормального распределения

В большинстве случаев погрешности возникают от воздействия большого числа факторов. В этих условиях распределение погрешностей лучше всего согласуется с *нормальным законом (законом Гаусса)*. Согласно центральной предельной теореме теории вероятностей распределение случайных погрешностей будет близко к нормальному всякий раз, когда результаты наблюдения формируются под влиянием большого числа независимо действующих факторов, каждый из которых оказывает незначительное действие по сравнению с суммарным действием остальных. Дифференциальная функция распределения нормального закона:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}. \quad (1.7)$$

Графически эта функция представлена на рис. 1.8. Из уравнения (1.7) и графика (рис. 1.8) следует: 1) плотность вероятности имеет максимум при $x = m_x$; 2) с увеличением погрешности независимо от знака плотность вероятности стремится к нулю; 3) с увеличением среднего квадратического отклонения вероятность больших отклонений увеличивается. Интегральная функция нормального распределения:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx.$$

Если погрешность выразить некоторым числом z средних квадратических отклонений $x - m_x = z \cdot \sigma_x$, то получится кривая нормированного нормального закона распределения, интегральная функция которого имеет вид:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (1.8)$$

Эту функцию называют функцией Лапласа. Значения $F(z)$ протабулированы и приведены в приложении (табл. П.1). Соответствующая ей дифференциальная функция распределения:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}.$$

Графики дифференциальной и интегральной функции этого распределения с числовыми характеристиками $m_z = 0$ и $\sigma_z = 1$ показаны на рис 1.9.

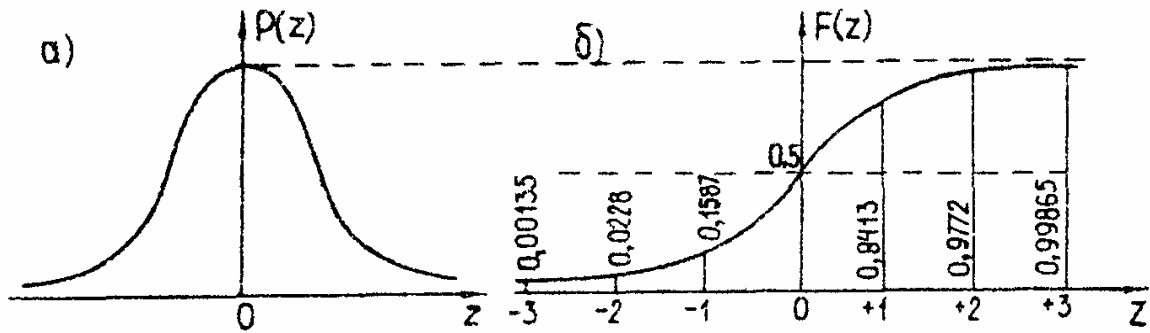


Рис. 1.9. Дифференциальная (а) и интегральная (б) функция нормированного нормального распределения вероятности

По кривой на рис. 1.9,б видно, что $F(z) = 1 - F(-z)$. Эта функция связана с нулевым интегралом вероятности $F_0(z)$ соотношением $F(z) = 0,5 + F_0(z)$, где

$$F_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

При контроле параметров изделий и решении других измерительных задач возникает необходимость определения доверительного интервала для истинного значения измеряемой величины. Полагая, что измеряемая величина имеет нормальное распределение с известным значением среднего квадратического отклонения, ограничим область результатов наблюдений значениями отклонений $x - m_x = t_p \sigma$. Вероятность того, что результат однократного наблюдения x окажется в зоне $(-t_p \sigma \dots + t_p \sigma)$, можно определить интегрированием дифференциальной функции распределения в пределах $\pm t_p$:

$$P(-t_p < t \leq +t_p) = F(t_p) - F(-t_p). \quad (1.9)$$

Значение указанной вероятности находится как разность значений интегральной функции распределения, определенных по табл. П.1 для значений $z_1 = -t_p$ и $z_2 = +t_p$. Предельные значения случайной величины x от $m_x - t_p \sigma$ до $m_x + t_p \sigma$ называют *доверительными границами результата измерения*, а вероятность P – *доверительной вероятностью* того, что результат однократного наблюдения окажется в пределах заданных границ.

При $t_p = 1$ доверительная вероятность будет $P = 0,6826$, при $t_p = 2$ $P = 0,9544$ и при $t_p = 3$ $P = 0,9973$. В машиностроении предельным принят доверительный интервал $\pm 3\sigma$. Дальнейшее расширение его границ не приводит к существенному повышению доверительной вероятности. Так, например, для интервала $\pm 4\sigma$ $P = 0,999936$. Для представления характеристик погрешностей измерений чаще используют значение вероятности $P = 0,95$ с доверительным интервалом $t_p = 1,96$.

Вероятность нахождения случайной величины в пределах довери-

тельных границ, определенных значениями t_p , определяется в соответствии с уравнением (1.9) выражением

$$P(m_x - t_p \sigma_x \leq x \leq m_x + t_p \sigma_x) = 2F(z = t_p) - 1 = 2F_0(z = t_p), \quad (1.10)$$

где $F_0(z)$ – нулевой интеграл вероятности. Неравенство (1.10) можно преобразовать в другое:

$$P(m_x - t_p \sigma_x \leq x \leq m_x + t_p \sigma_x) = P(x - t_p \sigma_x \leq m_x \leq x + t_p \sigma_x).$$

Если систематические погрешности исключены, то истинное значение можно принять равным математическому ожиданию $Q = m_x$, тогда

$$P(x - t_p \sigma_x \leq Q \leq x + t_p \sigma_x) = 2F(z = t_p) - 1 = P. \quad (1.11)$$

Это значит, что истинное значение измеряемой величины Q с доверительной вероятностью P находится между границами доверительного интервала $\pm t_p \sigma_x$. Значение t можно находить по таблице нулевого интеграла вероятности, принимая $F_0(t_p) = P/2$. Например, при экспресс-анализе качества молока цифровой анализатор АКМ-002 показал значение массовой доли жира 3,6%. Пределы его допускаемых значений среднего квадратического отклонения основной погрешности измерения $\sigma_p = 0,06\%$. Принимая доверительную вероятность $P=0,95$, определим по выражению (1.10) $2F(t_p=z)-1=0,95$, $F(z)=0,975$. По табл. П.1 $t_p=z=1,96$. Границы доверительного интервала $t_p \sigma = \pm 1,96 \cdot 0,06\% = \pm 0,1176\%$. Фактическое значение массовой доли жира Q с вероятностью $P=0,95$ будет в пределах $3,4824\% \leq Q \leq 3,7176\%$.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какой закон распределения погрешности измерения следует ожидать при действии одного систематического фактора?
2. В каком случае можно ожидать распределение погрешностей измерений по закону треугольного распределения, а в каком – нормального распределения?
3. Какие свойства характерны для нормального распределения?
4. Какое нормальное распределение называют нормированным?
5. Что такое доверительная вероятность и доверительный интервал?
6. Какой доверительный интервал чаще используют для представления характеристик погрешностей измерений?

1.5. Средства измерений, их метрологические характеристики и классы точности

Для измерения необходимо сравнить неизвестный размер с известным и выразить первый через второй. Если физическая величина известного размера есть в наличии, то она непосредственно используется для срав-

нения. Так длину измеряют линейкой, массу с помощью гирь и весов, электрическое сопротивление с помощью магазина сопротивлений. Если же физической величины известного размера в наличии нет, то сравнивается реакция (отклик) прибора на воздействие измеряемой величины с реакцией на воздействие той же величины, но известного размера, проявившейся ранее. Например, силу электрического тока измеряют амперметром, электрическое напряжение – вольтметром, скорость – спидометром, давление – манометром и т.д.

Эти приборы обеспечивают сравнение откликов на воздействие двух разных размеров физической величины (неизвестного и известного). При этом предполагается, что соотношение между откликами такое же, как и между сравниваемыми размерами. Отклик на известное воздействие для облегчения сравнения фиксируют еще на стадии изготовления прибора на шкале отсчетного устройства, которую потом разбивают на деления в кратном и дольном отношении. Эта процедура называется градуировкой шкалы. При измерениях результат сравнения получается непосредственно по положению указателя на шкале отношений.

Средствами измерений (СИ) называются технические средства, предназначенные для измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины. К ним относятся: вещественные меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и измерительные системы.

Вещественные меры предназначены для воспроизведения физической величины заданного размера, который характеризуется номинальным значением. При условии, что указывается точность, с которой воспроизводится номинальное значение физической величины, гиря является мерой массы, конденсатор – емкости, кварцевый генератор – частоты электрических колебаний и т.д. Различают меры однозначные и многозначные, а также набор мер. Например, гиря и измерительный конденсатор постоянной емкости – это однозначные меры, масштабная линейка и конденсатор переменной емкости – многозначные меры, а набор гирь и набор концевых мер длины являются наборами мер. В специальном свидетельстве, прилагаемом мере, указывается действительное значение, определенное высокоточными измерениями с помощью соответствующего эталона. Сравнение с мерой выполняют с помощью компараторов, которыми служат равноплечие весы, измерительный мост и т.п.

Измерительные преобразователи предназначены для преобразования измерительной информации в форму, удобную для дальнейшего преобразования, передачи, хранения и обработки, но, как правило, недоступную для непосредственного восприятия наблюдателем. К ним относятся термодпары, измерительные усилители (масштабные преобразователи), преобразователи давления и другие виды измерительных устройств. По

месту, занимаемому в измерительной цепи, они делятся на первичные и промежуточные. Конструктивно преобразователи являются либо отдельными блоками, либо составной частью средства измерений. Если преобразователи не входят в цепь измерения и их метрологические свойства не нормированы, то они не относятся к измерительным, например, операционный усилитель, делитель напряжения в цепи электропитания, силовой трансформатор и т.п. Первичный измерительный преобразователь, конструктивно оформленный как обособленное средство измерений с нормированной функцией преобразования, называется датчиком. Промежуточные (вторичные) измерительные преобразователи располагаются в измерительной цепи после первичного и, как правило, однородны с ним по измеряемой (преобразуемой) физической величине. По характеру преобразования они разделяются на аналоговые, аналого-цифровые (АЦП), цифроаналоговые (ЦАП).

Измерительный прибор предназначен для преобразования измерительной информации в форму, доступную для восприятия наблюдателем. Общим для приборов является наличие отсчетных устройств, которые могут быть выполнены в виде шкалы и указателя (стрелки) или цифрового табло. Шкальные приборы называют аналоговыми, так как их показания непрерывны. В ряде случаев их конструируют регистрирующими. Если регистрация осуществляется непрерывной записью измеряемой величины во времени или рядом точек, то такие приборы называют самопишущими. Если результаты печатаются в цифровой форме, то приборы называют печатающими. В настоящее время большое распространение получили цифровые приборы, вырабатывающие дискретные сигналы измерительной информации. Показания таких приборов легко фиксируются и удобны для введения в ЭВМ. Точность их может быть выше, чем аналоговых. Однако аналоговые приборы проще цифровых, поэтому более дешевы и надежны.

Измерительные установки состоят из функционально и конструктивно объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, предназначенных для рациональной организации измерений.

В измерительных системах эти средства и устройства территориально разобщены и соединены каналами связи. В измерительных установках и в измерительных системах информация может быть представлена в форме, удобной как для непосредственного восприятия, так и для автоматической обработки, передачи и использования в автоматизированных системах управления. Системы распознавания образов, автоматического контроля и технической диагностики называют также информационно-измерительными системами (ИИС).

В зависимости от структурной схемы и конструктивного использования СИ проявляются их свойства, определяющие качество получаемой измерительной информации: точность, сходимость и воспроизводимость результатов измерений. Характеристики свойств СИ, оказывающие влия-

ние на результаты измерений и их точность, называются *метрологическими характеристиками средств измерений*. Одним из важнейших условий для реализации единства измерений является обеспечение *единообразия СИ*. Под ним понимается состояние СИ, когда они проградуированы в законных единицах, и их метрологические характеристики соответствуют установленным нормам. В последние годы нормирование производится согласно положениям ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений». В этом стандарте они разбиты на группы.

1. *Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений*. К ним относятся:

- функция преобразования измерительного преобразователя, а также измерительного прибора с именованной шкалой или со шкалой, градуированной в единицах, отличных от единиц входной величины;
- значение однозначной или значения многозначной меры;
- цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- вид выходного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда кода средств измерений, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде.

2. *Характеристики погрешностей средств измерений*.

2.1. Характеристики систематической составляющей погрешности средств измерений:

- значение систематической составляющей Δ_s ;
- значение Δ_s наряду с математическим ожиданием $M[\Delta_s]$ и средним квадратическим отклонением $\sigma[\Delta_s]$. При этом систематическая погрешность рассматривается как случайная величина на множестве СИ данного типа.

2.2. Характеристики случайной составляющей $\overset{\circ}{\Delta}$ погрешности СИ:

- среднее квадратическое отклонение $\sigma[\overset{\circ}{\Delta}]$;
- нормализованная автокорреляционная функция $r(\tau)$ или функция спектральной плотности $S(\omega)$;
- случайная составляющая $\overset{\circ}{\Delta}_H$ погрешности от гистерезиса (вариация H выходного сигнала СИ). Вариацией выходного сигнала называется погрешность СИ, представляющая разность показаний, получаемых при измерениях одного значения, сначала – приближением к нему со стороны меньших значений, затем – со стороны больших значений шкалы.

2.3. Характеристика погрешности СИ Δ в случае, когда систематическая и случайная составляющие не разделяются.

3. *Характеристики чувствительности средств измерений к влияющим величинам*. К ним относятся функции влияния $\psi(\xi)$ и изменения зна-

чений метрологических характеристик средств измерений, вызванные изменениями влияющих величин в пределах рабочего диапазона.

4. Динамические характеристики средств измерений.

4.1. Полные динамические характеристики аналоговых СИ, которые можно рассматривать как линейные:

- переходная характеристика $h(t)$;
- импульсная переходная характеристика $g(t)$;
- амплитудно-частотная $A(\omega)$ и амплитудно-фазовая $G(j\omega)$ характеристики;
- передаточная функция $W(p)$.

4.2. Частные динамические характеристики аналоговых СИ:

- время реакции t_r ;
- постоянная времени T ;
- коэффициент демпфирования.

4.3. Частные динамические характеристики аналого-цифровых преобразователей (АЦП), цифроаналоговых преобразователей (ЦАП), цифровых измерительных приборов:

- время реакции t_r ;
- погрешность датирования отсчета t_d ;
- максимальная частота (скорость) измерений.

Время реакции представляется временем установления выходного сигнала (время установления показаний). Погрешность датирования отсчета возникает из-за неизвестности момента времени (внутри шага дискретизации входного сигнала), при котором значение изменяющейся величины оказывается равным значению выходного цифрового сигнала в соответствующем цикле преобразования.

4.4. Динамические характеристики аналого-цифровых СИ, в том числе измерительных каналов измерительных систем, включающих АЦП, время реакции которых больше интервала времени между двумя измерениями:

- полные динамические характеристики аналоговой части этих СИ;
- погрешность датирования отсчета t_d ;
- максимальная частота (скорость измерений).

Если t_r превышает интервал между двумя измерениями более, чем в 3 раза, то погрешность датирования не нормируется. Если t_r превышает интервал времени измерений менее, чем в 3 раза, то не нормируется полная динамическая характеристика аналоговой части аналого-цифровых СИ.

5. Характеристики СИ, позволяющие учесть их взаимодействие с подключенным к входу или выходу объектом измерений, цифропечатающим устройством и др. Примерами являются входное и выходное полное сопротивление (входной и выходной импульсы) линейного измерительного преобразователя.

6. Значения неинформативных параметров выходного сигнала,

обеспечивающие нормальную работу устройств, подключенных к СИ. К неинформативным относятся параметры, не связанные функционально с измеряемой величиной. Например, выходным сигналом преобразователя напряжения в среднюю частоту следования импульсов является последовательность импульсов. Для определения значения измеряемого напряжения к выходу преобразователя подключается частотомер. Он будет нормально работать только в случае, если амплитуда и форма импульсов преобразователя, хотя он и не несет информации о значении измеряемого напряжения, будут удовлетворять определенным требованиям.

Правила выбора комплексов нормируемых метрологических характеристик для конкретных типов СИ, способы нормирования и формы их представления в нормативно-технических документах, математические описания оценок (статистических) характеристик погрешностей средств измерений установлены в ГОСТ 8.009-84. Методы расчета характеристик погрешности СИ в реальных условиях эксплуатации рекомендованы в РД 50-453-84.

Учет всех нормируемых метрологических характеристик СИ – сложная и трудоемкая процедура, оправданная только при измерениях очень высокой точности. В обиходе и на производстве, как правило, такая точность не нужна. Поэтому для СИ, используемых повседневно, принято деление на классы точности.

Классом точности называется обобщенная характеристика всех средств измерений данного типа, определяемая пределами допускаемой основной и дополнительной погрешности. В стандартах на СИ конкретного типа устанавливаются требования к метрологическим характеристикам, в совокупности определяющие класс точности СИ. Например, у плоскопараллельных концевых мер длины такими характеристиками являются пределы допускаемых отклонений от номинальной длины и плоскопараллельности, а также допускаемого изменения длины в течение года, у вольтметров – пределы допускаемой основной погрешности и пределы допускаемых изменений показаний, вызываемых внешним магнитным полем и отклонениями от нормальных значений температуры, частоты переменного тока и других влияющих величин.

Независимо от классов точности нормируют метрологические характеристики, требования к которым целесообразно устанавливать едиными для СИ всех классов точности (например, входные или выходные сопротивления).

Классы точности присваиваются типам СИ с учетом результатов государственных приемочных испытаний. Общие положения деления СИ на классы точности, способы нормирования метрологических характеристик и обеспечения классов точности установлены в ГОСТ 8.401. Стандарт не устанавливает классы точности СИ, для которых предусмотрены нормы отдельно систематической и случайной составляющей погрешности, и в

тех случаях, когда динамические погрешности являются преобладающими. Средствам измерений с несколькими диапазонами измерений одной и той же физической величины или предназначенным для измерений разных физических величин могут быть присвоены различные классы точности для каждого диапазона или для каждой измеряемой величины. Так, амперметр с диапазонами измерений 0-10, 0-20, 0-50 А может иметь разные классы точности для разных диапазонов, а вольтметру могут быть присвоены два класса точности: один – как вольтметру, другой – как омметру.

Обозначения классов точности наносятся на циферблаты, щитки и корпуса СИ, приводятся в нормативной документации. Обозначения могут иметь форму прописных букв латинского алфавита или римских цифр (I, II, III и т.д.) с добавлением условных знаков. Смысл таких обозначений раскрывается в нормативно-технической документации. Если же класс точности обозначается арабскими цифрами с добавлением какого-либо условного знака, то эти цифры непосредственно устанавливают оценку снизу точности показаний СИ.

Пределы допускаемых погрешностей согласно ГОСТ 8.401-80 выражаются в форме абсолютных, относительных или приведенных погрешностей в зависимости от характера их изменения в пределах диапазона и условий применения. *Абсолютная погрешность средства измерений* – разность его показаний и истинного значения измеряемой величины. Истинное значение всегда неизвестно, поэтому на практике пользуются его оценкой. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности Δ устанавливают границами в виде:

$$\Delta = \pm a \text{ или } \Delta = \pm(a + bx),$$

где x – значение измеряемой величины на входе (выходе) СИ или число делений, отсчитанных по шкале;

a и b – положительные числа, не зависящие от x .

Пределы допускаемой погрешности устанавливают в абсолютной форме, если погрешность результатов измерений в данной области принято выражать в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы (например, погрешности результатов измерений длины или массы).

Для сравнения по точности СИ с различными диапазонами измерений используют формы *приведенных или относительных погрешностей*. Если границы абсолютных погрешностей СИ конкретного вида можно полагать неизменными, то пределы допускаемых погрешностей выражают в форме приведенных в процентах

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 = \pm p\%, \quad (1.12)$$

где X_N – нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и Δ ;
 p – отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда [1; 1,5; (1,6); 2; 2,5; (3); 4; 5; 6]·10ⁿ, где $n = +1, 0, -1, -2$ и т.д.

Значения, указанные в скобках, не устанавливаются для вновь разрабатываемых СИ.

Нормирующее значение X_N для СИ с равномерной или степенной шкалой, а также для измерительных преобразователей, если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений, следует устанавливать равным большему из пределов измерений или большему из модулей пределов измерений, если нулевое значение находится внутри диапазона измерений.

Пример 1. Указатель вольтметра с пределами измерений 0-200 В, класса точности 0,5 показывает 136 В. Чему равно измеряемое напряжение?

Решение. Предел допускаемой абсолютной основной погрешности измерения из выражения (1.12): $\Delta = \pm X_N \cdot p / 100 = 200 \cdot 0,5 / 100 = \pm 1 \text{ В}$. Отклонение результата измерения будет не более 1 В. Следовательно, измеряемое напряжение будет в пределах $135 \text{ В} \leq U \leq 137 \text{ В}$.

Пример 2. Указатель амперметра класса точности 1,5 со шкалой, приведенной на рис. 1.10, показывает 5 А. Чему равна измеряемая сила тока?

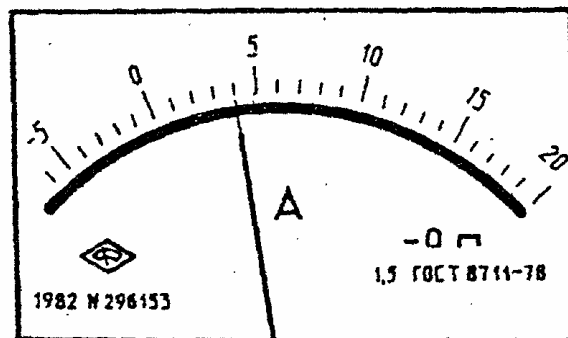


Рис. 1.10. Лицевая панель амперметра с равномерной шкалой

Решение. Предел допускаемой погрешности измерения $\Delta = \pm X_N \cdot p / 100 = \pm 20 \cdot 1,5 / 100 = \pm 0,3 \text{ А}$. Измеряемая сила тока будет в пределах $4,7 \text{ А} \leq I \leq 5,3 \text{ А}$.

Для СИ, имеющих шкалу с условным нулем, X_N устанавливают равным модулю разности пределов измерений, например, для милливольтметра термоэлектрического термометра с пределами измерений 200 и 600°C нормирующее значение будет $X_N = 600^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C} = 400^\circ\text{C}$.

Для СИ с установленным номинальным значением X_N принимают равным этому номинальному значению.

Пример 3. Цифровой частотомер класса точности 2,0 с номинальной частотой 50 Гц показывает 48 Гц. Чему равна измеряемая частота?

Решение. $X_N = 50 \text{ Гц}$. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения $\Delta = \pm X_N \cdot p / 100 = \pm 1 \text{ Гц}$. Следовательно, измеряемая частота

будет в пределах $47 \text{ Гц} \leq f \leq 49 \text{ Гц}$.

Обозначение классов точности цифрами из ряда предпочтительных чисел может сопровождаться применением дополнительных знаков.

Заклучение цифры в окружность (0,4; 1,0; 3,0 и т.д.) означает, что проценты исчисляются непосредственно от того значения, которое показывает указатель.

Пример 4. Указатель мегаомметра класса точности 2,5 с неравномерной шкалой (рис. 1.11) показывает 40 МОм. Чему равно измеряемое сопротивление?

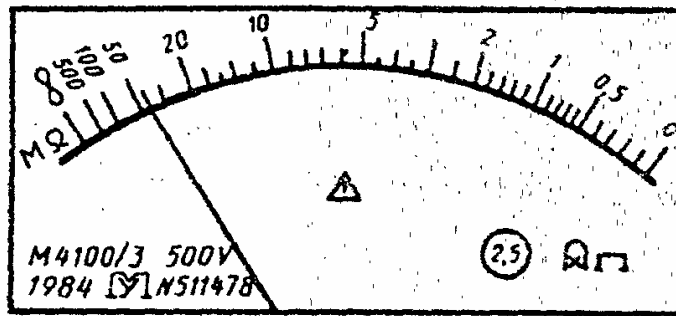


Рис. 1.11. Лицевая панель мегаомметра с неравномерной шкалой

Решение. $X_N = 40 \text{ МОм}$. Измеряемая величина в этом случае не может отличаться от значения, которое показывает указатель, более чем на 2,5 %, тогда $\Delta = \pm 40 \cdot 2,5 / 100 = \pm 1 \text{ МОм}$. Следовательно, измеряемое сопротивление будет в пределах $39 \text{ МОм} \leq R \leq 41 \text{ МОм}$.

Если границы абсолютных погрешностей СИ нельзя полагать постоянными, то пределы допускаемых погрешностей выражают в форме относительных. Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливают по формуле

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100 = \pm q\% \quad \text{или} \quad \delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{X} \right| - 1 \right) \right] \%, \quad (1.13)$$

где δ – пределы допускаемой основной погрешности, %;

q – отвлеченное положительное число, выбранное из ряда для p ;

X_k – больший (по модулю) из пределов измерений;

c и d – положительные числа, выбираемые из ряда: $c = b + d$, $d = a / |X_N|$.

Пример 5. Указатель ампервольтметра класса точности 0,04/0,02 со шкалой от -50 до $+50$ показывает -20 А . Чему равна измеряемая сила тока?

Решение. Измеряемая сила тока может отличаться от показываемой не более чем на $\delta\%$ (1.13):

$$\delta = \pm[0,04+0,02(|50/-20| - 1)] = \pm 0,07 \%$$

Абсолютное значение погрешности

$$\Delta = \pm \delta \cdot x/100 = \pm 0,07 \cdot 20/100 = \pm 0,014 \text{ А.}$$

Следовательно, измеряемая сила тока будет в пределах $19,986 \text{ А} \leq I \leq 20,014 \text{ А}$.

Значение класса точности позволяет определить не точность конкретного измерения, а лишь указать пределы, в которых находится значение измеряемой величины. Примеры обозначений классов точности в документации и на средствах измерений приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Примеры обозначения классов точности

Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности	Обозначение класса точности	
		в документации	на средствах измерений
Приведенная: если нормирующее значение выражено в единицах величины на выходе СИ; если нормирующее значение принято равным длине шкалы или ее части	$\gamma = \pm 1,5\%$	Класс точности 1,5	1,5
	$\gamma = \pm 0,5 \%$	Класс точности 0,5	0,5
Относительная	$\delta = \frac{\Delta}{x} = 0,5\%$	Класс точности 0,5	0,5
	$\delta = \pm [0,02 + 0,01(X_k/x - 1)]\%$	Класс точности 0,02/0,01	0,02 / 0,01
Абсолютная, постоянная или с линейной зависимостью	$\Delta = \pm a$ или $\Delta = \pm (a + bx)$	Класс точности М	М
Относительная в виде графика, таблицы или формулы		Класс точности С	С

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называют средствами измерений?
2. Как классифицируют средства измерений?
3. Для чего предназначены преобразователи?
4. Назначение приборов. Какие приборы называют аналоговыми и какие цифровыми?
5. В чем различие между измерительными установками и измерительными системами?
6. Что понимают под метрологическими характеристиками средств измерений?
7. Какие группы метрологических характеристик рекомендуются ГОСТ 8.009-84 для средств измерений?
8. Какие метрологические характеристики предназначены для определения результатов измерений?
9. Какие метрологические характеристики предназначены для определения погрешностей?
10. Что такое класс точности СИ и как его обозначают на средствах измерений?
11. Как определить предел допускаемой абсолютной основной погрешности Δ , если класс точности обозначен арабскими цифрами в приведенной форме?
12. Как определить предел допускаемой абсолютной погрешности средства измерений, если класс точности обозначен дробью из цифр?

1.6. Обработка результатов измерений**1.6.1. Однократное измерение**

Подавляющее большинство измерений является однократным. Во многих областях производственной деятельности и в торговле выполняют только однократные измерения. Простота, высокая производительность и низкая стоимость – вот их основные достоинства. Многие люди до конца своей жизни остаются знакомыми только с однократными измерениями.

Необходимым условием проведения однократного измерения является наличие априорной информации. К ней относится информация о виде закона распределения вероятности показания и мере его рассеяния, которая устанавливается из опыта предшествующих измерений. Если ее нет, то используется информация о том, на сколько значение измеряемой величины может отличаться от результата измерения. Такая информация может быть представлена классом точности средства измерений и значением поправки.

Выполнение однократного измерения начинается с анализа априорной информации. В процессе анализа уясняется физическая сущность изу-

чаемого явления (объекта), уточняется его модель, определяются влияющие факторы и принимаются меры, направленные на уменьшение их влияния (экранирование, термостатирование и др.), определяются значения поправок, выбирается методика выполнения измерения и средство измерений, изучаются его метрологические характеристики и опыт выполнения подобных измерений в прошлом. Важным итогом этой предварительной работы должна стать твердая уверенность в том, что точности однократного измерения достаточно для решения поставленной задачи. Если это условие выполняется, то после установки и подготовки к работе средства измерения, исключения или компенсации влияющих факторов получают одно значение отсчета.

Единственное значение отсчета дает одно единственное значение показания средства измерений x , имеющее ту же размерность, что и измеряемая величина. В это значение вносится поправка θ . Конечной целью измерения является получение достоверной количественной информации о значении измеряемой величины Q . Достоверность информации характеризуется максимально возможным отклонением ε результата измерения x от истинного значения измеряемой величины. Это возможное отклонение в зависимости от имеющейся априорной информации можно определить по нескольким вариантам [21].

Вариант 1. Отсчет подчиняется нормальному закону распределения вероятности со средним квадратическим отклонением σ_x . В этом случае результат измерения подчиняется нормальному закону. Задавшись доверительной вероятностью P по таблице приложения П.1 или по верхней кривой (рис. 1.12), определим значение t_p и половину доверительного интервала. Тогда значение измеряемой величины Q с выбранной доверительной вероятностью P будет находиться в интервале (1.11):

$$x - t_p \sigma_x \leq Q \leq x + t_p \sigma_x, \quad \text{где} \quad t_p \sigma_x = \varepsilon.$$

Вариант 2. Отсчет подчиняется равномерному закону распределения вероятности с размахом $2\varepsilon = x_{\max} - x_{\min}$. Результат измерения подчиняется равномерному распределению вероятности с тем же размахом. Значение измеряемой величины находится в пределах

$$x - \varepsilon \leq Q \leq x + \varepsilon.$$

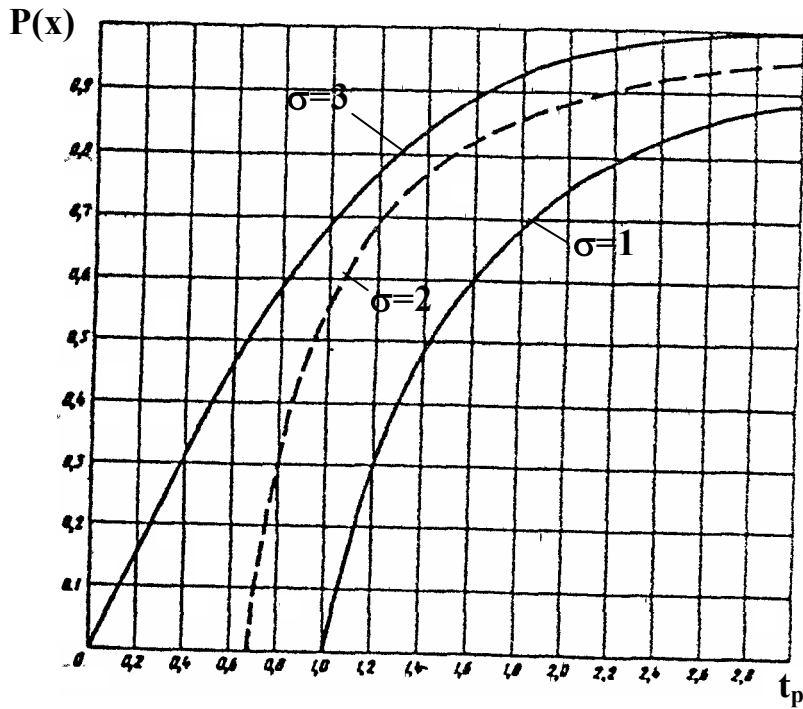


Рис. 1.12. Вероятность попадания отдельного значения результата измерения в окрестность среднего значения

Вариант 3. Отсчет подчиняется неизвестному закону распределения вероятности со средним квадратическим отклонением σ_x .

В этом случае приближенную интервальную оценку можно получить с помощью неравенства П. Л. Чебышева:

$$P\left\{\bar{x} - t_p \sigma_x \leq x \leq \bar{x} + t_p \sigma_x\right\} \geq 1 - 1/t_p^2.$$

Оно показывает то, что вероятность результата однократного измерения при любом законе распределения вероятности не отличается от среднего значения больше, чем на половину доверительного интервала. Устанавливается нижняя граница вероятности того, что значение результата измерения не окажется за пределами доверительного интервала. Эта граница соответствует нижней кривой на рис. 1.12. При симметричных законах распределения вероятности результата измерения неравенство П. Л. Чебышева имеет вид:

$$P\left\{\bar{x} - t_p \sigma_x \leq x \leq \bar{x} + t_p \sigma_x\right\} \geq 1 - (4/9)(1/t^2).$$

Задавшись доверительной вероятностью P , по нижней кривой на рис. 1.12 можно определить t_p . Обозначив половину доверительного интервала $\varepsilon = t_p \sigma_x$, найдем, что значение измеряемой величины с наименьшей вероятностью, чем P , будет в пределах

$$x - \varepsilon \leq Q \leq x + \varepsilon.$$

Вариант 4. Класс точности СИ таков, что значение измеряемой величины не может отличаться от результата однократного измерения больше, чем на $\varepsilon = \Delta_p$. Этот вариант не отличается от второго. Значение измеряемой величины $x - \varepsilon \leq Q \leq x + \varepsilon$.

От ошибок при измерениях никто не застрахован, поэтому единственное значение отсчета при однократном измерении может оказаться ошибочным. Для избежания такой ошибки однократное измерение рекомендуется повторить 2-3 раза без совместной обработки полученных результатов.

1.6.2. Многократное измерение

Многократное измерение одной и той же величины постоянного размера производится при повышенных требованиях к точности измерений. Такие измерения выполняются в основном сотрудниками метрологических служб, а также при тонких научных экспериментах. Это сложные, трудоемкие и дорогостоящие измерения, целесообразность которых должна быть всегда обоснована. Если проведено n измерений, то результат многократного измерения, как и результат однократного, является случайным значением измеряемой величины, но его дисперсия в n раз меньше дисперсии результата одного измерения. Благодаря этому точность определения значения измеряемой величины повышается в \sqrt{n} раз до определенного значения n . Если результат измерения X подчиняется нормальному закону распределения вероятности, то среднее арифметическое значение результата \bar{x} тоже подчиняется нормальному закону. Массив экспериментальных данных позволяет получить апостериорную информацию о законе распределения вероятности результата измерения. В частности, может быть поставлена задача его определения. Но чаще ограничиваются проверкой нормальности закона распределения вероятности результата измерения и при отрицательных результатах проверки жертвуют точностью.

Однако анализ априорной информации перед многократным измерением обязателен и преследует те же цели, что и перед однократным, с той лишь разницей, что при многократном измерении информация о законе распределения вероятности результата измерения получается опытным путем. После анализа априорной информации и тщательной подготовки к измерению получают n независимых значений отсчета. Если изменением измеряемой величины во времени пренебречь, то все значения отсчета проще всего получить с помощью одного средства измерений. Тогда значения отсчета будут иметь одинаковую дисперсию и измерения будут называться *равноточными*. Если же измерения выполняются различными СИ и в разных условиях, то в эмпирической плотности распределения вероятности отсчета случайные числа x_i могут иметь разную дисперсию. Такие

значения отсчета называются *неравноточными*.

Все значения отсчета переводятся в показания, в которые вносятся поправки. Поправки могут отличаться во времени в зависимости от изменения влияющих факторов. Затем нужно исключить грубые ошибки. Чтобы воспользоваться правилом «трех сигм», нужно знать числовые характеристики закона распределения вероятности результата измерения – среднее значение \bar{x} и среднее квадратическое отклонение σ_x . Однако вычислить их невозможно, т.к. n конечно и интегрирование в бесконечных пределах нереализуемо. Можно лишь как-то оценить эти числовые характеристики на основе ограниченного экспериментального материала, указать их приближенные значения или пределы, в которых они находятся с определенной вероятностью.

Оценки числовых характеристик законов распределения вероятности случайных чисел или величин, изображаемые точкой на числовой оси, называются *точечными*. В отличие от самих числовых характеристик, *оценки являются случайными*, причем их значения зависят от объема экспериментальных данных, а законы распределения вероятности – от законов распределения вероятности самих значений измеряемых величин.

Оценки должны удовлетворять трем требованиям: быть состоятельными, несмещенными и эффективными. *Состоятельной* называется оценка, которая сходится по вероятности к оцениваемой числовой характеристике.

Несмещенной является оценка, математическое ожидание которой равно оцениваемой числовой характеристике.

Эффективной считают ту из нескольких возможных несмещенных оценок, которая имеет наименьшее рассеяние.

Среднее арифметическое значение результата измерения при любом законе распределения вероятности является не только состоятельной, но и несмещенной оценкой среднего значения [21]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Этим обеспечивается *правильность* результата многократного измерения. Точность результата многократного измерения зависит от эффективности оценки среднего значения. Чем она эффективнее (чем меньше ее рассеяние), тем выше точность. Критерии эффективности могут быть разными. При нормальном законе распределения вероятности наиболее популярным является такой показатель, как сумма квадратов отклонений от среднего значения:

$$\sum_{i=1}^n \left(x_i - \hat{x} \right)^2 = \min,$$

где m – количество выборок;

\bar{x} – среднее арифметическое значение m выборок;

x_i – среднее арифметическое значение i -й выборки.

В работе [22] показано, что среднее арифметическое является также наиболее *эффективной точечной оценкой* среднего значения результата измерения по критерию наименьших квадратов.

Смещенной оценкой дисперсии является $S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$.

Несмещенную оценку можно получить, умножив S_x^2 на коэффициент $n/(n-1)$. При $n \rightarrow \infty$ этот коэффициент стремится к 1, поэтому *несмещенная точечная оценка дисперсии* $S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ при любом законе

распределения вероятности результата измерения остается состоятельной. Точечная оценка среднего квадратического отклонения

$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ называется стандартным отклонением.

Определив точечные оценки \bar{x} и S_x , можно использовать их для выявления сомнительных значений по правилу «трех сигм», подставляя их вместо числовых характеристик. Если окажется, что значения x_i отличаются от оценки среднего арифметического \bar{x} больше, чем на $3S_x$, то их следует отбросить. После этого рассчитываются окончательные значения \bar{x} и S_x .

В задачах, где нужно оценить достоверность результатов измерений, знание точечных оценок оказывается недостаточным. С целью увеличения достоверности замены, например, истинного значения измеряемой величины Q средним арифметическим \bar{x} пользуются доверительными интервалами и доверительными вероятностями. *Доверительный интервал* – это возможные отклонения $\pm \varepsilon$ истинного значения измеряемой величины от среднего с вероятностью P , которую называют *доверительной вероятностью*. При известной дисперсии нормального распределения

$$\varepsilon = t_p \sigma_{m_x} = t_p \sigma_x / \sqrt{n},$$

где $t_p = F^{-1}[(1+P)/2]$ – число средних квадратических отклонений, которое нужно отложить в обе стороны от центра рассеивания (иногда t_p называют квантилью закона распределения);

F^{-1} – обратная функция Лапласа.

На практике обычно пользуются статистически найденными значе-

ниями оценки средних квадратических отклонений S_x , поэтому $\varepsilon = t_p S_x / \sqrt{n}$.

Формула доверительного интервала для истинного значения измеряемой величины будет

$$\bar{x} - t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}} < Q < \bar{x} + t_p \frac{S_x}{\sqrt{n}}.$$

Для дальнейшей обработки экспериментальных данных нужно установить, подчиняется ли результат измерения нормальному закону распределения вероятности. Правдоподобие гипотезы о нормальном распределении вероятности результата можно определить по виду гистограммы, построенной по экспериментальным данным (рис. 1.13). Наглядность отображения гистограммой закона распределения вероятности результата измерения зависит от соблюдения следующих правил при ее построении:

1) интервалы, на которые разбивается ось абсцисс, следует выбирать одинаковые;

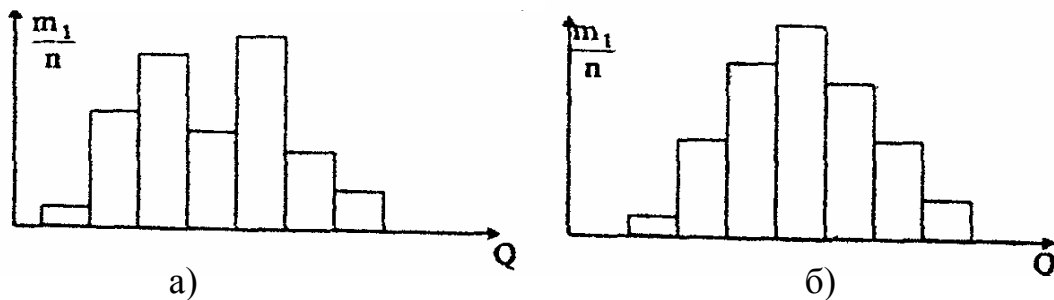


Рис. 1.13. Гистограммы, построенные по экспериментальным данным

2) число интервалов k можно определять по выражению $k = 3,321 \cdot \lg n + 1$;

3) масштаб выбрать таким, чтобы высота гистограммы относилась к основанию примерно как 5 к 8.

Иногда по виду гистограммы можно с большой уверенностью заключить, что результат измерения подчиняется (или не подчиняется) нормальному закону распределения вероятности. Если гистограмма имеет вид, показанный на рис. 1.13, а, то результат измерения определенно не подчиняется нормальному закону. Если же гистограмма имеет вид, показанный на рис. 1.13, б, то достаточность соответствия экспериментальных данных тому или иному закону распределения вероятности нужно проверить по одному из критериев согласия.

Наиболее распространенным является критерий К. Пирсона χ^2 . За меру расхождения экспериментальных данных с теоретическим законом распределения вероятности принимается сумма квадратов отклонения частот m_i/n от теоретической вероятности P_i попадания отдельного значе-

ния результата измерения в i -й интервал, причем каждое слагаемое берется с коэффициентом n/P_i :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{n}{P_i} \left(\frac{m_i}{n} - P_i \right)^2.$$

Если расхождение случайно, то χ^2 подчиняется распределению К. Пирсона. Интегральная функция χ^2 -распределения определяет вероятность того, что случайное число примет значение меньше аргумента этой функции. Задавшись определенным значением интегральной функции $F(\chi_q^2) = P$, можно проверить случайность числа χ^2 . Если $\chi^2 < \chi_q^2$, то с выбранной вероятностью P значение χ^2 можно признать случайным числом, т.е. расхождение между эмпирической и теоретической плотностью распределения вероятности результата измерения признать случайным. Если же $\chi^2 \geq \chi_q^2$, то с той же вероятностью придется признать, что χ^2 не подчиняется распределению К. Пирсона, т.е. гипотеза о соответствии эмпирического закона распределения вероятности теоретическому не подтверждается.

На практике критерий согласия К. Пирсона применяют для проверки гипотез о том, что результат измерения подчиняется определенному закону распределения вероятности. При $\chi^2 < \chi_q^2$ соответствующая гипотеза принимается, а при $\chi^2 \geq \chi_q^2$ — отвергается. При использовании этого критерия, как и в случае применения других критериев, возможны два рода ошибок. *Ошибка первого рода* состоит в отклонении верной гипотезы, а *ошибка второго рода* — в принятии неправильной. Вероятности этих ошибок зависят от значения χ_q^2 , которое определяется принятой вероятностью $P = F(\chi_q^2)$. С повышением этой вероятности значение χ_q^2 увеличивается, вероятность ошибки первого рода уменьшается, а ошибки второго рода возрастает, и наоборот. Поэтому нецелесообразно принимать решение с высокой степенью вероятности. Обычно выбирают $P = 0,9 \dots 0,95$.

Критерий К. Пирсона дает хорошие результаты при проверке нормальности закона распределения вероятности результата измерения только при $n > 40 \dots 50$. Если $10 \dots 15 < n < 40 \dots 50$, то применяется *составной критерий*, когда последовательно проверяется выполнение критерия 1 и критерия 2 (ГОСТ 8.207).

Критерий 1. Сначала рассчитывается

$$d = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}}$$

и проверяется выполнение условия $d_{\min} \leq d \leq d_{\max}$, где d_{\min} и d_{\max} находятся в зависимости от принимаемой вероятности P^* по табл. 1.4.

Если это условие соблюдается, то проверяется критерий 2, т.е. «хвосты» теоретического и эмпирического законов распределения вероятности. Результаты измерений распределены нормально, если не более m разностей $|x_i - \bar{x}|$ превысили значение $z_{p/2} \cdot S_x$, где $z_{p/2}$ – верхняя квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающая вероятности $P^{**}/2$ (определяется из таблиц для доверительной вероятности P^{**}).

Задаются уровнем значимости q_2 и для известного n по табл.П.3 находят P^{**} и m . Для найденного значения $P^{**}/2$ по таблице нулевого интеграла $F_0(z)$ определяется $z_{p/2}$. Несоблюдение хотя бы одного из критериев достаточно для того, чтобы гипотеза о нормальности закона распределения вероятности результата измерения была отвергнута. В противном случае гипотеза принимается с вероятностью $P \geq P^* + P^{**} - 1$. При $n < 10 \dots 15$ гипотеза о нормальности распределения вероятности не проверяется. Решение принимается на основе анализа априорной информации.

Таблица 1.4

Статистика d

N	$P^* = 0,90$		$P^* = 0,95$		$P^* = 0,99$	
	d_{\min}	D_{\max}	d_{\min}	d_{\max}	d_{\min}	d_{\max}
11	0,7409	0,8899	0,7153	0,9073	0,6675	0,9359
16	7452	8733	7236	8884	6829	9137
21	7495	8631	7304	8768	6950	9001
26	7530	8570	7360	8686	7040	8901
31	7559	8511	7404	8625	7110	8827
36	7583	8468	7440	8578	7167	8769
41	7604	8436	7470	8540	7216	8722
46	7621	8409	7496	8508	7256	8682
51	7636	8385	7518	8481	7291	8648

1.6.3. Обработка экспериментальных данных, подчиняющихся нормальному закону распределения вероятности

При большом массиве экспериментальных данных можно считать, что среднее арифметическое значение результата измерения также подчиняется нормальному закону распределения вероятности. За результат из-

мерения принимают среднее арифметическое:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n,$$

где x_i – исправленное значение i -го измерения.

Заменяя среднее квадратическое отклонение среднего арифметического его оценкой, получим $S_x^- = S_x / \sqrt{n}$. Затем выбирается доверительная вероятность P и по верхней кривой на рис. 1.12 или по табл. П.1 определяется соответствующее ей значение t . В соответствии с выражением (1.11)

$$P\{\bar{x} - tS_x^- \leq Q \leq \bar{x} + tS_x^-\} = 2F(t) - 1.$$

С выбранной доверительной вероятностью значение измеряемой величины Q не отличается от среднего арифметического значения больше, чем на половину доверительного интервала $t \cdot S_x^-$. Следовательно, результат измерений с принятой вероятностью P будет в пределах $\bar{x} - tS_x^- \leq Q \leq \bar{x} + tS_x^-$.

При небольшом объеме экспериментальных данных среднее арифметическое значение результата измерения, подчиняющегося нормальному закону распределения вероятности, само подчиняется *закону распределения вероятности Стьюдента* (псевдоним В.С. Госсета) со средним значением \hat{x} . При увеличении n распределение вероятности Стьюдента быстро приближается к нормальному и при $n > 40...50$ становится почти неотличимым от него. Доверительная вероятность того, что любое случайное значение среднего арифметического, подчиняющегося закону распределения Стьюдента, не отличается от среднего значения больше, чем на половину доверительного интервала, будет

$$P\{\hat{x} - t\sigma_{\bar{x}} \leq \bar{x} \leq \hat{x} + t\sigma_{\bar{x}}\} = 2S(t) - 1,$$

где $S(t)$ – интегральная функция распределения вероятности Стьюдента; определяется по таблице приложения П.2. Заменяв \bar{x} на Q и $\sigma_{\bar{x}}$ на S_x^- , можно с принятой доверительной вероятностью P записать

$$\bar{x} - t \cdot S_x^- \leq Q \leq \bar{x} + t \cdot S_x^-.$$

Обработка небольшого объема экспериментальных данных отличается только тем, что параметр t выбирается по другой таблице или другому графику. Доверительный интервал при фиксированной доверительной вероятности с уменьшением объема экспериментальных данных расширяется, следовательно, точность измерения снижается.

1.6.4. Обработка данных, не подчиняющихся нормальному закону распределения вероятности

Если гипотеза о соответствии распределения вероятности результата измерений нормальному закону отвергается, то существует несколько возможностей.

1. При ответственных измерениях может быть поставлена задача определения закона распределения вероятности результата измерений. Вывод о том, что экспериментально найденная плотность распределения вероятности подчиняется какому-то конкретному закону, может быть сделан лишь с той или иной вероятностью. Порядок обработки данных и выбора математической модели распределения установлен в нормативных документах. После установления закона распределения вероятности результата измерений определяются оценки его числовых характеристик, и далее выполняется процедура определения доверительных границ результата измерения.

2. Если закон распределения вероятности результата измерения незначительно отличается от нормального (чаще всего это отличие проявляется в повышенной вероятности больших отклонений от среднего значения), то применяются так называемые *робастные* (устойчивые к отклонениям от нормального закона распределения вероятности) методы обработки экспериментальных данных. Все они основаны на ослаблении влияния больших отклонений от среднего значения на его оценку. В простейшем случае большие отклонения просто отбрасываются, что приводит к усеченному нормальному закону распределения вероятности результата измерения. В этом случае оценкой среднего значения становится *медиана*:

$$\bar{x} = \text{med } x = \begin{cases} x_{(n+1)/2} & \text{при нечетном } n, \\ 0,5(x_{n/2} + x_{n/2+1}) & \text{при четном } n. \end{cases}$$

В некоторых случаях большие отклонения не отбрасываются, а заменяются на ближайшие из оставшихся значений либо включаются в обработку с малыми весовыми коэффициентами. Порядок дальнейшей обработки экспериментальных данных не меняется. Эффективность оценки методом наименьших квадратов (1.14) резко падает, так как возведение в квадрат больших отклонений делает их доминирующими среди слагаемых. Показателем эффективности может быть сумма отклонений от среднего значения или некоторая ее функция. Оценки по критерию

$$\sum_{j=1}^m \Psi(\bar{x}_j - \hat{x}) = \min$$

называются *M-оценками*. Разновидностью M-оценок являются l^p -оценки,

получаемые при $\Psi(\bar{x}_j - \hat{x}) = |\bar{x}_j - \hat{x}|^P$, $1 \leq P \leq 2$.

Вблизи законов распределения вероятности, отличных от нормального, они более эффективны, чем М-оценки. В частности, l^1 -оценка, или *оценка наименьших модулей*, получаемая из условия

$$\sum_{j=1}^m (\bar{x}_j - \hat{x}) = \min$$

и совпадающая с медианой, оптимальна при экспоненциальном законе распределения вероятности результата измерения.

3. С невысокой точностью значение измеряемой величины можно установить, не устанавливая закон распределения результата измерения. Среднее арифметическое в этом случае может оказаться неэффективной оценкой, но его все равно целесообразно использовать, т.к. дисперсия среднего арифметического в любом случае в n раз меньше дисперсии результата измерений. Оценка дисперсии может быть представлена в виде

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2.$$

Стандартное отклонение среднего арифметического при любом законе распределения вероятности $S_{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i^2 - \bar{x}^2)}$.

Задавшись доверительной вероятностью P , по нижней кривой на рис. 1.12 можно определить t . Тогда с заданной вероятностью результат измерения будет:

$$\bar{x} - t \cdot S_{\bar{x}} \leq Q \leq \bar{x} + t \cdot S_{\bar{x}}.$$

Вопросы для самоконтроля:

1. Что нужно сделать перед измерением?
2. Чем отличается определение доверительного интервала для результата однократного измерения, если отсчеты подчиняются разным законам распределения вероятности?
3. В каком случае значения отсчетов при многократных измерениях называют равноточными, а в каком неравноточными?
4. Каким образом можно исключить грубые ошибки в отсчетах?
5. Каким требованиям должны удовлетворять точечные оценки числовых характеристик законов распределения?
6. Какая точечная оценка среднего значения результата измерения является наиболее эффективной?
7. Что называют интервальными оценками результатов измерений?
8. Что такое гистограмма распределения и для чего она нужна?

9. Какие критерии следует применять при проверке нормальности закона распределения вероятности результата измерения при $n < 10$, $10 < n < 50$ и $n \geq 50$?

10. В чем отличие обработки малого и большого объема экспериментальных данных, распределение вероятности которых подчиняется нормальному закону?

11. В чем особенность обработки результата многократных измерений, не подчиняющихся нормальному закону распределения вероятности?

1.7. Характеристики погрешности измерений и формы представления результатов измерений

Непосредственной целью измерений является определение истинных значений постоянной или изменяющейся величины. В качестве измеряемой величины применяются параметры физической модели объекта измерения (для диаметра цилиндрической поверхности – диаметр круга, для определения электрической мощности – эффективное напряжение и т.д.).

Измерения не являются самоцелью. Они проводятся для достижения некоторого конечного результата, который не обязательно представляет собой оценку истинного значения измеряемой величины. Конечными результатами могут быть контроль параметров продукции при ее изготовлении и приемке, испытания образцов продукции с целью установления ее технического уровня или сертификации качества, учет материальных и энергетических ресурсов, диагностика технического состояния машин и др. В зависимости от назначения измерений конечный результат должен отражать требуемую информацию о свойствах явлений, процессов или материальных объектов в виде, удобном для анализа и принятия решений.

В методических указаниях МИ 1317-86 рекомендованы формы представления результатов измерений, характеристики погрешности измерений и формы их представления для всех возможных случаев применения. В том числе при однократных и многократных измерениях. В последнем случае за результат измерения принимается среднее арифметическое значение результатов наблюдений

Результат измерений x (однократных и многократных) является реализацией случайной величины, равной сумме истинного значения измеряемой величины и погрешности измерений (1.6). В качестве функции плотности распределения вероятности погрешности измерений или ее составляющих следует принимать закон, *близкий к нормальному усеченному*, если есть основания полагать, что реальная функция плотности распределения – функция симметричная, одномодальная, отличная от нуля на конечном интервале значений аргумента и другой информации о плотности распределения нет. К усеченному нормальному закону распределения вероятностей приводит отбрасывание больших отклонений при нормальном

распределении. Оценкой среднего значения в этом случае становится медиана.

В тех случаях, когда нет основания полагать, что вышеприведенные условия выполняются, следует принимать другую аппроксимацию функции плотности распределения вероятности погрешности измерений.

При отсутствии сведений о подходящей аппроксимации функции плотности распределения вероятности погрешности измерений интервальные характеристики погрешности измерений и погрешности испытаний, а также показатели достоверности контроля параметров образцов продукции рассчитать нельзя.

В МИ 1317-86 определены следующие группы характеристик погрешности измерений:

1) задаваемые в качестве требуемых или допускаемых – нормы характеристик погрешностей измерений, или *нормы погрешностей измерений*;

2) приписываемые совокупности измерений, выполняемых по определенной (стандартизованной или аттестованной) методике – *приписанные характеристики погрешности измерений*;

3) отражающие близость отдельного, экспериментально уже полученного результата измерения к истинному значению измеряемой величины – статистические оценки характеристик погрешностей измерений, или *статистические оценки погрешностей измерений*.

При массовых технических измерениях, выполняемых при технической подготовке производства, в процессах разработки, испытаний, производства, контроля и эксплуатации потребления продукции применяются в основном нормы погрешностей измерений, а также приписанные характеристики погрешности измерений. Они представляют собой вероятностные характеристики (характеристики генеральной совокупности) погрешности измерений.

При измерениях, выполняемых при проведении научных исследований и метрологических работ (определение физических констант, свойств и состава стандартных образцов, аттестации средств измерений и т.п.), часто применяют *статистические оценки погрешностей измерений*. Они представляют собой статистические (выборочные) характеристики погрешности измерений.

Вероятностные характеристики (и статистические оценки) погрешности измерений рекомендуются следующие: среднее квадратическое отклонение погрешности измерений $\sigma[\Delta]$; границы, в пределах которых погрешность измерений находится с заданной вероятностью $\Delta_l \leq \Delta \leq \Delta_h$, Р; или характеристики случайной и систематической составляющей погрешности измерений.

Характеристиками случайной составляющей погрешности измерений являются:

среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений $\sigma \left[\overset{\circ}{\Delta} \right]$ и (при необходимости) нормализованная автокорреляционная функция случайной составляющей погрешности измерений $r_{\Delta}(\xi)$ или характеристики этой функции.

В качестве характеристик систематической составляющей погрешности измерений используются:

- среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической составляющей погрешности измерений $\sigma[\Delta_S]$;
- границы, в которых неисключенная систематическая составляющая погрешности измерений находится с заданной вероятностью P_S :

$$\Delta_{Sl} \leq \Delta_S \leq \Delta_{Sh}, P_S.$$

В качестве статистических (выборочных) оценок погрешности измерений используются результаты экспериментального или расчетно-экспериментального оценивания характеристик, приведенных выше. При необходимости средние квадратические отклонения случайной и (или) неисключенной систематической составляющих погрешности измерений сопровождаются указанием принятой аппроксимации закона распределения.

Точечные характеристики погрешности – средние квадратические отклонения погрешности, применяются в случаях, когда результаты измерений (испытаний) используются совместно с другими результатами измерений, а также при расчетах погрешностей величин, функционально связанных с результатами измерений. Это может быть расчет критериев эффективности погрешности косвенных измерений и др. Например, погрешность измерений задается в виде требования ограничения потерь, вызываемых этой погрешностью. Если функция потерь, вызываемых погрешностью измерений, имеет квадратичный вид, то погрешность измерений целесообразно задавать допускаемым значением среднего квадратического отклонения. Если погрешность измерений текущих (мгновенных) значений изменяющейся измеряемой величины используется для расчета погрешности средних величин или технико-экономических показателей за различные интервалы времени, то в этом случае целесообразно оценивать среднее квадратическое отклонение случайной составляющей и среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической составляющей.

В случаях, когда результаты измерений являются окончательными, пригодными для решения определенной технической задачи и не предназначены для совместного использования с другими результатами измерений и для расчетов, применяются *интервальные характеристики погрешности* – границы, в пределах которых погрешность находится с известной (заданной) вероятностью. Например, определяются установки технологической защиты, срабатывающей при превышении результата однократного

измерения значения установки (предельного значения). Для представления о возможности неблагоприятных последствий ограниченной точности измерений (ложного срабатывания или несрабатывания в аварийной ситуации) погрешность измерений целесообразно задавать границами допускаемых значений с заданной вероятностью. Нижняя Δ_l и верхняя Δ_h границы интервала, в котором погрешность (или ее составляющая) находится с заданной вероятностью P , можно определить по формуле

$$|\Delta_l| = |\Delta_h| = k_1(P)\sigma, \quad (1.15)$$

где $k_1(P)$ – коэффициент, зависящий от вероятности P ;

σ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерений.

Если границы интервала рассчитываются по нормированному среднему квадратическому отклонению, то в формулу (1.15) подставляется значение предела допускаемого среднего квадратического отклонения (оценка сверху границ интервала). Коэффициент $k_1(P)$ можно определить по графику на рис. 1.14. По другому графику на этом же рисунке определяется модуль наибольшей возможной относительной погрешности $|\delta_1|$.

Предлагаемое определение границ интервала основано на аппроксимации неизвестных реальных законов распределения вероятностей погрешности таким законом, который дает средние (для симметричных одномодальных законов распределений) значения определяемых характеристик. В документах характеристики погрешностей измерений представляются с указанием совокупности условий, для которых принятые характеристики действительны. Приведем примеры представления характеристик погрешностей и условий измерения.

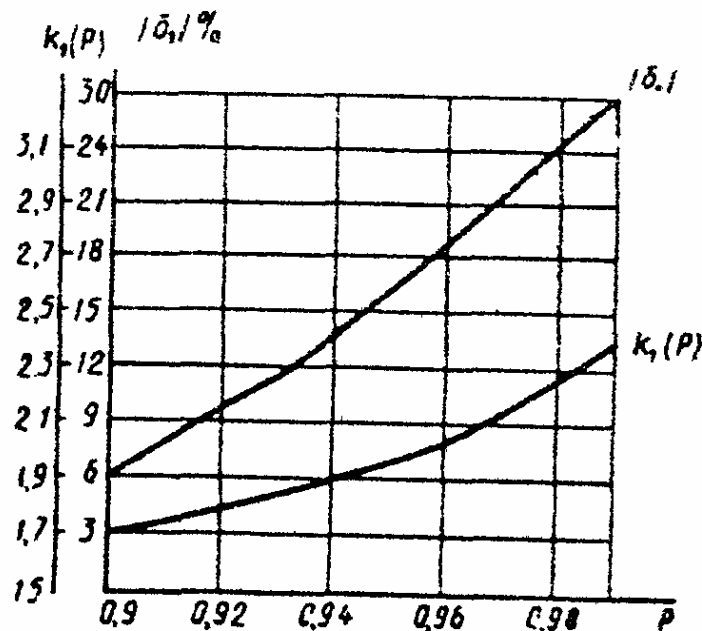


Рис. 1.14. График для определения $k_1(P)$

1. Запись в техническом требовании на разработку методики выполнения измерений расхода жидкости (норма): «Границы, в которых абсолютная погрешность измерений расхода жидкости должна находиться с заданной вероятностью $\Delta_p = \pm 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$; $P = 0,95$. Условия, при которых погрешность измерений должна находиться в заданных границах: диапазон значений измеряемого расхода от 10 до 50 $\text{м}^3/\text{с}$; температура жидкости от 15 до 30°C, кинематическая вязкость жидкости от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ».

2. Запись в аттестате методики выполнения измерений добротности катушки индуктивности (приписанная погрешность):

«Наибольшее возможное значение среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности измерений $\sigma_m \left[\overset{\circ}{\Delta} \right] = 0,08$; наи-

большее возможное значение среднего квадратического отклонения неисключенной систематической составляющей погрешности измерений $\sigma_m[\Delta_s] = 0,1$. Условия измерений: диапазон значений измеряемой добротности от 50 до 80; диапазон частот тока, протекающего через катушку, от 50 до 300 Гц; диапазон температур среды, окружающей катушку и применяемые средства измерений, от 15 до 25°C; коэффициент линейных искажений тока не более 1 %».

Характеристики погрешности измерений и условия должны указываться совместно с результатом измерений или с группой результатов измерений, к которым они относятся. Если результат измерений или группа результатов получены по аттестованной методике выполнения измерений, то их можно сопровождать ссылкой на документ (аттестат) вместо характеристик погрешности. Например, в протоколе результата измерения расхода жидкости, полученного по аттестованной методике выполнения измерений, можно записать: «Результат измерения 10,75 $\text{м}^3/\text{с}$; $|\Delta_l| = |\Delta_h| = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$; $P = 0,95$; температура жидкости 20°C; кинематическая вязкость $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ » или «Результат измерения 10,75 $\text{м}^3/\text{с}$, характеристики погрешности и условия измерений – по Аттестату методики выполнения измерений №17 от 05.08.95 г.»

Если результат измерений получен по такой методике, когда характеристики погрешности измерений оценивались в процессе самих измерений, то он (результат) должен сопровождаться статистическими оценками характеристик погрешности измерений или его можно представить доверительным интервалом, покрывающим с указанной доверительной вероятностью истинное значение измеряемой величины. Например, в протоколе результата измерений расхода жидкости, полученного по неаттестованной методике, когда статистические оценки характеристик погрешности измерений определялись в процессе измерений следует записать: «Результат измерения 10,75 $\text{м}^3/\text{с}$; $\sigma \left[\overset{\circ}{\Delta} \right] = 0,08 \text{ м}^3/\text{с}$; $\hat{\sigma}[\Delta_s] = 0,10 \text{ м}^3/\text{с}$. Условия изме-

рений – температура жидкости 20°C, кинематическая вязкость $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ » или «Значение измеряемого расхода находится в интервале от 10,6 до 10,9 м³/с с доверительной вероятностью 0,95. Условия измерений – температура жидкости 20°C, кинематическая вязкость $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ».

При практических записях можно характеристики и условия измерений записывать условными обозначениями, приложив отдельный список обозначений.

Результаты измерений изменяющейся во времени величины, при необходимости, сопровождаются указаниями моментов измерений. При этом началом шкалы времени может служить любой момент, принятый начальным для данного эксперимента. Например, запись в протоколе результатов измерений изменяющегося электрического напряжения $U(t)$, полученных по аттестованной методике, можно представить таблицей:

$U(t), \text{ В}$	7,55	3,15	-0,55	-0,50	-4,70	-1,57	2,06	4,53	1,70
$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Характеристики погрешностей и условия измерений приводятся в Аттестате методики выполнения измерений № 5 от 17.01.96.

Если результат измерений получен как среднее арифметическое значение многократных наблюдений, то нужно указать число наблюдений и интервал времени, в течение которого они проведены. Например, в протоколе результата измерений, полученного как среднее арифметическое результатов наблюдений температуры по аттестованной методике следует записать: «Результат измерения 263,7°C; число наблюдений 50, в течение 3 мин. Характеристики погрешности и условия измерений – по Аттестату методики выполнения измерений № 13 от 23.01.96».

Области использования измерений:

1) определение истинного значения отдельного параметра образца (пробы) материального объекта при заданных значениях параметров условий его работы или испытаний;

2) контроль параметра образца (пробы) на соответствие требованию, заданному в виде $x_l \leq x \leq x_h$ при $\xi_1 = \xi_{1N}, \dots, \xi_m = \xi_{mN}$,

где x – истинное значение контролируемого параметра образца;

x_l и x_h – соответственно верхняя и нижняя границы параметра x ;

ξ_1, \dots, ξ_m – параметры условий контроля;

m – количество существенно влияющих условий контроля;

$\xi_{1N}, \dots, \xi_{mN}$ – номинальные значения параметров условий контроля.

За результат испытаний образца принимается результат измерения параметра при фактически установленных значениях параметров условий испытаний с указанием характеристик погрешности испытаний (или статистических оценок характеристик) и номинальных значений параметров условий

испытаний. Разность между результатом измерения параметра, полученным при фактических условиях испытания образца продукции, и истинным значением параметра, которое он имеет при номинальных значениях условий испытаний, принимается за *погрешность испытания образца*.

Результатом контроля образца является суждение о том, что находится или не находится значение контролируемого параметра образца в заданных границах. Результат контроля сопровождается указанием показателей достоверности контроля, а также номинальных значений параметров условий контроля и характеристик погрешности задания этих параметров или ссылкой на документ, где они указаны. В МИ 1317-86 рассматриваются две группы показателей достоверности контроля образцов:

1) наибольшая вероятность ошибочного признания годным любого в действительности дефектного образца P_{baM} ; наибольшая средняя для совокупности образцов $(P_{gr})_{Mg}$ (или наибольшая для отдельного образца P_{grM}) вероятность ошибочного отнесения к дефектным в действительности годных образцов; наибольшее отклонение контролируемого параметра от номинального значения у образцов, ошибочно признанных годными $(\Delta_{xM})_{ba}$;

2) вероятность неправильного суждения о годности образца, признанного по результатам контроля годным P_b^a ; вероятность неправильного суждения о дефектности образца, признанного по результатам контроля дефектным P_g^r .

Показатели первой группы относятся к методикам измерительного контроля и к устройствам допускового контроля. Показатели второй группы относятся к полученным результатам контроля.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какой закон распределения погрешности измерений рекомендуется принимать для определения характеристик погрешности измерений?
2. Какие группы характеристик погрешности измерений следует применять при изготовлении, контроле и испытаниях продукции?
3. Какие характеристики погрешности измерений применяются при проведении измерений в научных исследованиях?
4. Какие вероятностные характеристики погрешности измерений рассматриваются в МИ 1317-86?
5. В каких случаях нужно использовать точечные характеристики погрешности, а в каких – интервальные?
6. Как можно представить результат измерения, полученного по аттестованной методике выполнения измерений?
7. Как может быть представлен результат измерения, если характеристики погрешности измерений оценивались в процессе самих измерений?
8. Что называют погрешностью испытаний образца?
9. Какие показатели достоверности контроля нужно использовать в методиках измерительного контроля?

1.8. Основы метрологического обеспечения

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

Единство измерений позволяет обеспечить воспроизводимость измерений, выполняемых в различных условиях (в разное время, в разных местах, различными методами и средствами). Оно обеспечивается единообразием СИ и правильной методикой выполнения измерений. Результаты измерений, вероятностные законы распределения которых известны, называют *достоверными*.

Научной основой МО является метрология. Состояние метрологии и метрологического обеспечения определяет уровень развития всех областей науки, в основе которых лежит физический эксперимент. Проблемы, которые решаются в метрологии, определены следующими направлениями: общая теория измерений, единицы физических величин и их системы, методы определения точности измерений, разработка методов и средств измерений, создание эталонов и методов передачи размеров единиц от эталонов к рабочим средствам измерений, основы обеспечения единства измерений. Решение многих проблем метрологии является настолько важным для государства, что в большинстве стран мира мероприятия по обеспечению единства и достоверности измерений установлены законодательно.

Правовой основой МО служит законодательная метрология – свод государственных актов и нормативно-технических документов различного уровня, регламентирующих метрологические правила, требования и нормы – Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственными актами являются закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93, постановление правительства РФ от 12.02.94 «Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг» и другие постановления. Основными видами нормативно-технических документов являются стандарты, методические указания и рекомендации, правила по метрологии, технические условия и технические требования.

Организационной основой метрологического обеспечения является *метрологическая служба – совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений.* Метрологическая служба состоит из государственной метрологической службы, ведомственных метрологических служб и метрологических служб юридических лиц. Государственную метрологическую службу возглавляет Государственный комитет по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России), который определяет и проводит единую политику по обеспечению единства измерений на всей территории страны во всех сферах

деятельности. В структуру государственной метрологической службы входят: государственные научные метрологические центры (ГНМЦ); органы Государственной метрологической службы на территориях республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга; Государственные центры испытаний средств измерений.

Среди ГНМЦ выделен *главный центр государственной метрологической службы – Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС)*, который разрабатывает научно-методические, технико-экономические, организационные и правовые основы обеспечения единства измерений, а также осуществляет научно-методическое руководство метрологической службой страны. Остальные ГНМЦ являются головными организациями по закрепленным за ними видам измерений и отвечают за уровень развития метрологического обеспечения, создание и совершенствование комплексов эталонов. Это главные центры государственных эталонов, государственная служба времени и частоты, государственная служба стандартных образцов, государственная служба стандартных справочных данных и центры государственных эталонов.

Органами государственной метрологической службы на местах являются *центры стандартизации и метрологии (ЦСМ)*, которые отвечают за единство и достоверность измерений в республике, крае, области.

Сеть метрологических органов отдельного министерства (ведомства) называют *ведомственной метрологической службой*. Это составные части единой метрологической службы страны. Организационно-методическое руководство всеми работами по метрологическому обеспечению в системе министерства осуществляет отдел центрального аппарата, возглавляемый главным метрологом министерства (ведомства). Основными звеньями ведомственных метрологических служб являются *метрологические службы предприятий* соответствующих министерств (ведомств).

Метрологические службы юридических лиц – это метрологические службы самостоятельных предприятий, объединений, организаций и учреждений. Они создаются для научно-технического и организационно-методического руководства работами по метрологическому обеспечению в отделах (цехах, лабораториях) предприятия, а также для непосредственного метрологического обеспечения разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции, выпускаемой предприятием. Эти подразделения, возглавляемые главными метрологами, могут иметь различную структуру в зависимости от функций и характера задач, решаемых ими на предприятии.

Техническими основами метрологического обеспечения является совокупность технических средств, приемов и способов, используемых на производстве для достижения требуемой точности, достоверности и

надежности измерительной информации. К ним относятся: система государственных эталонов единиц физических величин; система передачи размеров единиц от исходных эталонов всем средствам измерений; система разработки, производства, выпуска в обращение и внедрения на предприятиях рабочих средств измерений; система государственных испытаний, проверки или калибровки средств измерений; система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов.

Для обеспечения единства измерений нужно воспроизвести нулевое значение физической величины и ее единицу. В воспроизведении нулевого размера в разных видах измерений достигнуты разные успехи. Например, нижняя граница диапазона воспроизводимых значений температуры с вероятностью 0,95 находится в пределах 1,498...1,502 К (ГОСТ 8.078), минимальное давление – $(0,7 \dots 1,3) \cdot 10^{-8}$ Па (ГОСТ 8.107), наименьшее постоянное линейное ускорение твердого тела – $(9,8 \dots 10,2) \cdot 10^{-4}$ м/с² (ГОСТ 8.179). Воспроизведение единиц физических величин осуществляется с помощью специальных технических средств, называемых эталонами. *Эталон единицы величины* – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины (или кратных либо дольных значений единицы величины) с целью передачи ее размера другим средствам измерений данной величины. Информация о единицах физических величин и их размерах содержится в нормативно-технических документах. Чем ближе используемый для сравнения при измерении размер единицы к ее определению, тем точнее будет выражено в этих единицах значение измеряемой величины. Эталоны, воспроизводящие единицу с наивысшей (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью называются *первичными эталонами*. Они предназначены для воспроизведения единиц и передачи их размеров *вторичным эталонам*. При необходимости первичные эталоны используют для передачи размера единицы наиболее точным рабочим эталонам и высокоточным рабочим средствам измерений. Первичным эталонам основных и производных единиц SI, служащим базовыми в своих областях измерений, присваивают статус *государственных эталонов России*. Статус присваивается Госстандартом России на основе тщательных исследований этих эталонов их создателями. В процессе применения первичные эталоны исследуются с целью возможного повышения точности, улучшения конструкции, внедрения новых методов воспроизведения единицы и передачи ее размера.

Государственные эталоны являются национальным достоянием страны. Их хранят в ГНМЦ в специальных помещениях, где поддерживается строгий режим по влажности, температуре, вибрациям и другим влияющим факторам. Для обслуживания этих эталонов из числа ведущих специалистов – метрологов назначаются хранители эталонов. В связи с уникальностью, сложностью и малочисленностью государственных этало-

нов передать информацию от них о размере единиц обширному парку средств измерений страны невозможно, поэтому применяют многоступенчатую процедуру, показанную на рис. 1.15.

Документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размера единицы от исходного эталона рабочим средствам измерений называют поверочной схемой. Исходным в каждом виде измерений является тот эталон, который обладает наивысшей точностью из имеющихся в данной лаборатории (органе, организации). Для страны исходными будут государственные первичные эталоны. Для республик, регионов, министерств (ведомств), предприятий исходными могут быть вторичные или рабочие эталоны наиболее высокого уровня точности, применяемые соответственно в республиканских и региональных ЦСМ, органах ведомственных метрологических служб и в метрологических службах предприятий (организаций).

Непосредственно от первичного эталона размер единицы получают *вторичные эталоны*, которые хранят и применяют в ГНМЦ, а с их разрешения и в других органах Государственной или ведомственной метрологических служб. До пересмотра системы обеспечения единства измерений вторичные эталоны различали: *эталон свидетели*, предназначенные для проверки сохранности государственных эталонов и замены их в случае порчи; *эталон сравнения*, применявшиеся для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть сличимы непосредственно друг с другом; *эталон-копии*, использовавшиеся для передачи информации о размере единицы *рабочим эталонам*, от которых информацию о размере единицы получают все нижестоящие по схеме средства измерений.

Наименования эталонов с указанием стандартного отклонения случайного результата воспроизведения ими единицы, заключенные в прямоугольные рамки, размещаются в верхней части схемы (см. рис. 1.15).

Средства, предназначенные для дальнейшей передачи информации о размере единицы, расположенные под полем эталонов (по схеме на рис. 1.15 на месте рабочих эталонов), назывались *образцовыми средствами измерения* (ОСИ). По точности их разделяли на разряды. Средства измерений наиболее высокой точности относили к первому разряду, меньшей – ко второму, еще меньшей к третьему и т.д.

Средства измерений, расположенные в нижнем поле схемы (рис. 1.15) называют *рабочими средствами измерений*, так как они применяются для измерений, не связанных с передачей размера единицы.

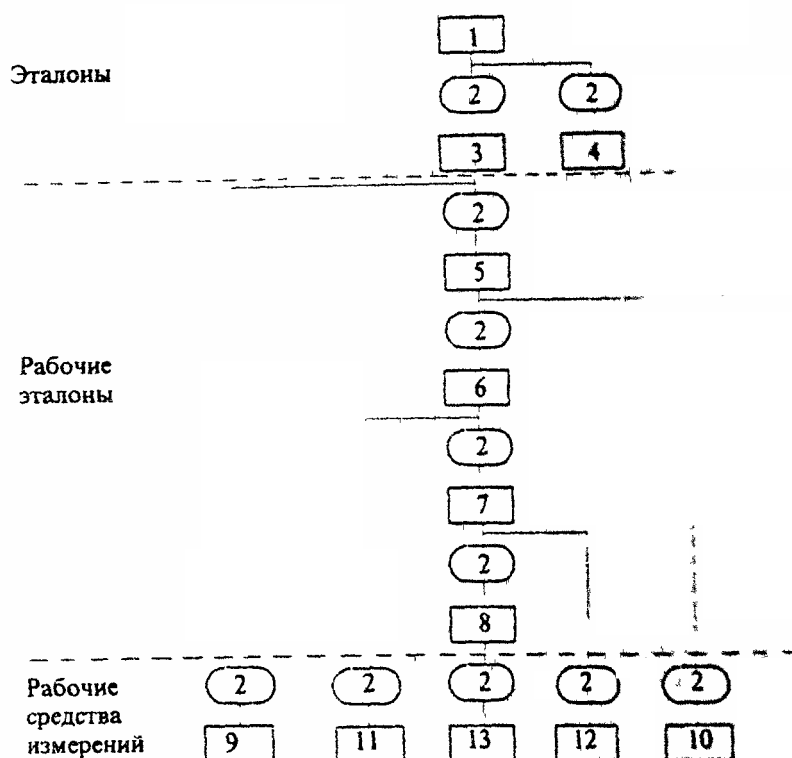


Рис. 1.15. Схема передачи размера единицы физической величины:
 1 – Государственный эталон; 2 – метод передачи; 3 – эталон-копия;
 4 – эталон сравнения; 5 – эталон 1-го разряда; 6 – эталон 2-го разряда;
 7 – эталон 3-го разряда; 8 – эталон 4-го разряда; 9 – СИ наивысшей
 точности; 10 – СИ высшей точности; 11 – СИ высокой точности;
 12 – средней точности; 13 – СИ низкой точности

В международной практике все средства измерений, при помощи которых размер единицы передается от первичных эталонов рабочим средствам, названы *эталонами*. Поэтому в РФ принята новая классификация эталонов, в которой вместо нескольких видов вторичных эталонов оставлен один вид. При этом эталоны сравнения оставлены как таковые. Они не отнесены ко вторичным, так как сохраняется их роль посредников при передаче размера единицы. Термин «Образцовое средство измерений» заменен термином «Рабочий эталон» без ломки системы подчиненности средств измерений по вертикали. Рабочее средство измерений поверяется рабочим эталоном, который в поверочной схеме может занимать различные уровни точности соответствующих разрядов. Такая классификация открывает возможность для гармонизации отечественных нормативных документов по обеспечению единства измерений с западноевропейскими стандартами серии EN-45000, международными стандартами ИСО серии 9000 и другими.

Для передачи информации о размере единиц используются методы непосредственного сличения, сличения с помощью компаратора и т.п. Для того чтобы после определения поправки рассеянием результата сличения можно было пренебречь, его стандартное отклонение должно быть, как минимум, в три раза меньше стандартного отклонения, характеризующего точность средства, находящегося в нижнем поле на рис. 1.15. Запас по точности эталона в 10...30 раз позволяет иметь две ступени передачи, запас в 30...100 раз – три ступени и т.д. На каждой ступени передачи информации о размере единицы точность теряется в 3...5 раз. Для высокоточных средств измерений число ступеней может быть сокращено.

Схемы, регламентирующие передачу информации о размере единицы всему парку средств измерений в стране, называют *государственными*. Схемы, охватывающие средства измерений, находящиеся в обращении только в отдельном министерстве или ведомстве – *ведомственными*. Схемы, распространяющиеся на средства измерений, закрепленные за конкретным метрологическим органом, – *локальными*.

Ведомственная схема, как правило, возглавляется вторичным эталоном, а локальная – *рабочим*. Обе схемы передачи размера единицы физической величины входят составной частью в государственную систему обеспечения единства измерений.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что понимают под метрологическим обеспечением?
2. Что является научной и правовой основой метрологического обеспечения?
3. Какие органы и службы занимаются обеспечением единства и точности измерений в стране и на предприятиях?
4. Какие системы являются техническими основами метрологического обеспечения?
5. Что представляет собой система эталонов?
6. Назначение и классификация рабочих эталонов.
7. Что называют поверочными схемами и как их разделяют?

1.9. Государственный метрологический контроль и надзор, поверка и калибровка СИ

Важным элементом системы обеспечения единства измерений является *метрологический контроль и надзор* – деятельность, осуществляемая органом Государственной метрологической службы (государственный метрологический контроль и надзор) или метрологической службой юридического лица в целях проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

Государственный метрологический надзор осуществляется за выпуском, состоянием и применением СИ, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм с целью защиты прав и интересов граждан, правопорядка и экономики РФ от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

Государственный метрологический контроль и надзор распространяются на следующие сферы деятельности [13]:

- здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом;
- 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 ее соответствия обязательным требованиям государственных стандартов РФ;
- обязательную сертификацию продукции и услуг;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления РФ;
- регистрацию национальных и международных спортивных рекордов.

Нормативными актами республик в составе РФ, автономных округов, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга государственный метрологический контроль и надзор могут быть распространены и на другие сферы деятельности. Государственный метрологический надзор осуществляется в объединениях, на предприятиях, в организациях и учреждениях вне зависимости от вида собственности и ведомственной принадлежности.

Основными задачами метрологического контроля являются:

- определение соответствия выпускаемых СИ утвержденному типу;
- определение состояния и правильности применения СИ, в том числе эталонов, применяемых для поверки СИ;
- определение наличия и правильности применения аттестованных методик выполнения измерений;
- соблюдение метрологических правил и норм в соответствии с законом РФ «Об обеспечении единства измерений» и действующими нормативными документами ГСИ (лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату СИ).

По срокам проведения проверки метрологических правил и норм могут быть плановыми (периодическими), внеплановыми (внеочередными) и

повторными. *Плановые* проверки проводятся на предприятии не реже 1 раза в 3 года в соответствии с графиком их проведения, составляемым органом Государственном метрологической службы. *Внеплановые* проверки проводятся по инициативе потребителей продукции, местных органов власти, общества защиты прав потребителей, торговой инспекции или других контрольно-надзорных органов в целях решения конкретных задач, связанных с выявлением и устранением отрицательных последствий недостоверных результатов измерений. *Повторные* проверки проводятся в целях контроля выполнения предписаний органов госнадзора, полученных предприятием по результатам предыдущей проверки.

Проверки соблюдения метрологических правил и норм осуществляют должностные лица Госстандарта России – государственные инспекторы по обеспечению единства измерений РФ, действующие на соответствующих территориях и аттестованные в установленном порядке. Результаты каждой проверки оформляются актом, в котором должно быть отражено состояние дел по всем вопросам, входящим в содержание проверки, и раскрыты причины выявленных нарушений метрологических правил и норм.

Важным видом государственного метрологического контроля является *утверждение типа средства измерений* [15], которое проводится в целях обеспечения единства измерений в стране, постановки на производство и выпуска в обращение СИ, соответствующих требованиям, установленным в нормативных документах. Решение об утверждении типа принимается Госстандартом России по результатам обязательных испытаний СИ для целей утверждения типа. Заявки на проведение испытаний СИ для целей утверждения типа направляются в Управление Госстандарта России, которое направляет поручение государственным центрам испытаний средств измерений (ГЦИ СИ) на проведение испытаний СИ для целей утверждения типа. В качестве ГЦИ СИ аккредитованы государственные научные метрологические центры или другие специализированные организации.

Заявитель на испытания СИ для целей утверждения типа представляет образцы СИ; программу испытаний типа, утвержденную ГЦИ СИ; проект технических условий (если предусмотрена их разработка), подписанный руководителем организации-разработчика, а для СИ, подлежащих импорту, – проспект фирмы-изготовителя СИ с переводом на русский язык: эксплуатационные документы по ГОСТ 2.601, а для СИ, подлежащих импорту, – комплект документации фирмы изготовителя с переводом на русский язык; проект нормативного документа по поверке, если в эксплуатационной документации нет раздела «Методика поверки»; проект описания типа; акт экспертизы организации-разработчика о допустимости опубликования описания типа в открытой печати.

По результатам испытаний СИ для целей утверждения типа исполнитель согласовывает методику поверки, описание типа и составляет в 3-х экземплярах акт испытаний СИ. При отрицательных результатах испыта-

ний ГЦИ СИ составляет только акт испытаний СИ. После утверждения акта испытаний СИ для целей утверждения типа ГЦИ СИ направляет первый экземпляр этого акта с приложениями, отчетом об устранении замечаний по результатам испытаний и всеми документами, представленными заявителем, в адрес ВНИИМС, который проверяет представленные материалы и готовит проект решения Госстандарта России. Последний рассматривает представленные ВНИИМС документы и принимает решение об утверждении типа средств измерений. Сертификат об утверждении типа СИ Госстандарт России направляет заявителю, а копии сертификата – организации, проводившей испытания, и во ВНИИМС.

Утвержденный тип СИ вносится в Государственный реестр средств измерений. На средство измерений утвержденного типа и на эксплуатационные документы, сопровождающие каждый экземпляр, наносится знак утверждения типа СИ установленной формы. Информация об утвержденных типах СИ, а также об исключении утвержденных типов СИ из Государственного реестра и о запрещении или об ограничении сферы их применения публикуется в периодических изданиях Госстандарта России и специальных информационных сборниках.

СИ утвержденных типов подвергают *испытаниям на соответствие утвержденному типу* в следующих случаях:

- при наличии информации от потребителей об ухудшении качества выпускаемых или импортируемых СИ;
- при внесении в их конструкцию или технологию изготовления изменений, влияющих на их нормированные метрологические характеристики;
- при истечении срока действия сертификата об утверждении типа;
- по решению Госстандарта России при постановке на производство СИ изготовителем.

Эти испытания проводят органы Государственной метрологической службы по месту расположения изготовителей или пользователей. Для испытаний на соответствие СИ утвержденному типу представляют следующие документы:

- копию сертификата об утверждении типа;
- копию акта испытаний СИ для целей утверждения типа и акта последних испытаний на соответствие СИ утвержденному типу;
- технические условия и эксплуатационные документы.

Для проведения испытаний на соответствие СИ утвержденному типу из партии, принятой службой технического контроля методом случайной выборки, отбираются образцы СИ в количестве, установленном стандартами или техническими условиями для периодических испытаний. После окончания испытаний образцы СИ возвращают предприятию-изготовителю или заказчику импортируемых СИ. Испытания проводят по программе, утвержденной ГЦИ СИ. По результатам испытаний на соответ-

ствие утвержденному типу составляют акт, копию которого направляют во ВНИИМС.

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 [14]. Продажа и выдача напрокат допускается только поверенных СИ. *Поверка средства измерений – совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным требованиям.*

Перечни групп СИ, подлежащих поверке, утверждаются Госстандартом России. Право поверки может быть по решению Госстандарта России предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц, деятельность которых осуществляется в соответствии с действующим законодательством и нормативными документами по обеспечению единства измерений и контролируется органами Государственной метрологической службы по месту расположения этих юридических лиц. Поверка осуществляется физическим лицом, аттестованным в качестве поверителя органом Государственной метрологической службы. Ответственность за ненадлежащее выполнение поверочных работ и несоблюдение требований соответствующих документов несет орган Государственной метрологической службы или юридическое лицо, метрологической службой которого выполнены поверочные работы.

В сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора юридические и физические лица, выпускающие СИ из производства или ремонта, ввозящие СИ и использующие их в целях эксплуатации, проката или продажи, обязаны своевременно представлять СИ на поверку.

Согласно ГОСТ 8.513 поверка может быть первичной, периодической, внеочередной, инспекционной и экспертной.

Первичной поверке подлежат СИ утвержденных типов при выпуске из производства (ремонта) и поступающие по импорту. Первичной поверке подлежит, как правило, каждый экземпляр СИ. Допускается выборочная поверка. Если импортные СИ подвергались поверке в других странах, являющихся участниками международных соглашений о взаимном признании результатов государственных испытаний, и результаты поверки признаны Госстандартом России, то эти СИ поверке не подлежат.

Периодической поверке подлежат СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через определенные межповерочные интервалы. Эти интервалы устанавливаются при проведении государственных приемочных испытаний исходя из показателей метрологической надежности. Метрологические характеристики СИ должны в период между поверками соответ-

ствовать установленным нормам. Годовые графики периодической поверки утверждаются руководителем предприятия или уполномоченным на то лицом.

Внеочередную поверку проводят при эксплуатации (хранении) СИ независимо от сроков периодической поверки в случаях:

- когда возникает необходимость удостовериться в пригодности СИ к применению;
- когда СИ устанавливают в качестве комплектующих изделий после истечения гарантийного срока на них;
- при проведении работ по корректировке межповерочных интервалов;
- при повреждении поверительного клейма, пломбы и утрате документов, подтверждающих прохождение СИ периодической поверки;
- при вводе в эксплуатацию после длительного хранения, в течение которого не проводилась периодическая поверка.

Внеочередную поверку рекомендуется проводить перед началом эксплуатации новых СИ, средств измерений, поступивших из ремонта, после хранения и после транспортировки.

Инспекционной поверке выборочно подвергают СИ при проведении государственного метрологического контроля и надзора, когда устанавливают правильность результатов последней поверки и соответствие межповерочных интервалов условиям эксплуатации. Результаты этой поверки отражают в акте.

Экспертную поверку проводят при метрологической экспертизе СИ по требованию суда, прокуратуры, государственного арбитража, органов контроля, по заявлению предприятий и отдельных граждан, а также при возникновении спорных вопросов. По результатам поверки составляют экспертное заключение, которое утверждает руководитель органа метрологической службы, проводившего поверку, и направляют заявителем, а один экземпляр оставляют на хранение.

Процедура поверки регламентирована стандартами на методы и средства поверки, инструкциями по поверке, методическими указаниями и т.д. Положительные результаты поверки СИ удостоверяются поверительным клеймом или свидетельством о поверке, форма которых устанавливается Госстандартом России. Если СИ по результатам поверки признано не пригодным к применению, то оттиск поверительного клейма гасится, «Свидетельство о поверке» аннулируется, выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в технической документации.

При выполнении поверочных работ на территории региона с выездом на место эксплуатации СИ орган исполнительной власти этого региона обязан оказывать поверителям содействие, в том числе:

- предоставлять им соответствующие помещения;

- обеспечивать их вспомогательным персоналом и транспортом;
- извещать всех владельцев и пользователей СИ о времени поверки.

Для сохранения единства измерений в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору, повышения эффективности работ по формированию измерительного парка страны, а также для защиты интересов потребителей СИ были созданы Система добровольной сертификации СИ на соответствие метрологическим нормам и правилам и Российская система калибровки СИ (РКС).

Добровольная сертификация СИ проводится в соответствии с законом РФ «О сертификации продукции и услуг» и другими нормативными документами по сертификации.

Средства измерений, не подлежащие поверке, могут подвергаться калибровке при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при эксплуатации, прокате и продаже. *Калибровка средства измерений* – совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действующих значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору.

В отличие от поверки, процедуры обязательной и осуществляемой государственной метрологической службой, калибровка является добровольной и проводится любой аккредитованной организацией. На право проведения калибровочных работ могут быть аккредитованы метрологические службы юридических лиц на основе договоров, заключаемых с государственными научными метрологическими центрами или органами Государственной метрологической службы. Вся деятельность Российской калибровочной службы проводится под патронажем Госстандарта России.

Калибровка – сервисная операция, т.е. платная услуга, выполняемая метрологической службой по заказу предприятия, применяющего СИ. Калибруемому СИ приписываются те значения характеристик, которые получены на основании его сличения с эталоном. Решение о применении СИ принимает его пользователь. Такой подход к делу соответствует условиям рынка. В зависимости от области применения СИ может варьироваться содержание и объем калибровочных работ (число поверяемых точек диапазона измерений, точность измерений, число независимых измерений и т.д.).

Результаты калибровки СИ удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средства измерений, или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах. *Сертификат о калибровке* – документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки СИ, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое метрологический контроль и надзор?
2. Назовите объекты метрологического контроля и надзора.
3. На какие сферы деятельности распространяются государственный метрологический контроль и надзор?
4. Какие задачи выполняет метрологический контроль?
5. Как различают поверки по срокам проведения государственного метрологического контроля и надзора?
6. Какие организации проводят испытания для целей утверждения типа СИ и кто принимает решение об утверждении типа?
7. В каких случаях проводятся испытания СИ на соответствие утвержденному типу?
8. Что называют поверкой СИ?
9. Какие СИ подлежат периодической поверке и в зависимости от чего устанавливаются межповерочные интервалы?
10. Что такое калибровка СИ и какие СИ ей подвергают?
11. Как узнать, что приобретаемое СИ принадлежит утвержденному типу и поверено или прошло сертификацию и калибровано?
12. В каких случаях проводят внеочередную и экспертную поверки?

2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

2.1. Основные понятия, цели и задачи стандартизации

Стандартизация – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного применения в отношении реально существующих или потенциальных задач (ГОСТ Р.1.0-92). По закону РФ «О стандартизации», «стандартизация – это деятельность по установлению норм, правил и характеристик в целях обеспечения:

- безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;
- единства измерений;
- экономии всех видов ресурсов;
- безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;
- обороноспособности и мобилизационной готовности страны».

Элементы стандартизации появились тогда, когда еще не существовало понятия об этом термине. Примерами могут служить: строительство египетских пирамид из камней, обработанных до строго определенных размеров; применение кирпичей размером 410×200×130 мм при сооружении дворцов фараонов в Египте; использование римлянами труб определенных диаметров при сооружении городских водопроводов и др. В промышленном производстве России стандартизация впервые была применена в середине XVI века при изготовлении снарядов для пушек. Более широкое распространение стандартизация получила в конце XIX – начале XX вв. с развитием промышленного производства. Для усиления роли стандартизации в техническом прогрессе, повышения качества продукции и экономичности ее производства в нашей стране была разработана и в 1965 г. введена в действие *Государственная система стандартизации* (ГСС). Она представляет собой комплекс взаимосвязанных правил и положений, определяющих все основные вопросы практической деятельности по стандартизации в масштабе страны.

Основные положения ГСС Российской Федерации установлены в ГОСТ Р 1.0-92. Этот стандарт определяет цели и задачи, основные принципы и организацию работ по стандартизации, категории нормативных документов по стандартизации, виды стандартов, основные положения по международному сотрудничеству Российской Федерации в области стан-

дартизации, по применению стандартов и технических условий, по государственному надзору за соблюдением стандартов. Положения стандартов ГСС РФ применяются расположенными на территории России предприятиями и объединениями предприятий независимо от форм собственности и подчинения, гражданами, занимающимися индивидуально-трудовой деятельностью, техническими комитетами по стандартизации, министерствами и другими органами управления в РФ, научно-техническими и инженерными обществами.

В настоящее время действует межгосударственное Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации, принятое странами СНГ в 1992 г.

Объектом стандартизации может быть продукция, процесс или услуга, подлежащие или подвергшиеся стандартизации. В широком смысле слова под объектом стандартизации понимаются продукция, процессы и услуги, которые относятся к любому материалу, компоненту, оборудованию, системе, их совместимости, правилу, методу или деятельности. Стандартизация может ограничиваться определенными аспектами любого объекта.

Основными задачами стандартизации являются:

- обеспечение взаимопонимания между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями;
- установление оптимальных требований к номенклатуре и качеству продукции в интересах потребителя и государства, в том числе обеспечивающих ее безопасность для жизни и здоровья людей, имущества, охрану окружающей среды;
- установление требований по совместимости и взаимозаменяемости продукции;
- согласование и увязка показателей и характеристик продукции, ее элементов, комплектующих изделий, сырья и материалов;
- унификация на основе установления и применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, конструктивно-унифицированных блочно-модульных составных частей изделий;
- установление метрологических норм, правил, положений и требований;
- нормативно-техническое обеспечение контроля (испытаний, анализа, измерений), сертификации и оценки качества продукции;
- создание и введение систем классификации и кодирования технико-экономической информации;
- нормативное обеспечение межгосударственных и государственных программ и инфраструктурных комплексов (транспорт, связь, оборона, охрана окружающей среды, безопасность населения и т.д.);
- создание системы каталогизации для обеспечения потребителей информацией о номенклатуре и основных показателях продукции;

- содействие выполнению законодательства РФ.

Результатом работ по стандартизации является *нормативный документ* – документ, содержащий правила, общие принципы, характеристики, касающиеся определенных видов деятельности или их результатов, и доступный широкому кругу потребителей (пользователей). К нормативным документам по стандартизации, действующим на территории РФ, относятся:

- государственный стандарт РФ; применяемые в установленном порядке международные (региональные) стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации; общероссийские классификаторы технико-экономической информации;

- стандарты отраслей; стандарты предприятий; стандарты научно-технических, инженерных и других общественных объединений.

Стандарт – нормативный документ по стандартизации, разработанный, как правило, на основе согласия по существенным вопросам у большинства заинтересованных сторон и утвержденный признанным органом, в котором могут устанавливаться для всеобщего и многократного использования правила, общие принципы, характеристики, требования или методы, касающиеся определенных объектов стандартизации и который направлен на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области.

Требования, устанавливаемые нормативными документами по стандартизации, должны основываться на современных достижениях науки, техники и технологии, международных (региональных) стандартах, прогрессивных национальных стандартах других стран, учитывать условия использования продукции, выполнения работ и оказания услуг, условия и режимы труда и не должны нарушать положений, установленных актами законодательства РФ. Стандарты на продукцию и услуги, подлежащие в соответствии с законодательством обязательной сертификации, должны содержать требования, по которым осуществляется обязательная сертификация, методы контроля на соответствие этим требованиям, правила маркировки продукции и услуг, требования к информации о сертификации, включаемой в сопроводительную документацию.

Международный стандарт – стандарт, принятый международной организацией по стандартизации.

Межгосударственный стандарт (ГОСТ) – стандарт, принятый государствами, присоединившимися к соглашению о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации, и применяемый ими непосредственно.

Региональный стандарт – стандарт, принятый региональной, международной организацией по стандартизации. ГОСТы являются стандартами регионального типа.

Национальный стандарт – стандарт, принятый национальным органом по стандартизации одной страны.

Совокупность взаимосвязанных стандартов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к взаимосвязанным объектам стандартизации, называется *комплексом стандартов*.

Безопасность – отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба, т.е. достижение оптимального баланса ряда факторов, позволяющих свести риск, связанный с возможностями нанесения ущерба здоровью людей и сохранности имущества, до приемлемого уровня.

Охрана здоровья людей – защита здоровья людей от неблагоприятного воздействия продукции, процессов и услуг, окружающей среды.

Охрана окружающей среды – защита окружающей среды от неблагоприятного воздействия продукции, процессов и услуг.

Совместимость – пригодность продукции, процессов и услуг к совместному, не вызывающему нежелательных взаимодействий, использованию при заданных условиях для выполнения установленных требований.

Взаимозаменяемость – пригодность одного изделия, процесса, услуги для использования вместо другого изделия, процесса, услуги в целях выполнения одних и тех же требований.

Применение стандартов – использование стандартов пользователями с выполнением требований, установленных в стандартах, в соответствии с областью их распространения и сферой действия, а также использования в справочно-информационных целях.

Пользователь стандарта – юридическое или физическое лицо, применяющее стандарт в своей производственной, научно-исследовательской, конструкторской, технологической, учебно-педагогической и других видах деятельности.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называют стандартизацией?
2. Для каких целей проводят стандартизацию?
3. Что такое Государственная система стандартизации?
4. Что может быть объектом стандартизации?
5. Какие задачи решают с помощью стандартизации?
6. Что такое стандарт?
7. Какие нормативные документы по стандартизации действуют на территории РФ?
8. Что понимают под безопасностью и охраной окружающей среды?
9. Что называют совместимостью и взаимозаменяемостью продукции?

2.2. Организация работ по стандартизации

Государственное управление стандартизацией в РФ, включая координацию деятельности государственных органов управления, взаимодействие с органами власти республик, краев, областей, автономных округов и городов в составе РФ, с общественными объединениями, в том числе с техническими комитетами по стандартизации, с субъектами хозяйственной деятельности, осуществляет Госстандарт России. Он формирует и реализует государственную политику в области стандартизации, осуществляет государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, участвует в работах по международной стандартизации, организует профессиональную подготовку и переподготовку кадров в области стандартизации, а также устанавливает правила применения международных стандартов, правил, норм и рекомендаций по стандартизации на территории РФ. Работы по стандартизации в области строительства организует Госстрой России.

Для организации и координации работ по стандартизации в отраслях в соответствующих министерствах (ведомствах) РФ создают, при необходимости, подразделения (службы) стандартизации и (или) головные организации по стандартизации (ГОС). Под отраслью в законе «О стандартизации» понимается совокупность субъектов хозяйственной деятельности независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, разрабатывающих и (или) производящих продукцию, выполняющих работы и оказывающих услуги определенных видов, которые имеют однородное потребительское или функциональное назначение.

Для разработки, рассмотрения, согласования и подготовки к утверждению государственных стандартов РФ, других нормативных документов по стандартизации, а также проведения работ по международной (региональной) стандартизации создают *технические комитеты (ТК) по стандартизации*. К работе в ТК привлекаются на добровольной основе полномочные представители заинтересованных предприятий и организаций: заказчиков (потребителей), разработчиков, изготовителей продукции, органов по стандартизации, метрологии и сертификации, общественных организаций потребителей, научно-технических и инженерных обществ. К работе в ТК должны привлекаться ведущие ученые и специалисты. Комитеты создаются на базе предприятий (организаций), специализирующихся по определенным видам продукции и технологии или видам деятельности и обладающих в данной области наиболее высоким научно-техническим потенциалом. ТК по стандартизации организуются решениями Госстандарта России по предложениям заинтересованных предприятий и органов управления, регистрируются Госстандартом России и осуществляют свою деятельность в соответствии с положением о ТК, разработанным на основе

«РД 50-688-92. Типовое положение о техническом комитете по стандартизации».

Организационно-методическое и научно-техническое руководство работами по стандартизации на предприятии осуществляют *подразделения (службы) стандартизации, создаваемые на предприятиях*. Таким подразделением может быть конструкторско-технологический или научно-исследовательский отдел; лаборатория, бюро, которые выполняют исследовательские, опытно-конструкторские и другие работы по стандартизации и участвуют в работах по стандартизации, выполняемых другими подразделениями. Службы стандартизации осуществляют свою работу в соответствии с положениями «Р 50-53-79-88. Рекомендации по разработке положения о службах стандартизации».

Заказчиками разработки государственных стандартов РФ, устанавливающих основополагающие (организационно-методические и общетехнические) требования, обязательные требования к качеству продукции, обеспечивающие ее безопасность для жизни и здоровья людей, имущества, охрану окружающей среды, совместимость и взаимозаменяемость, а также работ по разработке и применению международных (региональных) стандартов в качестве государственных стандартов РФ являются Госстандарт России и Минстрой России. Заказчиками разработки государственных стандартов РФ могут являться также министерства (ведомства), предприятия и объединения, а также общественные организации потребителей, научно-технические и инженерные общества.

При проведении работ по стандартизации технический комитет для наиболее полного учета интересов потребителей привлекает их к определению номенклатуры и требований к качеству продукции, методов оценки ее качества, к подготовке предложений по разработке и обновлению стандартов, к непосредственному участию в разработке проектов стандартов. Предприятия, которые осуществляют разработку и реализацию социально-экономических и научно-технических программ и проектов, обязаны предусматривать и обеспечивать разработку необходимых стандартов.

Работы по государственной стандартизации в РФ проводятся по годовым планам, составляемым на основе перспективных программ (планов) работы ТК, предприятий и объединений предприятий, министерств (ведомств). В первую очередь в план включается разработка стандартов, обеспечивающих гармонизацию отечественных стандартов с требованиями международных, региональных и национальных стандартов других стран, безопасность продукции, процессов, услуг для жизни и здоровья людей, имущества, охрану окружающей среды, защиту интересов потребителей.

Вопросы для самоконтроля:

1. Кто формирует и реализует государственную политику в области стандартизации?
2. Кто занимается разработкой государственных стандартов?
3. Какое подразделение руководит работами по стандартизации на предприятии?
4. Кто должен привлекаться к работе в технических комитетах по стандартизации?
5. Кто может быть заказчиком разработки государственных стандартов?
6. Кто может быть заказчиком разработки государственных стандартов с обязательными требованиями?
7. Разработка каких стандартов включается в первую очередь в годовой план работ по государственной стандартизации?

2.3. Категории нормативных документов и виды стандартов

В РФ нормативные документы по стандартизации подразделяют на следующие категории:

- государственные стандарты Российской Федерации – ГОСТ Р;
- отраслевые стандарты – ОСТ;
- технические условия – ТУ;
- стандарты предприятий и объединений – СТП;
- стандарты научно-технических и инженерных обществ (союзов, ассоциаций и других объединений) – СТО;
- общероссийские классификаторы технико-экономической информации.

ГОСТ Р – национальный стандарт, который утверждает Госстандарт России, а в области строительства и промышленности строительных материалов – Государственный комитет Российской Федерации по вопросам архитектуры и строительства (Госстрой России) в соответствии с требованиями.

К объектам государственной стандартизации относят:

- организацию проведения работ по стандартизации, единый технический язык, типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий общего применения (подшипники, крепеж, инструмент и др.), совместимые программные и технические средства информационных технологий, организацию работ по метрологическому обеспечению, достоверные справочные данные о свойствах материалов и веществ, классификацию и кодирование технико-экономической информации;
- составляющие элементы крупных народнохозяйственных комплексов (транспорта, энергосистемы, связи, обороны, охраны окружающей среды и др.);

- объекты государственных научно-технических и социально-экономических целевых программ;
- продукцию широкого, в том числе межотраслевого, применения;
- достижения науки и техники, позволяющие РФ или конкретным предприятиям обеспечить конкурентоспособность своей продукции или технологии;
- продукцию, производимую в РФ для удовлетворения внутренних потребностей населения и производства, а также поставляемую в другие страны по двусторонним обязательствам.

Государственные стандарты должны содержать:

- требования к продукции, работам и услугам по их безопасности для окружающей среды, жизни и здоровья людей, имущества;
- требования по технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- основные потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции, методы их контроля, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению, применению и утилизации продукции;
- правила и нормы, обеспечивающие техническое и информационное единство при разработке, производстве, использовании (эксплуатации) продукции, выполнении работ и оказании услуг (в том числе правила оформления технической документации, допуски и посадки, общие правила обеспечения и рационального использования всех видов ресурсов, термины и их определения, условные обозначения, метрологические и другие общетехнические и организационно-технические правила и нормы).

Для обеспечения защиты интересов государства и конкурентоспособности отечественной продукции (услуг) в ГОСТ Р в обоснованных случаях устанавливаются предварительные требования на перспективу, отражающие возможности традиционных технологий. Содержание требований государственных стандартов, области их распространения, сферы действия и даты введения определяются государственными органами управления, которые их принимают.

Требования, устанавливаемые ГОСТ Р для обеспечения безопасности продукции, процессов и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, для обеспечения совместимости и взаимозаменяемости продукции, единства методов ее контроля и единства маркировки, а также иные требования, установленные законодательством РФ, являются обязательными для соблюдения органами государственного управления и субъектами хозяйственной деятельности. Соответствие продукции и услуг указанным требованиям ГОСТ Р определяется в порядке, установленном законодательством РФ об обязательной сертификации продукции и услуг.

Иные требования ГОСТ Р к продукции, работам и услугам обязательному соблюдению субъектами хозяйственной деятельности подлежат лишь в силу договора либо в том случае, если об этом указывается в тех-

нической документации изготовителя (поставщика) продукции, исполнителя работ или услуг. Соответствие продукции и услуг этим требованиям ГОСТ Р может определяться в порядке, установленном законодательством РФ о добровольной сертификации продукции и услуг.

Соответствие продукции и услуг требованиям государственных стандартов может подтверждаться маркированием продукции и услуг *знаком соответствия государственным стандартам*. Форму знака соответствия ГОСТ Р, порядок маркирования этим знаком, а также порядок выдачи субъектам хозяйственной деятельности лицензий на маркирование ими продукции или услуг этим знаком устанавливает Госстандарт России. Субъекты хозяйственной деятельности, которым выданы эти лицензии, а также сами продукция и услуги, маркированные знаком соответствия ГОСТ Р, вносятся в Государственный реестр продукции и услуг, маркированных знаком соответствия государственным стандартам.

Государственные стандарты и общероссийские классификаторы технико-экономической информации в соответствии с законом РФ «О стандартизации» принимает Госстандарт России, а в области строительства и промышленности строительных материалов – Госстрой России. В действие ГОСТ Р вводятся после их государственной регистрации в Госстандарте России.

Отраслевой стандарт (ОСТ) – стандарт, утвержденный министерством (ведомством) РФ. Отраслевые стандарты разрабатывают в случаях, когда на объекты стандартизации отсутствуют государственные стандарты или при необходимости установления требований, превышающих требования ГОСТ Р. Требования ОСТ не должны нарушать обязательные требования государственных стандартов РФ. Ответственность за соответствие требований ОСТ обязательным требованиям ГОСТ Р несут принявшие их органы государственного управления.

Стандарты предприятия (СТП) разрабатывают на продукцию, услуги, процессы, которые создаются и применяются только на данном предприятии, и они не должны противоречить обязательным требованиям государственных стандартов РФ и отраслевых стандартов. СТП разрабатываются и утверждаются предприятиями самостоятельно исходя из необходимости их применения, а также в целях совершенствования организации и управления производством. Государственной регистрации СТП не подлежат.

Стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (СТО) разрабатываются и принимаются этими общественными объединениями для динамичного распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований и разработок. Необходимость применения этих стандартов субъекты хозяйственной деятельности определяют самостоятельно. Информация о принятых ОСТ и СТО представляется разработчиками в Госстандарт России.

В технических условиях (ТУ) устанавливаются требования к конкретной продукции (услуге). Требования ТУ не должны противоречить обязательным требованиям ГОСТ Р и ОСТ, могут только их дополнять и ужесточать. Проект ТУ предприятие-разработчик согласовывает с предприятием-заказчиком. Утверждает ТУ руководитель (или его заместитель) предприятия-разработчика.

Порядок разработки, утверждения, пересмотра, изменения и отмены ГОСТ Р установлен в ГОСТ Р 1.2-92, порядок согласования, утверждения и регистрации ТУ – в ГОСТ Р 1.3-92. Порядок разработки, согласования, утверждения, регистрации, издания, применения, обновления и отмены СТП устанавливает предприятие с учетом требований ГОСТ Р 1.4-92. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов установлены в ГОСТ Р 1.5-92.

Нормативные документы по стандартизации должны применяться государственными органами управления и субъектами хозяйственной деятельности на всех стадиях жизненного цикла продукции, при выполнении работ и оказании услуг. Заказчик и исполнитель обязаны включать в договор условие о соответствии продукции и оказываемых услуг обязательным требованиям государственных стандартов. Необходимость применения нормативных документов по стандартизации в отношении продукции, производимой на территории РФ с целью вывоза за границу, определяется контрактом (договором), за исключением случаев, установленных законодательством РФ.

В зависимости от специфики объекта стандартизации и содержания устанавливаемых к нему требований разрабатывают стандарты следующих видов: основополагающие, на продукцию и услуги, на процессы, на методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

Основополагающие стандарты устанавливают общие организационно-методические положения для определенной области деятельности, общетехнические требования, нормы и правила, обеспечивающие взаимопонимание, техническое единство и взаимосвязь различных областей науки, техники и производства в процессах создания и использования продукции. Они обеспечивают охрану окружающей среды, безопасность продукции, процессов и услуг для жизни и здоровья людей, сохранности имущества.

Стандарты на *продукцию (услуги)* устанавливают требования к группам однородной продукции или к конкретной продукции (услуге).

Стандарты на *процессы* устанавливают основные требования к методам (способам, режимам, приемам) выполнения различного рода работ в технологических процессах разработки, изготовления, хранения, транспортирования, эксплуатации, ремонта и утилизации продукции.

Стандарты на *методы контроля* устанавливают методы (способы, приемы, режимы и др.) проведения испытаний, измерений, анализа продукции при ее создании, сертификации и использовании.

Вопросы для самоконтроля:

1. На какие категории подразделяют нормативные документы?
2. Какие требования ГОСТ Р являются обязательными для соблюдения органами государственного управления и субъектами хозяйственной деятельности?
3. Что может быть объектом государственной стандартизации?
4. Как установить потребителю, что продукция или услуга соответствует требованиям ГОСТ Р?
5. В каких случаях разрабатывают отраслевые стандарты?
6. С какой целью разрабатывают и используют стандарты предприятий?
7. Что может быть объектом стандартизации на предприятии?
8. Для чего и кем принимаются стандарты научно-технических и инженерных обществ?
9. Как различают стандарты по видам?

2.4. Основные принципы и теоретические основы стандартизации

ГОСТ Р 1.0-92 устанавливает основные принципы стандартизации на современном этапе.

1. Разработка нормативных документов по стандартизации должна основываться на *взаимном стремлении всех заинтересованных сторон (разработчиков, изготовителей и потребителей) к достижению согласия* с учетом мнения каждой из сторон. В международной стандартизации применяется термин *консенсус*, который понимается как общее согласие по существенным вопросам у большинства заинтересованных сторон, стремление учесть мнение всех сторон и сблизить несовпадающие точки зрения. Полного единодушия консенсус не предполагает.

2. *Целесообразность* разработки стандарта с точки зрения его социальной, технической и экономической необходимости и приемлемости при применении. В приоритетном порядке должны разрабатываться стандарты, способствующие обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей, имущества, охране окружающей среды, обеспечивающие совместимость и взаимозаменяемость продукции, а также способствующие международной торговле.

3. *Соответствие требований стандартов нормам законодательства*, а также нормам и правилам органов государственного надзора.

4. *Комплексность* стандартизации взаимосвязанных объектов, включая метрологическое обеспечение, путем согласования требований к этим объектам и увязкой сроков введения в действие стандартов.

5. *Оптимальность требований*, включаемых в стандарт.

6. *Своевременная замена* устаревших требований путем периодического обновления стандартов для обеспечения их соответствия современным достижениям науки и техники, передового опыта.

7. Стандарты должны устанавливать такие *требования к основным свойствам объекта стандартизации*, которые могут быть *объективно проверены*, т.е. стандарты на продукцию и услуги должны быть пригодны для их использования в сертификации.

8. Стандарты должны быть изложены четко и ясно для того, чтобы обеспечить однозначность понимания их требований.

Теоретической базой стандартизации является *система предпочтительных чисел*. Предпочтительными называют числа, которые рекомендуется выбирать при назначении величин параметров (грузоподъемности, габаритов, чисел оборотов, давлений, температур, напряжений и силы электрического тока, производительности и др.) для вновь создаваемых изделий. Предпочтительные числа получают на основе геометрической прогрессии, i -й член которой равен $\pm 10^{i/R}$, знаменатель $q = \sqrt[R]{10}$, где $R=5, 10, 20, 40, 80$ и 160 , а i принимает целые значения в интервале от 0 до R . Достоинство геометрической прогрессии состоит в том, что в любом интервале процент увеличения значений чисел остается неизменным, недостаток – предпочтительные числа представляют собой округленные значения членов ряда прогрессии. Исходный ряд составляют предпочтительные числа в интервале от 1 до 10. Для ряда $R5$ знаменатель прогрессии $q = \sqrt[5]{10} = 1,5849... \approx 1,6$. Количество членов в интервале от 1 до 10 будет пять: 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10. Единица имеет нулевой номер и относится к интервалу от 0,1 до 1. Предпочтительные числа менее 1 получают делением исходного ряда на 10^n , а числа более 10 – умножением исходного ряда на 10^n , где $n = 1,2,3...$ В ГОСТ 8032-84 установлены основные ряды предпочтительных чисел $R5, R10, R20, R40$ и дополнительные – $R80$ и $R160$. Кроме того, в этом стандарте добавлены двоичные, форматные и тарные ряды. Произведение или частное любых двух членов геометрической прогрессии является ее членом.

В радиоэлектронике параметрические стандарты приведены в соответствии с рекомендациями Международной электротехнической комиссии (МЭК). Этими рекомендациями установлены предпочтительные числа по рядам $E3, E6, E12, E24, E48$ и $E96$. Наиболее широко применяются первые четыре. Они построены по геометрической прогрессии со знаменателями: для $E3$ $q = \sqrt[3]{10} = 2,2$; для $E6$ $q = \sqrt[6]{10} = 1,5$; для $E12$ $q = \sqrt[12]{10} = 1,2$; для $E24$ $q = \sqrt[24]{10} = 1,1$.

Из предпочтительных чисел можно составить выборочные ряды, отбирая, например, каждые вторые, третьи или n -е члены основного или дополнительного ряда, начиная с любого числа. Если при выборе значений

параметров придерживаться основного ряда предпочтительных чисел, то эти параметры будут согласовываться с другими, связанными с ними, видами продукции: электродвигателей – с технологическим оборудованием и грузоподъемными устройствами, предохранительных клапанов – с паровыми котлами, комплектующих изделий – с присоединительными размерами и посадочными местами в машинах. Несоблюдение этого условия приводит к большим потерям, например, несоответствие сортамента круглого проката, выпускавшегося ранее металлургическими заводами, и нормального ряда диаметров в машиностроении приводило к излишней переработке заготовок в стружку, дополнительной загрузке оборудования и нерациональному использованию площадей.

Исследование проблемы многообразия и обоснование целесообразного ограничения неоправданного многообразия в сфере практической деятельности является важной задачей теории стандартизации. Анализ практики стандартизации позволяет выделить специфические особенности в материальных и нематериальных объектах народного хозяйства, не охватываемые никакой другой наукой, кроме теории стандартизации, – их различие (многообразие) и совместимость. Поэтому основной проблемой стандартизации является противоречие между минимумом различия и максимумом разнообразия объектов, необходимым для полного удовлетворения потребностей общества. Основной целью теории стандартизации должно быть развитие количественных методов оптимизации однородных множеств объектов стандартизации, т.е. оптимизации требований стандартов к продукции или деятельности и оптимального изменения этих требований во времени. Таким образом, оптимизация принимаемых решений в стандартизации должна сочетаться с прогнозированием. Основой для решения этих задач являются математические модели оптимизации.

Оптимизация с помощью количественных методов имеет конкретный смысл только для определенной цели и при установленных ограничениях. Целевую функцию чаще всего принимают в виде зависимости от эффективности продукции, затрат на ее разработку, изготовление и эксплуатацию, времени введения и действия стандарта. Ограничения описывают производственные возможности, обеспеченность производства, требования безопасности для жизни и здоровья людей, охраны окружающей среды. Таким образом, для разработки математической модели оптимизации необходимо установить следующие зависимости [12]:

1) зависимость составляющих эффекта \mathcal{E}_j от оптимизируемых параметров P_i ($i=1, 2, \dots, n$) и момента времени действия объекта стандартизации t :

$$\mathcal{E}_j = f_j(P_i, V, t),$$

где $j = 1, 2, \dots, a$ – число существенных составляющих эффекта;

V – объем производства;

2) зависимость составляющих затрат Z_{ξ} от тех же параметров:

$$Z_{\xi} = f_{\xi}(P_i, V, t),$$

где $\xi = 1, 2, \dots, b$ – число составляющих затрат;

3) целевую функцию:

$$Ц = f_{ц}(\Theta_j, Z_{\xi}, t);$$

4) зависимости между оптимизируемыми параметрами и формализованными техническими возможностями:

$$E_k = f_E(P_i, V, t),$$

где $k = 1, 2, \dots, c$ – число уровней производственных возможностей;

5) ограничения:

$$H_m \leq f(P_i, V, t),$$

где $m = 1, 2, \dots, d$ – число ограничений.

По установленным функциональным зависимостям определяются оптимальные значения параметров объекта стандартизации на конкретный период времени. Для решения этой задачи необходимо иметь достоверную оценку: параметров объекта; эффектов (желательных результатов) от продукции; затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию продукции; целей разработки, изготовления и использования продукции. Эффектом может быть удовлетворение любых потребностей населения и народного хозяйства, достижение определенных технических характеристик объекта, достижение экономических, социальных, экологических и других целей. Затраты могут быть материальные, финансовые, информационные и другие. Нежелательный (вредный) эффект от продукции, процесса (загрязнение окружающей среды, опасность для здоровья людей и др.) относится тоже к затратам.

Оптимизируемые показатели могут относиться к одному объекту стандартизации, т.е. к одному изделию или к одному виду деятельности (методу контроля, форме обслуживания и т.д.). При комплексной стандартизации производится совместная оптимизация некоторой совокупности объектов (изделий) с учетом их совместимости и взаимодействия.

Качество продукции определяется большим количеством факторов: совершенством конструкций и внешнего вида; качеством применяемого сырья, материалов, заготовок, полуфабрикатов и покупных изделий; уровнем технологий и средств производства, контроля и испытаний; уровнем организации производства и эксплуатации изделий; квалификацией работников. Для достижения заданного уровня качества продукции (изделия) необходимо устанавливать определенные требования ко всем факторам, влияющим на качество. Это может быть достигнуто *комплексной стандартизацией (КС)*. Осуществление комплексной стандартизации обеспе-

чивает наиболее полное и оптимальное удовлетворение требований заинтересованных организаций и предприятий согласованием показателей взаимосвязанных компонентов, входящих в объекты стандартизации. Сущность КС следует понимать как систематизацию, оптимизацию и увязку всех взаимодействующих факторов, обеспечивающих экономически оптимальный уровень качества продукции в требуемые сроки.

КС обеспечивает взаимосвязь смежных отраслей по совместному производству продукции, отвечающей требованиям государственных или международных стандартов. Например, требования и нормы, указываемые в стандарте на трактор, затрагивают металлургическую, электротехническую, подшипниковую и другие отрасли промышленности. КС позволяет устанавливать наиболее рациональные параметрические ряды и сортамент промышленной продукции, устранять неоправданную разнотипность, создавать техническую базу для организации поточного производства на специализированных предприятиях с применением более совершенных технологий.

Вопросы для самоконтроля:

1. Каких принципов следует придерживаться при разработке нормативных документов по стандартизации?
2. Что является теоретической базой стандартизации?
3. Какие основные ряды предпочтительных чисел устанавливает ГОСТ 8032-84?
4. Какой эффект дает использование предпочтительных чисел?
5. Что является основной проблемой в стандартизации?
6. Какие зависимости нужно устанавливать для разработки математических моделей оптимизации требований стандартов?
7. В чем сущность комплексной стандартизации?

2.5. Унификация и агрегатирование

В ГОСТ Р 1.0-92 дано определение: «Унификация – выбор оптимального числа разновидностей продукции, процессов и услуг, значений их параметров и размеров». Если сказать проще, то унификация – это деятельность по рациональному сокращению разнообразия элементов относительно разнообразия систем, в которых применяются эти элементы. Под элементом системы следует понимать предмет, агрегат, процесс или признак, рассматриваемый при решении данной задачи как неделимое целое. Унификация является наиболее распространенной и эффективной формой стандартизации. Стандартизация изделий, составных частей и деталей обязательно предполагает их унификацию. Унификации подлежат и другие виды продукции: материалы, инструмент, технологическая оснастка; ме-

тоды испытаний и контроля, документация, процессы, нормы, обозначения, требования и т.д.

Цели унификации: сокращение затрат на разработку продукции и освоение ее производства; специализация и кооперация производства, включая ремонтные предприятия; повышение эффективности использования изделий (оснащение навесными орудиями тракторов, самоходных шасси, оптимальное оснащение гибких производственных систем и т.п.).

Основными направлениями работ по унификации являются:

- использование ранее спроектированных и освоенных в производстве составных элементов во вновь создаваемых изделиях;
- разработка новых унифицированных составных элементов в модернизируемых или вновь создаваемых изделиях;
- разработка конструктивно-унифицированных рядов агрегатов, пригодных для многих типов машин, используемых в разных отраслях.

Конструктивно-унифицированным рядом называют закономерно построенную совокупность машин, приборов, агрегатов или других изделий одинакового или близкого функционального назначения, а также изделий с аналогичной или близкой кинематикой и схемой рабочих движений.

Порядок проведения унификации:

- 1) установление цели унификации и выбор номенклатуры объектов, подлежащих унификации;
- 2) определение области распространения и уровня унификации;
- 3) сбор, систематизация и анализ данных по объектам;
- 4) выбор или разработка унифицированного элемента;
- 5) оценка результатов унификации;
- 6) разработка мероприятий по внедрению и использованию результатов работ по унификации.

По уровням различают межотраслевую, отраслевую и заводскую унификацию. *Межотраслевая* унификация может охватывать номенклатуру изделий, их составные части и детали, которые производятся и находят применение в различных отраслях. *Отраслевая* охватывает предприятия одной отрасли, а *заводская* – одно предприятие или объединение предприятий.

По объектам унификацию различают на размерную, параметрическую, методов испытания и контроля, требований, обозначений и т.д.

По конечному результату унификацию можно назвать: ограничительной, дискретизацией, типизацией конструкций и технологических процессов.

При *ограничительной* унификации устанавливается ограниченный набор унифицированных элементов путем простого сокращения наименее употребительных из них до целесообразного минимума. Иногда этот вид называют «симплификацией». При ограничительной унификации возмож-

на разработку новых элементов, но без технических усовершенствований. Результатом является разработка ограничительного перечня.

При *дискретизации* устанавливают параметрический или типоразмерный ряд объектов унификации, обеспечивающий выполнение запланированного объема работ требуемого качества. *Параметрическим рядом* называют закономерно построенную в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра изделий одного функционального назначения и аналогичных по рабочему процессу. *Главным* называют один из нескольких параметров, определяющий важнейший эксплуатационный показатель и не зависящий от технического совершенства изделия и технологии его изготовления. Примерами главного параметра являются: нагрузка на ось для автомобиля, сила тяги на крюке для трактора, габариты обрабатываемых заготовок для токарного станка, диапазон измерений для штангенинструмента и т.д.

Крайние числовые значения ряда выбирают с учетом текущей и перспективной потребности в данных изделиях.

Параметры, которые определяют качество изделия, называют основными. Эти параметры чаще всего можно выразить через главный. Например, одним из основных параметров поршневого компрессора является производительность Q :

$$Q = \pi d^2 H n / 4,$$

где d – диаметр поршня (главный параметр);

H – ход поршня;

n – число оборотов вала.

Параметрический ряд строят из предпочтительных чисел, что позволяет увязать взаимодействие различных объектов. Частота ряда и численные значения его членов экономически обосновываются. Большинство методов обоснования параметрических рядов состоит в определении наименьших суммарных затрат на проектирование, изготовление и эксплуатацию изделий всей совокупности числовых значений главного параметра.

Типизация конструкции изделий – создание типовой конструкции, содержащей общие конструктивные элементы для ряда изделий, составных частей и деталей. При типизации не только анализируются существующие типы и типоразмеры изделий, их составные части и детали, но и разрабатываются новые, перспективные, учитывающие достижения науки и техники. Результатом такой деятельности является установление соответствующих рядов изделий, их составных частей и деталей (роботов, металлообрабатывающих станков, тракторов, автомобилей и т.п.)

Типизация технологических процессов – разработка технологического процесса для изготовления однотипных деталей или сборки однотипных составных частей. Типизации технологических процессов должна предшествовать классификация деталей, составных частей, изделий. На основе

классификации устанавливают типовые представители, обладающие наибольшим числом признаков, характерных для данной классификационной группы.

Унифицированные детали, составные части и изделия изготавливают в специализированных цехах и предприятиях, что позволяет значительно уменьшить затраты на изготовление при достижении высокого уровня качества.

Агрегатирование – это принцип создания изделий из унифицированных элементов (агрегатов) путем их установки в различном числе и различных сочетаниях. Использование этого принципа позволяет перейти от конструирования оригинальных и дорогостоящих изделий к их созданию и выпуску на основе проверенных унифицированных агрегатов. При этом в создаваемых компоновках обеспечиваются оптимальные эксплуатационные показатели, а сроки проектирования и освоения новой техники сокращаются в 2-3 раза. Снижаются затраты на проектирование и освоение производства. Агрегатирование упрощает изготовление, сборку и эксплуатацию изделий, сокращает издержки на ремонт и обслуживание.

При частой сменяемости или модернизации изготавливаемых изделий агрегатирование является наиболее прогрессивным принципом конструирования. Безусловно, создавая новые изделия, нельзя обойтись без проектирования конструктивно новых составных частей. Но они должны проектироваться как автономные составные части (агрегаты), которые в дальнейшем можно было бы унифицировать.

В машиностроении используются следующие методы агрегатирования: секционирования и базового агрегата. При *секционировании* путем простого подбора унифицированных секций создается ряд производных машин с необходимыми эксплуатационными показателями. Примерами такого агрегатирования могут служить: универсально-сборные станочные приспособления, агрегатные станки, измерительные приборы, детские игрушки «Конструктор» и др. Метод *базового агрегата* заключается в присоединении к базовой модели изделия специального оборудования (агрегатов), в результате чего получают ряд производных машин разнообразного применения. Например, в народном хозяйстве широко используются самоходные гусеничные машины-орудия и тракторы в качестве экскаваторов, бульдозеров, рыхлителей, тягачей и для многих других видов работ. Несмотря на многообразие выполняемых функций конструкция основных узлов (рама, шасси, двигатель и др.) этих машин одинакова, что делает возможной их унификацию. Трактор Минского тракторного завода МТЗ может быть оснащен 125 приспособлениями. Автомобили «КАМАЗ», «ЗИЛ», «ГАЗ» различного назначения получают установкой на базовый агрегат различных кузовов и других приспособлений.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называют унификацией?
2. Для каких целей проводится унификация?
3. В каких направлениях может проводиться унификация?
4. Каков порядок проведения унификации?
5. Как различают виды унификации?
6. Что такой параметрический ряд и на каких принципах его строят?
7. Что понимают под типизацией конструкций и типизацией технологических процессов?
8. Что такое агрегатирование?
9. Какие методы агрегатирования используют в машиностроении?

2.6. Межотраслевые стандарты и классификация стандартов

Широкие межотраслевые связи предприятий и большие масштабы производства обусловили необходимость создания комплексных систем межотраслевых стандартов. Внедрение этих стандартов обеспечивает повышение эффективности инженерного труда, качества продукции и экономичности производства

В результате коллективного труда большого числа специалистов различных отраслей промышленности и научных организаций был разработан и в 1971 г. внедрен основной комплекс стандартов *Единой системы конструкторской документации (ЕСКД)*. Этот комплекс стандартов устанавливает для всех предприятий страны единый порядок организации проектирования, единые правила выполнения и оформления чертежей и ведения чертежного хозяйства, что упрощает проектно-конструкторские работы и облегчает понимание чертежей в различных организациях.

Внедрение ЕСКД обеспечило взаимный обмен конструкторской документацией между предприятиями без ее переоформления, возможность применения ЭВМ для проектирования и обработки технической документации, расширение унификации при разработке проектов изделий. Это способствовало снижению трудоемкости проектно-конструкторских работ промышленных изделий. Весь комплекс стандартов разделяется на следующие группы:

- 0 - общие положения (ГОСТ 2.001, 2.002);
- 1 - основные положения (ГОСТ 2.101, ..., 2.121);
- 2 - классификация и обозначения изделий в конструкторских документах (ГОСТ 2.201);
- 3 - общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301, 2.317);
- 4 - правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения (ГОСТ 2.401, ..., 2.427);
- 5 - правила обращения конструкторских документов (ГОСТ 2.501, 2.502, 2.503);
- 6 - правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.601, ..., 2.604);
- 7 - правила выполнения схем (ГОСТ 2.701, 2.792);
- 8 - правила выполнения документов строительных и судостроительных (ГОСТ 2.801, ..., 2.857);
- 9 - прочие стандарты.

Применение современных ЭВМ позволило на основе ЕСКД значительно сократить сроки проектирования изделий и объем документации, выполняемой на бумаге, обеспечивая при этом высокое качество проектов.

Важную роль в повышении эффективности производства и качества выпускаемой продукции играет технологическая документация, поэтому была разработана *Единая система технологической документации*

(ЕСТД). Эта система представляет собой комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила разработки, оформления и обращения технологической документации, разрабатываемой и применяемой предприятиями страны для изготовления или ремонта изделий.

ЕСТД обеспечивает: широкое внедрение типовых технологических процессов, основанных на технологическом классификаторе деталей; сокращение объема разрабатываемой технологической документации и повышение производительности труда технологов; упорядочение номенклатуры и содержания форм документации общего назначения; установление правил оформления технологических процессов для производства деталей различными методами; разработку систем нормативов основного производства, учета и анализа применяемости технологической оснастки, деталей, узлов и материалов.

Применение стандартов ЕСТД во всех отраслях промышленности обеспечивает стабильность комплектности технологических документов, позволяет механизировать и автоматизировать процессы обработки информации, шире использовать вычислительную технику и автоматизированную систему управления производством.

Вопросы подготовки производства к серийному выпуску изделий регламентирует *Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)* – это установленная государственными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства. ЕСТПП обеспечивает: единый для всех предприятий системный подход к выбору и применению методов и средств технологической подготовки производства; освоение производства изделий высокого качества в минимальные сроки и при минимальных затратах; организацию производства, допускающего возможность его совершенствования и переналадку на выпуск новых изделий; автоматизацию разработки технологических процессов; взаимосвязь ТПП с другими автоматизированными системами управления.

Для обеспечения оценки точности результатов измерений с гарантированной вероятностью создана *Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)* – совокупность нормативно-технических документов различного уровня, регламентирующих метрологические правила, требования и нормы. Стандарты ГСИ устанавливают: единицы физических величин, допускаемых к применению, методы и средства их воспроизведения; рациональную систему передачи единиц величин от эталонов к рабочим средствам измерения; определение номенклатуры и способов выражения метрологических характеристик средств измерений; методики проведения государственных испытаний и поверки средств измерений; единые правила выбора средств измерений, методик выполнения измерений и всех работ по обеспечению единства измерений.

Для регулирования процесса проверки систем качества у поставщика

Международной организации по стандартизации была утверждена серия международных стандартов *ИСО 9000*, которые в нашей стране были приняты для прямого пользования. В этих стандартах устанавливаются требования, на соответствие которым проверяются системы обеспечения качества продукции предприятий поставщиков. Положительные результаты проверки рассматриваются как определенная гарантия того, что поставщик способен обеспечить необходимое качество продукции.

В целях установления единых организационных форм и методов проведения работ по стандартизации на всех уровнях управления народным хозяйством страны была внедрена *Государственная система стандартизации (ГСС)* – комплекс взаимоувязанных правил и положений, определяющих все основные вопросы практической деятельности по стандартизации. Основополагающими нормативными документами, устанавливающими единую организационно-методическую основу проведения работ по стандартизации, является комплекс стандартов ГОСТ Р 1.0. ГОСТ Р 1.5. Стандарты ГСС способствуют обеспечению: безопасности продукции и услуг, охраны окружающей среды; качества продукции и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники; совместимости и взаимозаменяемости продукции; экономии всех видов ресурсов; международному сотрудничеству.

Для эффективного управления народным хозяйством необходимо своевременно получать, передавать и перерабатывать большое количество самой разнообразной информации, объем которой с каждым годом растет. Современная вычислительная техника и средства связи позволяют решать эту задачу, но они могут работать только с информацией в закодированном виде. Кодирование информации предполагает ее обязательную систематизацию и классификацию. Поэтому в настоящее время в нашей стране используется *Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК)*, которая представляет собой совокупность классификаторов технико-экономической и социальной информации, средств их ведения, нормативных и методических документов по их разработке, ведению и применению.

Объектом классификации и кодирования является информация, используемая в различных областях: статистике, финансовой и правоохранительной деятельности, бухгалтерском учете банковском деле, стандартизации, сертификации, производстве продукции и предоставлении услуг, таможенном деле, торговле и внешнеэкономической деятельности. Координацию работ по разработке, ведению и развитию ЕСКК осуществляют Госстандарт России и Госкомстат России.

К 1996 г. разработано и принято Госстандартом России 17 общероссийских классификаторов, в том числе:

общероссийский классификатор предприятий и организаций (ОКЛО);

общероссийский классификатор видов экономической деятельности, продукции и услуг (ОКДП);

общероссийский классификатор занятий (ОКЗ);

общероссийский классификатор продукции (ОКП) взамен общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции;

общероссийский классификатор услуг населению (ОКУН);

общероссийский классификатор стандартов (ОКС) вместо классификатора государственных стандартов (КГС) и общесоюзного классификатора стандартов и технических условий (ОКСТУ);

общероссийский классификатор единиц измерений (ОКЕИ).

ОКДП, ОКЗ, ОКС и ОКЕИ полностью соответствуют международным классификациям или стандартам.

ОКС – результат прямого применения Международного классификатора стандартов, принятого ИСО и рекомендованного при построении каталогов, указателей, тематических выборочных перечней и автоматизированных баз нормативных документов в целях создания благоприятных условий для межгосударственного обмена информацией. Классификатор ОК ООИ-93 введен с 1995 г. и представляет собой иерархическую трехступенчатую классификацию с цифровым кодом структуры, приведенной на рис. 2.1.

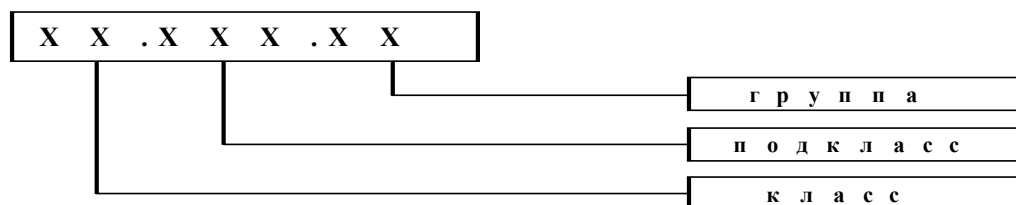


Рис. 2.1. Структура цифрового кода.

На первой ступени классифицируются предметные области стандартизации (классы). Класс идентифицируется двузначным цифровым кодом, код подкласса состоит из кода предметной области и трехзначного цифрового кода подкласса, разделенных точкой, код группы состоит из кода подкласса и двузначного цифрового кода группы, разделенных точкой. Например, предметная область «Метрология и измерения, физические явления» имеет код 17, подкласс «Линейные и угловые измерения» – 17.040, группа «Измерительные приборы для линейных и угловых измерений» – 17.040-30. «Общие положения. Терминология. Стандартизация. Документация» – выделены в класс 01.

Если подкласс, имеющий дальнейшее деление на группы, включает не более 20 стандартов, то их можно классифицировать в подклассе, а не в группах.

ОКС выгодно отличается от ранее действовавших классификаторов стандартов выделением таких актуальных разделов, как здравоохранение и охрана окружающей среды, защита человека от ее воздействия, информационные и другие технологии.

До введения ОК 001-93 в нашей стране действовали классификаторы КГС (Классификатор государственных стандартов) и ОКСТУ (Общесоюзный классификатор стандартов и технических условий). В КГС стандарты классифицировались по отраслям народного хозяйства (18 отраслей дополнялись разделом «Общетехнические и организационно-методические стандарты»). Разделы делились на классы (до 10), которые делились на группы (тоже до 10). Кодирование – буквенно-цифровое. Раздел обозначался буквой русского алфавита, классы, группы и подгруппы – цифрами. Например, раздел «Общетехнические и организационно-методические стандарты» обозначен буквой Т, класс «Государственная система обеспечения единства измерений» – Т8, группа «Измерения физических величин» - Т88, подгруппа «Приборы для измерения давления, объема, расхода» - Т88.1.

В ОКСТУ цифровой код состоял из 4-х цифр: первые две цифры - класс, третья цифра – подкласс и четвертая цифра – группа.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для чего нужны межотраслевые стандарты?
2. Что дало внедрение ЕСКД?
3. Что такое ЕСТД и какой эффект от ее внедрения?
4. Какую роль играет ЕСТПП?
5. Что устанавливают стандарты ГСИ?
6. С какой целью приняты в нашей стране международные стандарты ИСО серии 9000?
7. Что представляет собой ГСС и какие стандарты являются в этой системе основополагающими?
8. Что представляет собой ЕСКК?
9. Как кодируются стандарты по общероссийскому классификатору?

2.7. Стандартизация в области электротехники

В некоторых направлениях стандартизация развивается автономно. Так например, в области электротехники и электроники с 1904 г. международные рекомендации по стандартизации вырабатывает Международная электротехническая комиссия (МЭК). Россия вступила в МЭК в 1911 г. Участие в МЭК направлено на согласование требований стандартов МЭК с требованиями отечественной, нормативно-технической документации. Международные стандарты не являются обязательными, но они отражают интересы большинства стран и поэтому принимаются за основу при разработ-

ке национальных стандартов, обеспечивая тем самым конкурентоспособность товаров на мировом рынке.

Сегодня МЭК проводит работу по следующим направлениям: унификация терминологии; обозначения маркировки; стандартизация материалов, применяемых в электротехнике и радиоэлектронике; рекомендации по стандартизации электротехнического оборудования и электробытовых приборов, включая электрическую безопасность; рекомендации для электрических измерительных приборов и методов измерений; стандартизация элементов, узлов и аппаратуры, применяемой в радиосвязи, телевидении, дальней связи, в системах управления; стандартизация различного специального электрооборудования, в том числе медицинского.

В общероссийском классификаторе стандартов «Электротехника» имеет код класса 29, «Электроника» - 31 и «Электросвязь» – 33. Подкласс «Электротехнические материалы» имеет код 29.040, «Электротехническая арматура» – 29.120, «Вращающиеся машины» – 29.160 и т.д. В подклассе «Электротехнические материалы» выделены группы: магнитные, изоляционные и полупроводниковые материалы. В подкласс «Электротехническая арматура» входят следующие группы: кабелепроводы; соединительные устройства; вилки, розетки, соединители; переключатели; плавкие предохранители и другие защитные устройства при перегрузках; коммуникационная аппаратура и аппаратура управления; реле.

В КГС «Энергетическое и электротехническое оборудование» относится к разделу «Е», в котором выделены классы: Е0 – общие правила и нормы по электротехнике и теплотехнике; Е3 – электротехнические материалы и изоляторы; Е4 – электрические кабели, провода и шнуры; Е6 – электрические машины, трансформаторы и преобразователи; Е7 – электрические аппараты и арматура.

Основные понятия в области электромагнитных явлений, понятия, относящиеся к электрическому полю, электрическому току, к магнитному полю, электрические и магнитные свойства сред, электрические, электронные и магнитные цепи, топологические понятия теории электрических цепей, электромагнитные процессы в электрических и магнитных цепях и средах даны в ГОСТ 19880.

Для групп изделий, использующих электроэнергию, в ГОСТ 23366 установлен основной и вспомогательный ряд номинальных напряжений постоянного и переменного тока. В этом же стандарте устанавливается ряд номинальных напряжений переменного тока и ряд напряжений постоянного тока на выводах источников и преобразователей электроэнергии. Стандартные напряжения трехфазных четырехпроводных и однофазных трехпроводных сетей, включая однофазные ответвления, и оборудования переменного тока в диапазоне от 100 до 1000 В, установленные в ГОСТ 29322-92 (МЭК 38-83), приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Стандартные напряжения сетей и оборудования переменного тока

Номинальное напряжение, <i>V</i>	
Трехфазных сетей	Однофазных сетей
-	120\240
230\400	-
277\480	-
400\690	-
1000	-

Числитель в табл.2.1 соответствует напряжению между фазой и нулем, знаменатель - напряжению между фазами. Если указано одно напряжение, то оно междуфазное в трехпроводной цепи.

Номинальные значения напряжений уже существующих сетей 220\380 *V* и 240\415 *V* должны быть приведены к рекомендуемым значениям 230\400 *V*, а значения 380\660 *V* - к 400\690 *V* до 2003 года.

В нормальных условиях работы сетей в точке питания потребителя рекомендуется поддерживать напряжение с отклонением от номинального не более $\pm 10\%$.

Для оборудования и приемников электрической энергии, основным параметром которых является номинальный ток, в ГОСТ 6827 установлены значения номинальных токов в диапазоне от 0,0001 до 250000 *A* по рядам R5 и R10 для частот по ГОСТ 6697-83. ГОСТ 28596-90, (МЭК 196-65) устанавливает стандартные частоты на однофазные и трехфазные электрические сети и системы, судовые установки, станки и инструмент, оборудование для электрифицированного транспорта, текстильной промышленности и авиации.

Приборы, аппаратура и устройства, работающие от электрической сети, являются массовыми видами продукции, используемой повседневно. Безопасность при обращении с этими изделиями должна быть гарантирована. Требования к безопасности устанавливаются в стандартах или технических условиях. Общие технические требования и методы испытаний электрооборудования производственных машин (для металлообработки, литья и экструдирования пластмассы, обработки дерева, производства изделий из пластмассы, кожи, резины и бумаги, производства одежды, полиграфии, пищевой промышленности, транспортных механизмов и др.) установлены в ГОСТ 27487-87 (МЭК 204-1-81).

В стандартах на асинхронные двигатели устанавливаются требования к следующим параметрам: мощности в заданном габарите, КПД, относительным значениям начального пускового вращающего момента, минимальным и максимальным вращающим моментам, максимальным значе-

ниям кажущейся пусковой мощности (соотношение пусковой мощности и номинальной), уровню звуковой мощности, допустимым значениям интенсивности вибрации двигателей, точности геометрических размеров (радиальному биению конца вала, биению заточек и опорных торцов соединительных фланцев), классу изоляции, конструкции вводных устройств и зажимов заземления, комплектности и маркировке.

Общие технические требования к электротехническим изделиям сельскохозяйственного назначения, предназначенным для работы в трехфазных системах переменного тока частотой 50 Гц, установлены в ГОСТ 19348-82. Стандарт распространяется на следующие электротехнические изделия:

электрические машины;

электрические аппараты управления, аппараты защиты электроприемников от токов короткого замыкания и перегрузок, аппараты для защиты людей и животных от поражения электрическим током;

комплектные устройства распределения электроэнергии и управления электроприемниками;

электрокалориферные установки, электрообогреватели, электронагреватели, электропарогенераторы;

электрические лампы, световые и облучательные комплекты;

электроустановочные и электромонтажные изделия;

кабели и провода.

Показатели качества электроэнергии установлены в ГОСТ 13109, при этом отклонения напряжения от номинального должны быть: на зажимах электрических двигателей и аппаратов для их пуска и управления – от -7,5 до +10%; на зажимах остальных токоприемников – от -7,5 до +7,5%. Отдельно установлены общие технические требования на автотракторное электрооборудование в ГОСТ 3940-84. Стандарт распространяется на электрооборудование, предназначенное для установки на автомобильных транспортных средствах общего назначения, тракторах, самоходных сельскохозяйственных машинах, мотоциклах, мотороллерах, на автотракторных и мотоциклетных двигателях внутреннего сгорания. Изделия электрооборудования должны обеспечивать номинальные значения параметров при нормальных климатических условиях внешней среды: относительная влажность 45 ... 80%; температура окружающего воздуха $25 \pm 10^\circ\text{C}$; атмосферное давление 84,0...106,7 кПа (630...800 мм рт.ст.). Номинальное напряжение системы электрооборудования следует выбирать из ряда: 6, 12, 24 В - для потребителей тока; 7, 14, 28 В – для генераторов и генераторных установок (генераторы с регулятором напряжения). Потребители электроэнергии, используемые при работающем двигателе, должны быть работоспособны при изменении подводимого напряжения от 90 до 125% номинального напряжения системы.

Вопросы для самоконтроля:

1. По каким направлениям проводит работу МЭК?
2. Какие группы выделены в подклассе «Электрические материалы» общероссийского классификатора стандартов?
3. Ряды каких параметров для изделий, использующих электроэнергию, установлены в государственных стандартах?
4. Какие напряжения сетей переменного тока рекомендованы международными стандартами?
5. Какие показатели устанавливаются в стандартах на асинхронные двигатели?
6. Какие климатические условия приняты нормальными для автотракторного электрооборудования?
7. Какие отклонения напряжения от номинального допускаются на зажимах электродвигателей?
8. Какие значения ряда номинальных напряжений установлены в общих технических требованиях на автотракторное оборудование?

2.8. Техничко-экономическая эффективность стандартизации

Стандартизация связана с процессами проведения научных исследований, технологической подготовки производства, освоения производства продукции, серийного производства и эксплуатации (потребления). В основе методического подхода к определению экономической эффективности стандартизации лежит учет всевозможных последствий ее проведения. Комплексный подход к оценке эффективности стандартизации позволяет учитывать и анализировать в единстве и взаимосвязи все технические, экономические и организационные факторы, определяющие целесообразность работ по стандартизации на всех этапах жизненного цикла продукции.

Практика проведения расчетов экономической эффективности стандартизации [6,12] показывает целесообразность определения экономического эффекта на следующих этапах: предпроектном, проектном, технологическом (подготовка производства), производственном и эксплуатационном. Это позволяет своевременно оценивать результаты и поощрять коллективы и отдельных работников за проведенную работу.

Экономическая эффективность на *предпроектном этапе* определяется следующими факторами: глубиной предпроектной проработки патентов и литературы, применимостью типовых схем. Показателями на этом этапе являются: количество рекомендаций, отличающихся новизной по отношению к существующей базовой модели изделия и к требованиям стандартов; величины оптимальных значений показателей назначения и надежности; ожидаемые затраты в денежном выражении.

Основными показателями технико-экономической эффективности стандартизации на *проектном этапе* могут быть:

коэффициенты унификации и стандартизации;
 рост производительности труда конструкторов;
 количество ошибок в технической документации, выявленных в процессе контроля и производства;
 себестоимость проектно-конструкторских работ;
 степень реализации исходных данных, предусмотренных техническим заданием;
 снижение расхода сырья, материалов, топливно-энергетических ресурсов и горюче-смазочных материалов по сравнению с базовой моделью.

Основные факторы, определяющие экономическую эффективность на *технологическом этапе*:

степень совершенства технологических процессов, оборудования и оснастки, обеспечивающих необходимую производительность труда с заданным уровнем качества продукции;

разработка плановых графиков, предусматривающих взаимосогласованную, ритмичную работу всех подразделений предприятия;

типизация технологических процессов;

использование унифицированных и стандартных элементов конструкций в оснастке и оборудовании;

организация специализированного поточного производства.

Технико-экономическими показателями являются:

коэффициенты оснащенности, механизации, унификации, использования материала;

снижение трудоемкости по сравнению с базовой моделью;

себестоимость подготовки производства;

величина капитальных вложений и длительность производственного цикла.

Главными технико-экономическими показателями на *производственном этапе* являются: темпы роста производительности труда, снижение себестоимости продукции, повышение фондоотдачи, рост рентабельности, количество сертифицированной продукции, текучесть кадров.

Показателями, характеризующими технико-экономическую эффективность на *этапе эксплуатации (потребления)*, могут быть: коэффициент использования изделий по мощности, коэффициент загрузки, снижение эксплуатационных расходов, надежность изделия. Источники получения экономического эффекта при проведении работ по стандартизации многообразны, но с определенными допущениями их можно свести к следующим: экономия, достигаемая от улучшения качества выпускаемой продукции, в сфере эксплуатации; рост выручки за счет повышения конкурентоспособности продукции и увеличения объема продаж; экономия, достигаемая за счет отбора оптимальных технических решений из множества вариантов.

Годовой экономический эффект стандартизации представляет собой абсолютную величину суммарной экономии всех ресурсов (живого труда,

материалов, капитальных вложений), которую получает предприятие (отрасль) в результате проведения мероприятий по стандартизации. Рассчитывается годовой экономический эффект как разность приведенных затрат по базовому и стандартизируемому варианту:

$$\Theta = (S_1 + E_n \cdot K_1) \cdot N_1 - (S_2 + E_n \cdot K_2) \cdot N_2, \quad (2.1)$$

где S_1 и S_2 – себестоимость единицы продукции (работы) до и после стандартизации;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_n=0,15$);

K_1 и K_2 – показатели удельных капитальных затрат до и после проведения стандартизации;

N_1 и N_2 – годовой объем выпуска до и после проведения стандартизации.

Выбор базы сравнения представляет собой сложную задачу. Обычно применяют сопоставление с прототипами, в которых не использованы в полной мере все возможные стандартные или типовые решения. Если это на практике осуществить невозможно, то целесообразно использовать экономико-математические методы прогнозирования эффективности стандартизируемых изделий. В каждом отдельном случае выбор баз необходимо выполнять индивидуально.

В сфере опытно-конструкторских работ экономия от стандартизации достигается за счет того, что отпадает необходимость в проектировании ряда унифицированных изделий, узлов и деталей. Основными источниками получения экономического эффекта на стадии проектирования в результате стандартизации являются:

уменьшение объема, сроков и стоимости выполнения проектно-конструкторских работ за счет использования ранее выпущенных конструкторских документов, а также унифицированных технических и организационных решений;

снижение трудоемкости работ за счет применения классификаторов и систем унифицированной документации;

сокращение расхода вспомогательных материалов, объема копировальных работ, уменьшение технических архивов за счет сокращения объема чертежей и другой технической документации;

сокращение времени на согласование и утверждение вновь выпускаемой технической документации;

унификация методов расчетов и методов испытаний опытных образцов продукции.

Годовая экономия в сфере ОКР может быть определена по формуле

$$\Theta_p = (S_{p1} - S_{p2}) + E_n \cdot (K_{p1} - K_{p2}), \quad (2.2)$$

где S_{p1} и S_{p2} – годовые текущие затраты конструкторской организации до и

после стандартизации;

K_{p1} , и K_{p2} – удельная стоимость производственных фондов этой организации до и после стандартизации.

Экономический эффект стандартизации *на этапе технологической подготовки производства* (ТПП) может быть получен:

типизацией и стандартизацией технологических процессов;
 стандартизацией технологической документации;
 стандартизацией средств технологического оснащения (оснастки и оборудования);

использованием типовых средств и методов контроля и испытаний продукции на предприятии и органами сертификации;

совершенствованием организации ТПП;

автоматизацией работ по ТПП.

Каждый источник эффекта может быть охарактеризован показателями. Так, годовой экономический эффект от унификации и стандартизации приспособления можно оценить по зависимости:

$$\mathcal{E}_{yc} = \left(\frac{C_{n1}}{T_{n1}} - \frac{C_{n2}}{T_{n2}} \right) \cdot N, \quad (2.3)$$

где C_{n1} и C_{n2} – средняя цена приспособления до и после стандартизации;

T_{n1} и T_{n2} – стойкость приспособлений до и после стандартизации в единицах выпускаемой продукции.

Годовой экономический эффект от повышения коэффициента использования материала:

$$\mathcal{E}_{им} = M \cdot (\zeta_m - \zeta_o) \cdot \left(\frac{1}{K_{и1}} - \frac{1}{K_{и2}} \right) \cdot N, \quad (2.4)$$

где M – масса изделия;

$K_{и1}$ и $K_{и2}$ – коэффициенты использования материала до и после стандартизации;

ζ_m и ζ_o – цена материала и цена отходов.

Экономический эффект от применения правил типизации технологических процессов определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_T = \left[\sum_{F=1}^F \sum_{L=1}^L N_{fi1} (z_{f1} - z_{f2}) - \sum_{F=1}^F \sum_{L=1}^L E_n N_{fi2} K_{ТПf} \right] + \sum_{j=1}^J \sum_{F=1}^F \left[\sum_{L=1}^L r_f (z_{ijf1} - z_{ijf2}) - E_n \cdot K_T \right],$$

где z_{f1} и z_{f2} , – стоимость разработки единичного ТП и средняя стоимость работ с применением типовых ТП;

$K_{ТПf}$ - единовременные затраты, приходящиеся на один ТП;

r_f - средняя ожидаемая величина числа реализации ТП в году с учетом конструкторских изменений, z_{ijf1} и z_{ijf2} – технологическая себестоимость изготовления данной детали на данной операции в течение года до и после стандартизации;

K_T - единовременные затраты на внедрение ТП;
 f - количество групп сложности деталей и сборных единиц ($f= 1, 2, \dots, F$);
 L - количество групп деталей с учетом серийности производства ($L= 1, 2, \dots, L$);
 J - количество операций в ТП ($J=1, 2, \dots, J$).

В сфере производства наибольшее влияние стандартизация оказывает на снижение себестоимости изготавливаемых изделий. Все текущие расходы в производстве можно разделить на переменные S_m (стоимость материалов, заработная плата основных рабочих и др.) и условно-постоянные $S_{уп}$ – амортизационные отчисления, повременная оплата и др. Себестоимость изделия можно определить по формуле:

$$S = S_m + \frac{S_{уп}}{N} \quad (2.5)$$

С повышением уровня специализации в результате стандартизации увеличивается выпуск изделий N и соответственно сокращается доля условно постоянных расходов, приходящихся на единицу продукции. Кроме того, мероприятия по стандартизации вызывают повышение производительности труда, сокращение основных и оборотных фондов, повышение фондоотдачи. *В сфере эксплуатации* экономический эффект от стандартизации достигается в результате повышения надежности и улучшения других показателей качества, сокращения затрат на ремонт изделий, уменьшения номенклатуры запасных частей и комплектующих изделий.

В законе РФ «О стандартизации» указаны виды работ по стандартизации, подлежащие обязательному государственному финансированию, и стимулирование субъектов хозяйственной деятельности, производящих продукцию (оказывающих услуги), маркированную знаком соответствия государственным стандартам, в том числе стандартам с требованиями на перспективу.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как определить целесообразность проведения стандартизации?
2. По каким показателям можно определить эффективность стандартизации на проектном этапе?
3. Как определяется годовой экономический эффект от стандартизации в комплексе?
4. За счет чего достигается экономия от стандартизации в сфере опытно-конструкторских работ?
5. Какие источники получения экономического эффекта могут быть от стандартизации на этапе технологической подготовки производства?
6. Какие факторы следует учитывать при подсчете экономической эффективности от стандартизации в сфере производства?
7. За счет чего достигается экономия от стандартизации в сфере эксплуатации?

3. КВАЛИМЕТРИЯ

3.1. Основные понятия. Классификация продукции и показателей ее качества

Квалиметрия – раздел метрологии, изучающий вопросы измерения качества. Качество – это обобщенное понятие, которое может относиться к продукции, услугам, процессам, труду и любой другой деятельности. Наиболее часто в повседневной жизни употребляется словосочетание «качество продукции». Менее привычное, но в последнее время широко распространяющееся понятие «качество услуг». Поэтому остановимся на рассмотрении вопросов измерения качества продукции и услуг. *Под продукцией понимают материализованный результат трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами и предназначенный для удовлетворения определенных потребностей.* Чтобы судить о качестве продукции, ее нужно оценить путем измерений показателей качества и сравнения с другой аналогичной продукцией. Для удобства оценки качества продукцию классифицируют по сферам изготовления и реализации (рис.3.1) или по способам и формам использования ее по назначению.

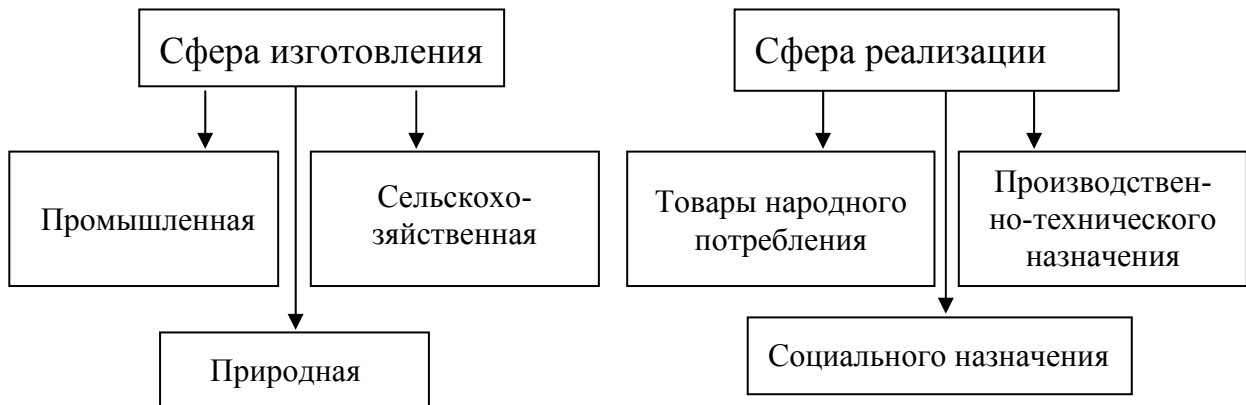


Рис. 3.1. Схема классификации продукции по сферам

Промышленная продукция создается на промышленных предприятиях, *сельскохозяйственная* – в результате деятельности в сельском хозяйстве, *природная* – создается природой (полезные ископаемые, грибы, дикорастущие плоды и ягоды, лекарственные травы, птицы и т.п.). Природную продукцию получают в добывающих отраслях.

К *товарам народного потребления* относят продукцию, предназначенную для удовлетворения личных потребностей людей. *Продукцией производственно-технического назначения* являются средства производства и предметы труда, предназначенные для производства другой продукции. Продукцию, предназначенную для удовлетворения потребностей на-

селения в сфере услуг, оказываемых на транспорте, в связи, в областях здравоохранения, культуры и образования относят к *продукции социального назначения*.

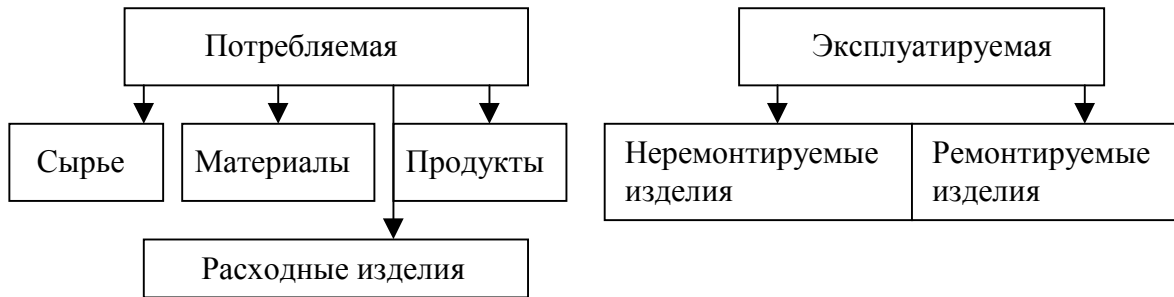


Рис. 3.2. Схема классификации продукции по способу ее использования

По способу использования продукция разделяется на потребляемую и эксплуатируемую. *Потребление* – расход самой продукции в процессе ее использования, т.е. необратимый процесс переработки сырья, или материалов, сжигания топлива, усвоения живыми организмами и т.п. *Эксплуатация* - расход не самой продукции, а ее ресурса. При такой классификации речь идет о расходовании продукции или ресурса в режиме целевого использования, так как в других режимах (хранение, транспортирование и ремонт) может быть расход продукции или ресурса независимо от их принадлежности к любому из этих видов.

Сырье - это продукция, уже претерпевшая определенные изменения под воздействием труда, но подлежащая дальнейшей обработке (искусственное), или продукты природы, добытые трудом и предназначенные для дальнейшей переработки (природное). К искусственному сырью относят синтетические вещества: смолы, каучук, моющие средства, заменители кожи и др.

Природное сырье разделяют на минеральное и естественное. К *минеральному сырью* относят: топливно-энергетическое (нефть, природный газ, уголь, уран и др.); металлургическое (руды черных и цветных металлов); горно-химическое (барит, сера, плавиковый шпаят и разнообразные руды); техническое (алмазы, графит, слюда); сырье для производства строительных материалов и т.п. К *естественному сырью* относят дикорастущие и лекарственные травы, сельскохозяйственное сырье, продукцию пчеловодства, животноводства, охоты, лесной промышленности и т.п.

К *материалам* относится продукция, предназначенная для использования только в качестве предметов труда при изготовлении изделий и их составных частей (заготовки, прокат, проволока, пряжа, ткани, нетканые материалы, стекло, блоки для строительства, электро- и радиотехнические материалы и др.).

К *продуктам* следует отнести продукцию, предназначенную для по-

требления либо используемую для обеспечения потребления (эксплуатации) другой продукции, а также применяемую в процессах производства другой продукции, например, смазочные масла, искусственное топливо, цемент, известь, гипс, бетон, удобрения, ядохимикаты, щелочи, соли, лаки, краски, кино- и фотоматериалы, медицинские препараты, пищевые продукты и т.п.

Под *изделием* понимают единицу промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах. Образцы продукции, количество которых измеряется в единицах длины, объема, поверхности или массы, к изделиям обычно не относятся. Однако, если такие образцы выпускаются в стандартной упаковке, повреждение которой может затруднить их использование, снизить эффективность или исключить возможность использования, то они называются *расходными изделиями*. К ним можно отнести: таблетки, куски мыла, пачки моющих средств, бутылки напитков, парфюмерно-косметические товары в промышленной упаковке, банки консервов, катушки нитей и проводов и т.п.

Неремонтируемые изделия – это изделия, не подлежащие ремонту, например, резисторы, конденсаторы, подшипники, реле, крепежные детали, колеса, электровакуумные и полупроводниковые комплектующие элементы и т.п. *Ремонтируемые изделия* подлежат ремонту. К ним относятся: автоматизированные комплексы, транспортные и сельскохозяйственные машины, электротехническое оборудование, средства измерений, средства связи, кино- и фотоаппаратура, медицинские и бытовые приборы, швейные и трикотажные изделия и т.п.

Объективная особенность продукции, которая может проявляться при ее создании, реализации и потреблении (эксплуатации), называется *свойством продукции*. Продукция имеет множество различных свойств, которые могут проявляться при ее разработке, создании, хранении, транспортировании и потреблении (эксплуатации). Свойство определенного вида, принятое для данных условий его проявления неделимым, называют *простым свойством*. К таким свойствам можно отнести массу, емкость, скорость, усилие и др.

Совокупность простых свойств продукции, связанных определенными отношениями и рассматриваемых применительно к данным условиям их проявления как одно комплексное свойство, называют *сложным свойством*. Примером сложного свойства может быть производительность грузового автомобиля, которая зависит от таких простых свойств, как грузоподъемность и эксплуатационная скорость, или надежность изделий, которая определяется свойствами безотказности, долговечности и ремонтпригодности.

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. В международном стандарте ISO 8402-86 дано

более широкое определение: *«Качество продукции - совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые, придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности»*. Любое свойство может быть выражено в большей или меньшей степени, т.е. имеет количественную характеристику. Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и потребления (эксплуатации), называется *показателем качества*.

При определении состава свойств и показателей качества продукции как объекта оценки необходимо учитывать технические, экономические и социальные аспекты ее проявления. Важное значение имеет степень удовлетворения продукцией определенных потребностей. По этим признакам всю совокупность свойств можно разделить на три множества:

- 1) свойства, определяющие полезный эффект при потреблении или эксплуатации продукции;
- 2) свойства, определяющие затраты на создание и потребление (эксплуатацию) продукции;
- 3) свойства, определяющие воздействие продукции на человека и окружающую среду.

К первому множеству относятся свойства, обеспечивающие способность продукции выполнять заданные функции в соответствии с ее назначением, надежность, эргономичность и эстетичность.

Ко второму множеству свойств, обусловленных конструктивно-технологическими особенностями продукции, относятся свойства, отражающие технологичность продукции при изготовлении, контроле, техническом обслуживании, хранении и ремонте. Третье множество свойств характеризует безопасность и экологичность продукции.

Все свойства формируются при разработке продукции, обеспечиваются при ее производстве и реализуются при потреблении или эксплуатации. Для их оценки используют соответствующие показатели качества, которые тоже классифицируют в зависимости от состава и особенности решаемых задач. Для задач обеспечения и оценки качества продукции универсальными признаками классификации являются: число характеризующих свойств, форма представления характеризующих свойств, роль показателей при оценке качества [1].

По числу характеризующих свойств различают единичные, комплексные и интегральные показатели. *Единичный* показатель характеризует одно простое свойство, которое может быть выделено и оценено независимо от других свойств, например, емкость ковша экскаватора, скорость транспортного средства, КПД и т.п.

Комплексный показатель характеризует совокупность взаимосвязанных свойств (сложных свойств), к которым можно отнести: материалоемкость изделия, коэффициент готовности машины, коэффициент техниче-

ского использования оборудования, полезный эффект от использования изделия по назначению т.п. *Интегральный* показатель характеризует качество продукции в целом с точки зрения ее общей эффективности. Он выражается отношением суммарного полезного эффекта от использования продукции по назначению к суммарным затратам на ее создание и применение с учетом принятых ограничений по воздействию на человека и окружающую среду.

В зависимости от формы представления характеризующих свойств различают абсолютные, относительные и удельные показатели. *Абсолютный* показатель непосредственно характеризует свойства продукции. Как и физические величины, всегда имеющие размерность, абсолютные значения показателей тоже выражаются в соответствующих размерностях (мощность электродвигателя – в кВт, масса изделия – в кг, ЭДС – в В и т.п.). *Относительный* показатель характеризует свойство продукции в форме отношения величин одной и той же размерности. Он выражает долю этих свойств в общей совокупности однородных свойств того же наименования и является безразмерным (например, доля трудоемкости сборочных работ в общей трудоемкости изготовления изделия, относительный расход энергии, продуктов на вспомогательные нужды при функционировании технологического оборудования и т.п.). *Удельный* показатель характеризует взаимозависимость и взаимосвязь двух разнородных свойств посредством отношения размерных величин (например, удельная масса электродвигателя – кг/кВт, удельный расход топлива двигателя внутреннего сгорания – л/кВт-ч и т.п.).

В зависимости от роли, выполняемой при оценке качества продукции, различают показатели классификационные и оценочные. *Классификационные показатели* характеризуют принадлежность продукции к определенной группировке в выбранной системе классификации. Они определяют назначение, типоразмер, область применения и условия использования продукции. Такие показатели используются обычно на исходных этапах оценки качества для формирования групп аналогов оцениваемой продукции, так как оценка качества или технического уровня продукции имеет смысл только применительно к однотипной продукции. К классификационным показателям относятся:

1) показатели, служащие для установления параметрического ряда (например, емкость ковша экскаватора, напряжение конденсатора, содержание углерода в стали, чистота химического продукта и т.п.);

2) показатели исполнения продукции, определяющие область и условия ее применения (исполнение для условий Крайнего Севера, среднеевропейских районов, тропиков, для использования под водой и т.п.);

3) показатели наличия дополнительных устройств, определяющих функциональные возможности продукции (часы с календарем, продукт очищенный, обои водостойкие и т.п.);

4) показатели, определяющие группу потребителей продукции (фотоаппарат любительский или для астрономических съемок, легковой автомобиль среднего класса, спортивный, представительский и т.п.);

5) показатели для продукции, область применения которой зависит от ее состава и структуры. Они характеризуют содержание в продукции химических элементов или иных структурных образований и групп (например, для нефти – процентное содержание углеводов жирного и ароматического ряда, для сплавов – процентное содержание компонентов и добавок, для пищевых продуктов – процентное содержание жира, сахара и др.).

Оценочные показатели количественно характеризуют свойства продукции как объекта производства и потребления или эксплуатации. Они используются для нормирования требований к качеству, оценки технического уровня и качества продукции при ее контроле, испытаниях и сертификации. По однородности характеризуемых свойств оценочные показатели группируют в три вида: функциональные, ресурсосберегающие и природоохранные.

Функциональные показатели характеризуют свойства, определяющие функциональную пригодность продукции удовлетворять заданные потребности. Они объединяют следующие группы: функциональной пригодности, надежности, эргономичности, эстетичности.

Примеры показателей *функциональной пригодности*: водопроницаемость – для плащевой ткани; погрешность измерения – для измерительных приборов; прочность, жесткость, пластичность – для конструкционных материалов; грузоподъемность – для транспортных средств; мощность, КПД – для двигателя; производительность и точность обработки – для металлообрабатывающего станка; калорийность – для пищевых продуктов и т.п.

Показатели *надежности* характеризуют способность продукции сохранять в установленных пределах значения заданных показателей качества во времени при соблюдении заданных режимов и условий применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Они дополняют характеристику продукции, устанавливаемую показателями функционального назначения, так как характеризуют продолжительность и полноту проявления эффекта от использования продукции. Единичными показателями этой группы являются показатели безотказности, ремонтнопригодности, долговечности, сохраняемости.

Показатели *эргономичности* характеризуют приспособленность продукции в системе «человек – продукция – среда использования». Под средой использования понимают пространство, в котором человек использует продукцию (салон автобуса, помещение цеха, кабина трактора и т.п.). В эту группу входят гигиенические, антропометрические, физиологические и психологические показатели. Единичными показателями могут быть: уровень шума, освещенности; усилие на рукоятке механизма; соответствие

звуковых характеристик динамиков слуховым возможностям человека; соответствие направления поворота регулятора увеличению (по часовой стрелке) или уменьшению громкости (расхода).

Показатели *эстетичности* предназначены для количественной и качественной оценки эстетической ценности, степени соответствия продукции запросам тех или иных групп потребителей. В основу группирования этих показателей положен принцип соответствия формы содержанию, по которому выделяют подгруппы: художественной выразительности, рациональности формы, целостности композиции, совершенства производственного исполнения, сохранности товарного вида. Такие показатели обычно оценивают в баллах.

Ресурсосберегающие показатели характеризуют уровень затрачиваемых ресурсов при создании и применении продукции. Их разделяют на две группы: технологичности и ресурсопотребления. Показатели технологичности характеризуют особенности состава и структуры продукции, влияющие на уровень затрат сырья, материалов, топлива, энергии, труда и времени для производства (добычи) и потребления (эксплуатации) продукции. В сфере производства они выражают технологическую рациональность и преемственность продукции по конструктивным и технологическим признакам. К ним относятся единичные показатели взаимозаменяемости, сборности конструкции, повторяемости материалов и др. Могут быть использованы комплексные показатели ресурсоемкости. При этом желательно конкретизировать вид затрат (металла, пластмассы, труда, топлива, энергии и т.п.) и принимать соответствующие показатели (материалоемкости, трудоемкости, энергоемкости и т.п.).

В сфере применения продукции показатели технологичности характеризуют затраты труда, материалов, топлива, энергии, времени на ее подготовку к использованию по назначению, техническое обслуживание и ремонт, хранение, транспортирование и утилизацию. Их формируют по определенному виду затрат (энергоемкость при хранении или утилизации, трудоемкость технического обслуживания или ремонта и т.п.).

Показатели *ресурсопотребления* характеризуют затраты материалов, труда, времени, топлива и энергии при использовании продукции по назначению в натуральном или удельном выражении (расход топлива, масел, число операторов, время их работы). Комплексные показатели выражают суммарные затраты всех видов ресурсов на соответствующие виды работ. В этом случае удобно все затраты приводить к стоимостному выражению на единицу продукции.

Природоохранные показатели характеризуют свойства, связанные с воздействием продукции на человека и окружающую среду. Они разделены на две группы: безопасности и экологичности.

Показатели *безопасности* характеризуют особенности продукции, обеспечивающие безопасность человека во всех режимах ее потребления

(эксплуатации), транспортирования, хранения и утилизации. Их группируют по однородности свойств (травмоопасности, пожаро- и взрывоопасности, опасности поражения электрическим током, опасности излучений и т.п.). Обычно используют единичные показатели: ударная вязкость материала; виброустойчивость изделий; предельный уровень ионизирующего излучения установки и т.д.

Показатели *экологичности* характеризуют свойства, определяющие вредные воздействия продукции на окружающую среду при ее изготовлении, монтаже, эксплуатации, хранении и утилизации. Они определяют:

- уровень вредных химических выделений в окружающую среду;
- удельную концентрацию вредных веществ, отработавших и отходящих газов, выбрасываемых в окружающую среду;
- уровень акустических и виброакустических воздействий;
- уровень разрушающих механических воздействий на почву;
- уровень электромагнитных, радиационных и других излучений;
- способность к образованию вредных продуктов распада (превращения) при хранении, утилизации или использовании продукции;
- способность вредных веществ аккумулироваться в почве, воде, объектах флоры и фауны, в организме человека, а также способность их передачи по трофической цепи;
- возможность переноса вредных веществ в воде и воздухе на значительные расстояния.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое продукция?
2. Как классифицируют продукцию для удобства оценки качества?
3. Какое различие имеется между продуктами и материалами?
4. Что означают выражения «качество продукции», «показатель качества»?
5. По каким признакам классифицируют показатели качества продукции?
6. Для чего применяют классификационные показатели?
7. Какие группы объединяют функциональные, показатели?
8. Какие группы показателей качества продукции относят к ресурсосберегающим?
9. Какие свойства продукции могут характеризовать показатели безопасности и экологичности?

3.2. Формирование качества продукции. Система качества

Качество продукции формируется на стадии разработки, обеспечивается в производстве и поддерживается в эксплуатации.

Эти стадии жизненного цикла изделия можно представить в виде

блок-схемы (рис.3.3). Каждая из стадий, особенно стадия разработки конструкторской документации, выполняется в несколько этапов.



Рис.3.3. Стадии жизненного цикла изделий

Исходным документом для разработки продукции и технической документации на нее является *техническое задание*. Порядок его составления и требования, предъявляемые к нему, регламентированы ГОСТ 15.001-88. *Техническое задание (ТЗ)* состоит из разделов: наименование и область применения; основание для разработки; цель и назначение разработки; источники разработки; технические требования; экономические показатели; этапы разработки; программа и методика испытаний; порядок контроля и приемки; приложения.

ТЗ разрабатывает организация-разработчик на основе требований заказчика, изложенных в заявке, и на основе маркетинговых исследований. В него включают прогнозируемые показатели технического уровня и качества изделий с учетом потребности передовых достижений науки и техники, научно-исследовательских и экспериментальных работ, достигнутого уровня стандартизации и унификации базовой модели или конструктивно и технологически подобной продукции, анализа патентной документации, изобретений.

Заказчик несет ответственность за требования, предъявляемые к заказываемому объекту, согласовывает представленное техническое задание, участвует в приемке опытного образца или опытной партий изделий.

На основе анализа различных вариантов возможных решений и выбора наилучшего организация-разработчик составляет *техническое предложение*, в котором дается техническое и технико-экономическое обоснование, сравнительная оценка разрабатываемого и существующего изделий. Согласованное с заказчиком и утвержденное техническое предложение позволяет разработать *эскизный и технический проекты, рабочую конструкторскую документацию* с учетом рационального использования унифицированных и стандартных комплектующих изделий, сырья, материалов, по-

луфабрикатов; топлива и энергии.

Изготовитель анализирует и согласовывает ТЗ, принимает участие в рассмотрении разрабатываемой документации, обеспечивает технологическую подготовку производства, своевременное освоение производства продукции в планируемых объемах, гарантирует качество изготовления изделий на уровне показателей, установленных в нормативно-технических документах, получает, анализирует и использует данные по эксплуатации для совершенствования изделий, технологии, организации производства и повышения качества, подготавливает документацию и технические средства для аттестации и сертификации продукции.

Заказчик (потребитель) обеспечивает применение (эксплуатацию) продукции с наиболее полным использованием ее технических возможностей, хранение и техническое обслуживание изделий в соответствии с действующей нормативно-технической документацией, принимает участие в оценке технического уровня и качества изделий, организует учет фактических технико-экономических показателей используемых изделий.

Большинство производственных, посреднических или торговых предприятий и организаций выпускает продукцию или оказывает услуги для удовлетворения требований потребителя. Эти требования обычно включают в технические условия или в соглашения. Однако технические условия или требования контракта сами по себе не являются гарантией полного удовлетворения требований потребителя, так как они могут быть несовершенны или организационная система проектирования и производства недостаточно эффективна. Вероятность того, что созданная продукция или оказанная услуга будут отвечать этим требованиям повышается, если на предприятии действует эффективная система обеспечения качества продукции или услуг. Это привело к практике внесения в контракты требований к системам качества, дополняющих требования к продукции и услугам. *Система качества (по определению ИСО 8402) - совокупность организационной структуры, ответственности, процедур, процессов и ресурсов, обеспечивающих осуществление общего руководства качеством.*

Для регулирования процесса проверки систем качества у поставщика Международной организацией по стандартизации (ИСО) в 1987г. была утверждена серия международных стандартов ИСО 9000, концентрирующая опыт, накопленный в разных странах:

ИСО 9000. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Руководящие указания по выбору и применению;

ИСО 9001. Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и(или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании;

ИСО 9002. Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже;

ИСО 9003. Система качества. Модель для обеспечения качества при

окончательном контроле и испытаниях;

ИСО 9004. Общее руководство качеством и элементы системы качества. Руководящие указания.

Во многих странах (Австрия, Великобритания, Германия, Франция, Швеция и др.) эти стандарты применяются при заключении контрактов между предприятиями в качестве модели для оценки системы обеспечения качества продукции у поставщика. Благодаря прогрессивному характеру стандартов ИСО серии 9000 и их регулирующей роли при выходе на международный рынок эти стандарты в странах СНГ были приняты для прямого использования в виде:

ГОСТ 40.9001-88. Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и(или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании;

ГОСТ 40.9002-88. Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже;

ГОСТ 40-9003-88. Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях.

Они служат моделями системы обеспечения качества продукции, на соответствие которым проверяется действующая система.

Процедура обязательной проверки системы качества может быть частью более общей процедуры (сертификации или аттестации продукции). Проверка системы качества предприятия-поставщика на соответствие этим стандартам может проводиться по соглашению поставщика с потребителем и может служить одним из условий договора. Если системы качества на предприятии не внедрены, то ГОСТ 40.9081 -88, ГОСТ 40.9002-88 и ГОСТ 40-9003-88 могут быть использованы в качестве методических материалов при их разработке, внедрении и совершенствовании. Необходимая модель выбирается в зависимости от требований к продукции на соответствующих стадиях жизненного цикла. Кроме того, нужно учитывать следующие факторы: сложность процесса проектирования, производственного процесса, характеристики продукции (или услуги), безопасность и экономическую целесообразность. Чем сложнее процесс проектирования, тем больше необходимость применения первой модели. Если информации, полученной из опыта эксплуатации, достаточно, то первую модель можно не применять. Ее можно не применять также при разработке новой продукции с высоким уровнем унификации относительно базовой модели, проект которой хорошо отработан.

Сложность производства определяется количеством и разнообразием требуемых процессов, наличием проверенных процессов, необходимостью разработки новых и влиянием технологических процессов на эксплуатационные показатели продукции. Если большая часть процессов разрабатывается вновь или не проверена, то следует принимать вторую модель (ГОСТ 40.9002-88).

Чем больше и значительней риск появления отказа продукции при эксплуатации, тем сложнее следует принять модель системы.

При проверке системы качества предприятие должно представить доказательства о наличии системы качества, соответствующей одной из трех моделей. Проверке подлежат:

- 1) соответствие показателей качества продукции установленным требованиям;
- 2) состояние производства и его способность выпускать продукцию, соответствующую установленным требованиям;
- 3) наличие на предприятии документально оформленных требований к элементам системы качества и соответствие их одной из трех моделей;
- 4) соблюдение требований документов системы и способность системы обеспечивать соответствие продукции установленным требованиям.

На одном предприятии, выпускающем различные виды продукции, система качества может включать подсистемы качества по каждому виду.

В методологии комплексной системы управления качеством продукции (КСУКП), применяющейся в нашей стране до перехода к рыночным отношениям, рассматривались стадии жизненного цикла продукции.

В ИСО 9004 рассматривается «петля качества» - схематическая модель взаимозависимых видов деятельности, влияющих на качество продукции или услуги на различных стадиях от определения потребности до оценки их удовлетворения. На рис.3.4 показаны этапы петли качества.



Рис. 3.4 Петля качества

Система качества создается и внедряется на предприятии как средство, обеспечивающее проведение определенной политики в области качества. *Политика в области качества* – основные направления, цели и задачи

деятельности предприятия в области качества, специально сформулированные высшим руководством. Основными направлениями формирования политики могут быть:

- улучшение экономического положения предприятия за счет повышения качества;

- расширение и завоевание новых рынков сбыта за счет повышения качества продукции;

- удовлетворение требований потребителя определенных отраслей или определенных регионов;

- освоение изделий, функциональные возможности которых реализуются на новых принципах;

- улучшение важнейших показателей качества продукции;

- снижение уровня дефектности продукции;

- увеличение сроков гарантии на продукцию;

- развитие сервиса.

Политика в области качества может быть изложена в специальном документе либо в «Общем руководстве по качеству» и реализуется в конкретные плановые периоды деятельности предприятия через задания по качеству, устанавливаемые в целевых программах на конкретную продукцию.

По характеру воздействия на этапы петли качества в системе могут быть выделены три направления: обеспечение качества, управление качеством и улучшение качества. *Обеспечение качества* – совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий на каждом этапе петли качества, выполнение которых обеспечит удовлетворение требований к продукции. К таким мероприятиям относятся те работы и процедуры, которые выполняются на предприятии постоянно или периодически (изучение рынка, обучение персонала и т.п.). Особое место занимают мероприятия, связанные с предупреждением, различных отклонений. Система качества должна функционировать так, чтобы проблемы предупреждались, а не выявлялись после возникновения;

Управление качеством представляет собой деятельность оперативного характера: управление процессами, выявление несоответствия в продукции, производстве или системе качества и устранение причин, вызывающих эти несоответствия. В методологии систем качества, применяемой в нашей стране, эта деятельность известна как замкнутый управленческий цикл: учет, анализ, принятие и реализация решения. При проектировании систем управление качеством следует предусматривать как необходимый принцип по отношению ко всем элементам системы на всех этапах петли качества.

Улучшение качества – постоянная деятельность, направленная на повышение технического уровня и качества продукции, совершенствование элементов производства и системы качества. В комплексе стандартов

ИСО идеология улучшения качества не представлена. Она вытекает из тенденции повышения конкурентоспособности продукции. Целью такой деятельности является улучшение параметров продукции, либо повышение стабильности качества изготовления, либо снижение издержек. Характерной организационной формой работ по улучшению качества являются группы (кружки) качества, временные творческие коллективы и др.

В зависимости от проводимой политики в области качества к каждому этапу петли качества предъявляются соответствующие требования.

В области *маркетинга* ставятся задачи:

- 1) определять потребность в продукции или услуге;
- 2) давать точное определение рыночного спроса и области реализации для оценки сортности, нужного количества, стоимости и сроков изготовления продукции или оказания услуг;
- 3) давать четкое определение требований потребителя на основе постоянного анализа хозяйственных договоров, контрактов или потребностей рынка, т.е. нужен учет любых нужд или тенденций потребителей;
- 4) четко информировать подразделения предприятия обо всех требованиях потребителя.

Функция маркетинга должна обеспечивать предприятие подробным отчетом или руководящими указаниями по требованиям, предъявляемым к продукции, например, кратким описанием, которое содержит требования и пожелания потребителя в виде предварительного перечня технических условий. Наряду с характеристиками самой продукции, в краткое описание продукции могут быть включены следующие требования: схема установки и монтажа, приемлемые стандарты и законодательные регламенты, упаковка, обеспечение и (или) проверка качества.

Функция маркетинга должна устанавливать на постоянной основе систему обратной связи и контроля получаемой информации. Вся информация, относящаяся к качеству продукции или услуги, должна анализироваться, сравниваться, интерпретироваться и доводиться до сведения в соответствии с установленными процедурами. Обратная связь с потребителем является средством получения данных, необходимых как для внесения возможных изменений в проект, так и для соответствующих действий руководства.

Система качества должна предусматривать обеспечение функции маркетинга всеми необходимыми ресурсами и условиями; проведение мероприятий, предотвращающих ошибки в маркетинге; управление всеми условиями и факторами в маркетинге; постоянное улучшение работ по маркетингу.

При *проектировании и разработке технических требований к продукции* система качества должна обеспечить создание проекта, соответствующего мировому уровню и требованиям потребителя. Исходная информация - краткое описание продукции по результатам маркетинговых ис-

следований. Система качества на этом этапе должна предусматривать: планирование работ по проектированию; комплекс мероприятий, направленных на предотвращение ошибок при проектировании, испытаниях и измерении параметров продукции; проверку соответствия проекта исходным требованиям; периодический анализ всех компонентов проекта; анализ готовности потребителя к использованию продукции; контроль над изменениями проекта.

В сфере *материально-технического снабжения* система качества должна включать следующие элементы: четкое установление требований к покупным материалам, полуфабрикатам, комплектующим узлам и деталям; процедуры, методы и формы работы с поставщиками; входной контроль; процедуры согласования с поставщиками планов входного контроля; процедуры и положения решения спорных вопросов; регистрация данных о качестве покупной продукции и оценка поставщика.

Подготовка производства должна давать уверенность в том, что технологический процесс и состояние всех элементов производства (оборудования, материалов и комплектующих, технологической оснастки и инструментов, персонала, технической документации, производственной среды) обеспечат изготовление продукции в соответствии с требованиями технической документации. На этом этапе необходимо предусмотреть постоянно действующие или периодические мероприятия по предотвращению дефектов в продукции.

В *процессе производства* система качества должна обеспечивать управляемость всех элементов производства. Особое внимание следует уделять производственным процессам, формирующим параметры продукции, измерение которых связано с трудностями или большими экономическими затратами. Производственные операции должны быть достаточно подробно определены в документированных рабочих инструкциях; с целью минимизации последствий от ошибок и максимизации эффективности в чувствительных точках производства должна проводиться проверка материалов, процесса, программного обеспечения, качества продукции или производственной среды. Технологические процессы должны проверяться на способность производить продукцию в соответствии с установленными техническими условиями. Чтобы характеристики технологических процессов не выходили за рамки технических условий, необходимо установить соответствующее управление (например, статистическое регулирование) для операций, существенно влияющих на качество продукции. Если проверка характеристик технологического процесса не выгодна экономически или невозможна, то следует проверять саму продукцию. Все производственное оборудование, стационарные механизмы, приспособления, инструменты и шаблоны должны быть проверены на точность и соответствие номиналам до ввода в эксплуатацию. Подобная организация работ должна быть доведена до сведения персонала, занимающегося производством и

контролем.

Основными задачами *контроля* являются:

обеспечение достоверности оценки качества продукции, предъявляемой на контроль;

обеспечение однозначности взаимного признания результатов оценки качества продукции поставщиком и потребителем, территориальными органами Госстандарта России и другими контролирующими органами.

В соответствии с задачами и стабильностью технологических процессов принимается форма контроля: сплошной, выборочный, непрерывный (чередование сплошного и выборочного).

Требования к проведению *погрузочно-разгрузочных работ, к упаковке, хранению и транспортировке* продукции оговариваются в нормативно-технической документации на конкретный вид продукции.

Техническое обслуживание может быть предпродажным и послепродажным. Предпродажное обслуживание может быть частью технологического процесса. Требования к послепродажному техническому обслуживанию устанавливаются в эксплуатационных документах на продукцию или других нормативных документах.

Число стран и фирм, использующих стандарты ИСО серии 9000, постоянно увеличивается. По мере накопления опыта совершенствуются и стандарты. В 1994 г. они были пересмотрены и превратились в «семейство» (около 30 наименований). На втором этапе пересмотра стандартов ИСО 9000 комитет по качеству ИСО/ТК 176 предлагает сконцентрировать внимание на следующих аспектах: административное управление; управление процессом, учитывающее людские ресурсы, взаимоотношение с потребителем и реализацию продукции; определение качества; предупредительные меры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как формируется качество продукции?
2. Какие разделы следует включать в техническое задание на разработку продукции?
3. Каким образом потребитель может повлиять на качество продукции?
4. Для чего на предприятии нужна система качества?
5. Какую роль играют стандарты ИСО 9000?
6. Как выбрать модель системы качества для производства продукции?
7. Что представляет собой петля качества?
8. По каким направлениям может проводиться политика в области качества на предприятии и кто ее определяет?
9. Какие задачи должна решать служба маркетинга?
10. Какие задачи по обеспечению качества продукции решаются на этапе материально-технического снабжения?
11. На каком этапе петли качества предусматриваются мероприятия по предотвращению дефектов при изготовлении продукции?

3.3. Оценка уровня качества продукции

Оценка качества предполагает сопоставление продукции с ее конкурентоспособными аналогами по всей совокупности принятых показателей. Для современных методов квалиметрии характерна следующая последовательность этапов оценки:

- 1) выбор номенклатуры показателей качества, необходимый и достаточный для оценки данного вида продукции;
- 2) формирование группы аналогов и установление значений их показателей;
- 3) определение совокупности базовых значений показателей качества;
- 4) определение значений показателей качества оцениваемой продукции и сопоставление их с базовыми значениями;
- 5) формирование результата и оформление заключения о результатах оценки.

Номенклатура показателей по каждой группе свойств определяется на основе анализа их применимости на различных этапах «петли качества» для конкретного вида продукции. Для этого следует использовать классификацию показателей по однородности характеризующих свойств, назначению, условиям производства и применения. Каждая классификационная группировка (вид, группа, подгруппа) Общероссийского классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП) характеризуется определенным набором свойств и соответствующими показателями. Применяемость различных групп показателей качества для различных видов продукции приведена в табл. 3.1, где знак «+» означает применимость, знак «-» – неприменимость и «(+» – ограниченную применимость соответствующих групп показателей качества.

Таблица 3.1

Применимость показателей качества по видам продукции

Группы Показателей качества	Сырье	Материалы и продукты	Изделия		
			Расходуемые	Неремонтируемые	Ремонтируемые
Классификационные	+	+	+	+	+
Функциональной пригодности	+	+	+	+	+
Безотказности	-	-	(+)	+	+
Долговечности	-	-	(+)	+	+
Ремонтопригодности	-	-	(+)	-	+
Сохраняемости	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 3.1

Группы Показателей качества	Сы- рье	Материалы и продукты	Изделия		
			Расходуе- мые	Неремонти- руемые	Ремонти- руемые
Эргономичности	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Технологичности в производстве	+	+	+	+	+
Технологичности при применении	(+)	(+)	+	(+)	+
Ресурсопотреб- ления	-	-	-	(+)	(+)
Безопасности	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Экологичности	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

Классификационные показатели определяют области применения и условия использования любого вида продукции. Показатели функциональной пригодности, сохраняемости и технологичности в производстве применяются для продукции всех видов. Свойства ремонтпригодности для расходных изделий относятся к упаковке, а не к содержимому.

Для однородной продукции каждого вида могут быть приняты различные показатели восстанавливаемости свойств продукции после хранения или ремонта; показатели защиты продукции от воздействия внешней среды или от неправильных действий человека, ее стойкость к этим воздействиям и др. Окончательный выбор номенклатуры показателей качества для конкретной продукции производят с учетом требований конкретных потребителей на основе анализа отечественной нормативной документации, международных стандартов и стандартов других стран, определяющих требования к аналогичной продукции. При этом нужно обеспечить сопоставимость показателей качества с зарубежными аналогами и предусмотреть обязательное выполнение требований, предъявляемых к такой продукции международными стандартами.

Группу аналогов формируют с целью определения уровня требований, предъявляемых к продукции данного вида на определенном рынке. В зависимости от цепи оценки в группу аналогов включают:

перспективные образцы, поступление которых на рынок прогнозируется в период выпуска продукции (используют обычно при оценке качества разрабатываемой продукции);

образцы, которые реализуются на рынке на момент проведения оценки (используют при оценке качества выпускаемой продукции).

В основе оценки конкурентоспособности продукции на этапе ее реализации применительно к условиям конкретного рынка лежит сопоставление совокупности значений показателей и характеристик с соответствующей совокупностью товаров-конкурентов. При выборе базы оценки в дан-

ном случае следует исходить из того, что реагирование на возможные изменения рыночной конъюнктуры может быть синхронным и упреждающим. При синхронном реагировании базой оценки являются товары-конкуренты, удовлетворяющие текущие нужды и запросы потребителей, при упреждающем – потенциальные товары-конкуренты.

Базовые значения показателей определяют по совокупности значений показателей качества аналогов. Можно применить два способа их определения – выделение базовых образцов и вычисление теоретических значений.

В качестве базовых образцов, как правило, выделяют лучшие или типичные образцы из группы аналогов в зависимости от цели оценки. В традиционно применяющихся в нашей стране методах выбирался единственный базовый образец, что позволяло представить результат оценки качества своей продукции в лучшем виде, чем она того заслуживает. В ряде методов оценки в качестве базовых используют все аналоги. В простейшем случае за базовые можно принять наилучшие значения различных аналогов. При таком способе формирования базовых значений показателей практически трудно достичь или превзойти заданный уровень качества, что не всегда необходимо. Для более объективного учета многообразия требований рынка следует принять принцип отражения «мирового уровня» с помощью совокупности базовых образцов, каждый из которых обладает своим сочетанием базовых значений показателей. Этот принцип рассмотрен в [10]. Теоретические базовые значения могут быть рассчитаны по регрессионным зависимостям базовых значений показателей качества и цены продукции от классификационных или главных показателей. В этом случае требования рынка отражаются тоже достаточно объективно, но менее конкретно. Кроме того, при малом числе аналогов возникают сложности математического представления зависимостей и проблемы их достоверности.

Определение значений показателей качества может осуществляться в зависимости от способа получения информации инструментальным, органолептическим, социологическим и расчетным методами. *Инструментальным* методом показатели определяются с помощью технических средств измерений, например, масса продукции, сила тока, число оборотов двигателя, скорость автомобиля и др. В *органолептическом* методе в качестве первичных измерительных преобразователей используются органы чувств экспертов: зрение, слух, обоняние, осязание и вкус. Значения показателей определяются анализом полученных ощущений на основе имеющегося опыта и выражаются в баллах. Точность этих значений зависит от способностей и квалификации экспертов. Метод не исключает возможности использования некоторых технических средств (лупа, микрофон и т.п.). Широкое распространение этот метод получил для определения показателей качества пищевой, кондитерской и парфюмерной продукции.

Социологический метод строится на массовых опросах населения

или отдельных социальных групп, члены которых тем самым выступают в качестве экспертов. Опрос может проводиться путем анкетирования, интервьюирования, анализа документов и т.п. Этот метод требует научно обоснованных систем сбора и обработки информации, предполагающих широкое применение средств автоматизации и вычислительной техники. Он может быть использован для определения требуемых показателей качества товаров народного потребления, выяснения общественного мнения и т.д.

Не все показатели качества можно измерить. Показатели однородности продукции, экономические, стандартизации и унификации определяют *расчетным* путем. Расчетами устанавливают комплексные показатели (производительности, мощности, прочности и др.).

Сопоставление показателей оцениваемой продукции с базовыми значениями может выполняться по различным правилам. В одном случае это может быть попарное сопоставление, в других – сопоставление совокупности показателей оцениваемой продукции с некоторой теоретически установленной совокупностью базовых значений. На основе данных сопоставления формируют результат оценки уровня качества в количественной и (или) качественной форме. В количественной форме результат выражается числом, отражающим определенную совокупность свойств продукции, которое позволяет уточнить, на сколько единиц или во сколько раз значение показателя превосходит базовое или уступает ему. В качественной форме результат представляется в виде утверждения: продукция по рассматриваемой совокупности свойств соответствует уровню требований определенного рынка, превосходит их или уступает им.

Особо выделяются ограничительные показатели (безопасности и экологичности продукции), значения которых должны соответствовать требованиям отечественных и международных стандартов. Если эти требования не удовлетворяются, то результат оценки не может быть признан положительным.

В зависимости от метода определения результата оценки различают следующие методы оценки качества: аналитический, статистический, экспертный и комбинированный.

Аналитический метод предполагает использование расчетно-аналитических зависимостей для определения оценочных показателей, характеризующих простые или сложные свойства продукции. Этот метод можно использовать при установлении взаимосвязи между отдельными параметрами продукции, характеризующими оцениваемые свойства, а также при наличии полной и достоверной исходной информации об этих параметрах и свойствах. Если взаимосвязь между параметрами установить невозможно, а оценку проводить необходимо, то применяют статистический или экспертный метод.

Статистический метод основан на сборе статистической информации о свойствах оцениваемой продукции, базовых образцов и ее обработ-

ке. Продукция в процессах изготовления и потребления подвергается действию большого числа факторов, поэтому статистический метод используется в основном на этапах «петли качества», соответствующих этим процессам. Актуален этот метод также на этапах маркетинга и реализации продукции (при обработке результатов опроса, наблюдений, реализации опытных партий товаров), когда необходимо прогнозировать значения показателей качества.

Экспертный метод основан на получении, обработке и сверке информации о свойствах оцениваемой продукции и базовых образцов при помощи экспертных процедур. Его применяют в случаях, когда недостаточно исходной информации. Применение экспертного метода предполагает соблюдение следующих условий:

экспертная оценка должна производиться только в том случае, когда нельзя использовать более объективные методы;

мнения экспертов должны быть независимыми;

вопросы, поставленные перед экспертами, не должны допускать различного толкования;

эксперты должны быть компетентны в решаемых вопросах;

ответы экспертов должны быть однозначными и должны обеспечивать возможность их математической обработки;

количество экспертов должно быть оптимальным.

Качественный состав экспертной комиссии – важное условие эффективности метода. Полезно предварительное обучение и обязательны инструктаж экспертов. На завершающем этапе формирования экспертной группы целесообразно провести *тестирование, самооценку: взаимную оценку экспертов и анализ их надежности*. Тестирование заключается в решении экспертами задач, подобных реальным. На основании результатов тестирования устанавливается компетентность и профпригодность экспертов. При самооценке эксперты отвечают в строго ограниченное время на вопросы специально составленной анкеты, в результате чего сами проверяют свои профессиональные знания. Для взаимной оценки друг друга эксперты должны иметь опыт совместной работы. Оценка производится по балльной системе. При наличии сведений о работе эксперта в других группах критерием его квалификации может стать *показатель (или степень) надежности* - отношение числа случаев, когда мнение эксперта совпало с результатами экспертизы к общему числу экспертиз, в которых он участвовал.

Каждый эксперт дает одно из значений отсчета, являющегося, согласно основному постулату метрологии, случайным числом. Количество экспертов тоже играет важную роль. С увеличением их в группе точность измерения повышается. Исходная численность экспертной группы обычно составляет не менее 7 человек. По способу проведения экспертизы эксперты могут выражать свое мнение непосредственным измерением, ранжированием или сопоставлением. Опрос экспертов может быть очным и заоч-

ным, персонифицированным и анонимным, групповым и индивидуальным.

Комбинированный метод представляет собой различные сочетания вышеописанных методов. Большинство практических задач по оценке уровня качества решается комбинированным методом. Почти на всех этапах оценки не обходится без участия экспертов.

По форме представления результата оценки различают дифференциальный, комплексный, интегральный, смешанный методы.

По *дифференциальному* методу сопоставляют оцениваемую продукцию и базовые образцы по отдельным (единичным или комплексным) показателям, т.е. определяют относительные значения:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{bi}} \quad \text{или} \quad q_i = \frac{P_{bi}}{P_i},$$

где P_{bi} и P_i – значения показателей качества оцениваемой продукции и соответствующие базовые значения.

При этом относительным показателем выбирают тот, при котором повышение качества соответствует увеличению значения q . Результат оценки представляется по каждому показателю, что позволяет установить, по каким свойствам продукции не достигнут требуемый уровень качества.

При оценке качества дифференциальным методом по совокупности показателей результаты в качественной форме могут быть следующие:

качество оцениваемой продукции превосходит качество базового образца; если продукция превосходит базовый образец хотя бы по некоторым показателям, не уступая ему по остальным (часть $q_i > 1$, остальные $q_i = 1$);

качество оцениваемой продукции соответствует качеству базового образца, если все значения $q = 1$;

качество оцениваемой продукции уступает качеству базового образца, если часть $q_i < 1$, а остальные $q_i = 1$.

Если по некоторым показателям качества продукция превосходит базовый образец, а по некоторым уступает ему, дифференциальный метод не позволяет сделать обобщающий вывод. В этом случае нужно применять другие методы оценки.

Комплексный метод состоит в сопоставлении оцениваемой продукции с базовыми образцами по комплексному показателю, обобщающему совокупность показателей одной либо нескольких классификационных группировок. Результат оценки представляется в виде единого обобщенного показателя. Комплексный показатель может быть выражен главным показателем, отражающим функциональную пригодность продукции удовлетворять потребность или функцией от единичных и (или) комплексных показателей.

В качестве главных показателей может быть: для двигателей внут-

ренного сгорания-моторесурс в час, для шин – ходимость, в км; для металлорежущих станков – производительность, в шт.

Комплексные показатели качества могут быть связаны с единичными через функциональные зависимости, отражающие объективные законы природы, а могут быть некоторой комбинацией их. Например, показателем транспортабельности лесопиломатериалов служит объем V в кубометрах и масса m в килограммах: $V = nLbh$, где единичные показатели L , b , h – соответственно длина, ширина и толщина досок стандартных размеров, а n – их число, $m = \rho V$, где единичный показатель качества сухой древесины – ее плотность $\rho = 7 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$.

Комплексным показателем грузового автомобиля является годовая производительность в тонно-километрах:

$$W = 365 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot t,$$

где q – номинальная грузоподъемность автомобиля;

v – эксплуатационная скорость в км/ч;

t – средняя продолжительность времени в наряде в час;

α , β и γ – соответственно коэффициенты использования парка автомобилей, пробега и загрузки среднего автомобиля.

Если комплексный показатель качества не представляется возможным выразить через единичные с помощью объективной функциональной зависимости, то применяют субъективный способ образования комплексных показателей по принципу среднего взвешенного:

среднее арифметическое взвешенное:

$$Q = \sum_{i=1}^n g_i \cdot P_i;$$

среднее геометрическое взвешенное:

$$Q = \prod_{i=1}^n (P_i)^{g_i};$$

среднее гармоническое взвешенное:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{g_i}},$$

где g_i – весовые коэффициенты, с помощью которых учитывается важ-

ность или ценность каждого единичного показателя качества P_i .

Определение «веса» показателей качества является сложной задачей, которая часто решается экспертным методом, исходя из условия $\sum g_i = 1$. Суммирование единичных показателей с учетом их весовых коэффициентов должно выполняться в соответствии с правилами теории размерностей, поэтому от абсолютных значений единичных показателей качества предварительно переходят к относительным. В этом случае абсолютное значение комплексного показателя получается безразмерным.

Среднее арифметическое взвешенное используется при объединении в комплексный показатель однородных единичных показателей когда разброс между слагаемыми невелик. Среднее гармоническое взвешенное применяется тогда, когда разброс между слагаемыми более значительный. Более универсальным является среднее геометрическое взвешенное, которое применяется при объединении в комплексный показатель неоднородных показателей качества, в том числе разнородной продукции.

Интегральный метод оценки состоит в сопоставлении оцениваемой продукции с базовыми образцами по интегральному показателю качества продукции, характеризующему соотношение полезного эффекта от ее потребления (эксплуатации) и соответствующих затрат. В общем случае к затратам, учитываемым при определении интегрального показателя качества продукции относят затраты на ее создание и потребление (эксплуатацию).

При проведении маркетинговых исследований, реализации продукции, оценке ее рыночной новизны и конкурентоспособности интегральный показатель целесообразно вычислять по цене.

При *смешанном* методе оценки используются различные сочетания методов, формы представления результата оценки. Сначала показатели качества объединяют в группы. Затем для каждой группы определяют соответствующие комплексные показатели, по которым дифференциальным методом оценивают уровень качества.

Вопросы для самоконтроля:

1. В какой последовательности выполняют оценку качества продукции?
2. По каким признакам устанавливается номенклатура показателей, по которым следует оценивать продукцию?
3. Какие образцы продукции следует принимать в качестве аналогов при оценке качества выпускаемой продукции?
4. Какие значения показателей качества могут быть приняты в качестве базовых?
5. Какие существуют методы определения значений показателей?
6. В какой форме могут быть представлены результаты оценки?
7. Какие методы оценки уровня качества можно применять в зависи-

мости от метода определения результата оценки?

8. В чем достоинства и недостатки экспертного метода? Какие методы оценки качества продукции различают в зависимости от нормы представления результата оценки?

10. В чем преимущества и недостатки дифференциального метода?

11. Как могут быть выражены комплексные показатели?

12. Каким показателем лучше оценивать разнородную продукцию?

13. В каких случаях используют интегральный метод оценки?

3.4. Технический контроль и сертификация продукции

Технический контроль – проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям. Сущность процесса технического контроля заключается в получении информации о состоянии изделия, сопоставлении ее с установленными требованиями нормами, критериями и выдаче суждения об обнаруженном соответствии или несоответствии фактических данных требуемым. Процессы технического контроля являются частью технологического процесса изготовления. Перед разработкой технологических процессов детали (изделия) группируют по конструктивным и технологическим признакам для обеспечения сокращения трудоемкости подготовки и проведения контроля. При разработке методик контроля нужно руководствоваться следующими требованиями [18]:

контроль должен проводиться в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации;

контроль должен влиять на качество продукции;

контроль должен быть объективным и не должен зависеть от особенностей исполнителя;

контроль должен быть непрерывным и профилактическим, чтобы предотвращать поступление дефектной продукции на следующий этап производства;

контроль должен обеспечивать выпуск заданного объема продукции в единицу времени;

затраты на контроль должны быть минимальными.

Исходной информацией для разработки процессов технического контроля являются документы: конструкторские на изделие; технологическая документация на изготовление и испытание изделия; программа и сроки изготовления; производственные инструкции; каталоги и номенклатурные справочники прогрессивных средств контроля; классификатор объектов контроля; нормативы режимов; материальные и трудовые нормативы.

По классификационным признакам различают несколько видов технического контроля [18]. В зависимости от *объекта* может быть контроль: качества продукции, технологической дисциплины, технической докумен-

тации, технологического процесса. В последнем контролируют режимы, характеристики и параметры технологического процесса. При контроле технологической дисциплины проверяется соответствие процесса требованиям, установленным в технологической документации.

В зависимости от стадии жизненного цикла контроль разделяют на производственный и эксплуатационный. Производственный контроль охватывает все вспомогательные, подготовительные и технологические операции на стадии производства, в том числе качество, комплектность, упаковку, маркировку и количество продукции. Производственный контроль может быть входным операционным и приемочным (выходным). *Входным* называют контроль продукции поставщика, предназначенной для изготовления, ремонта или эксплуатации продукции. Такому контролю подвергают исходные материалы, полуфабрикаты, покупные изделия, техническую документацию. Контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции называют *операционным*. Контроль, по результатам которого, принимается решение о пригодности продукции к поставкам и (или) использованию, называют *приемочным (выходным)*. *Эксплуатационный контроль* охватывает все операции на стадии эксплуатации изделий.

По характеру воздействия на ход производственного процесса контроль может быть пассивным и активным. Результаты активного контроля используют для непрерывного управления процессом, а результаты пассивного не используют или используют периодически с задержкой по времени. Активный контроль обычно применяют для ответственных параметров, когда не допускается возможность появления дефектов.

По полноте охвата продукции контроль может быть сплошным, выборочным и статистическим. *Сплошному* контролю подвергается каждая единица продукции. Этот вид контроля применяют в тех случаях, когда предъявляются высокие требования к уровню качества продукции, у которой недопустим пропуск дефектов на следующие этапы, когда число деталей недостаточно для получения выборок или проб с установленным риском для изготовителя и потребителя, а также в том случае, если технологический процесс не обеспечивает стабильности качества изготовления. Целесообразность сплошного контроля нужно обосновывать с экономической точки зрения, особенно при больших программах выпуска изделий.

При *выборочном* контроле решение о контролируемой совокупности изделий или процессе принимают по результатам проверки одной или нескольких выборок. Этот вид контроля целесообразно применять в том случае, если число изделий достаточно для получения выборок или проб с установленным риском поставщика и потребителя, при большой трудоемкости контроля при разрушающих методах, при обработке деталей на станках с ЧПУ, на автоматических и поточных линиях. Выборочный контроль дает хороший результат при стабильном и отработанном технологическом

процессе изготовления продукции, может применяться и при приемочном контроле покупных изделий по проверке неответственных параметров.

При *статистическом* контроле используются статистические методы. Все многообразие методов статистического контроля можно условно разделить на статистический приемочный контроль качества и статистическое регулирование технологических процессов. Статистический приемочный контроль качества – это выборочный контроль, при котором используются статистические методы для обоснования плана контроля или его корректировки по накопленной информации.

Такой контроль различают по количественному и по альтернативному признаку. При контроле по количественному признаку измеряют значения параметров каждой единицы продукции в выборке и определяют статистические параметры: среднее значение и среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра. Если эти значения соответствуют норме, установленной для генеральной совокупности (всей партии), то партия принимается, если нет, то бракуется. Этот метод не дает высокой точности. Общие требования к приемочному контролю по этому признаку установлены в ГОСТ Р 50779.50-96.

При контроле по альтернативному (качественному) признаку все единицы продукции делятся на годные и дефектные. Решение о контролируемой партии принимается в зависимости от числа дефектных единиц продукции, обнаруженных в выборке или пробе. Такой метод применяют, например, при разбраковке текстильных изделий. Сущность его определяется *«оперативной характеристикой»* – графиком или таблицей, где дана зависимость между вероятностью приемки партии при определенном плане контроля и характеристикой уровня качества этой партии. В план контроля входят: объем выборки (n) и количество дефектных изделий (c) в выборке, при котором партия принимается. Так, при плане контроля $n=10$ и $c=2$ проверке подвергается 10 единиц продукции. Если среди них не обнаружится ни одной дефектной единицы или встретится одна или две единицы с дефектом, то партия, будет принята, если же в выборке обнаружится три или больше дефектных единиц, то партия будет забракована.

При статистическом приемочном контроле возможны ошибки двоякого рода. В одном случае партия высокого качества может быть забракована из-за случайного попадания в выборку большого числа дефектных единиц. Вероятность такой ошибки называется *«риском поставщика»*. В другом случае партия, которая должна быть забракована, принимается из-за случайного попадания большого числа годных единиц. Вероятность этой ошибки называется *«риском заказчика»*. Общие требования по этому признаку установлены в ГОСТ 50779.51-95 и ГОСТ 50799.52-95.

Статистическое регулирование технологических процессов используют в производстве при текущем контроле качества. Наиболее широко распространены методы: средних арифметических значений и средних

квадратических отклонений ($x-S$); средних арифметических значений и размахов ($x-R$); медиан и индивидуальных значений (x , $-x$). Инструментом статистического регулирования являются контрольные карты, которые можно разделить на карты регулирования уровня настройки операций (x , и x), и карты регулирования точности операций (x , S , R). Эти карты могут вести контролеры или сами рабочие, поэтому от них требуется знание основ статистических методов.

Одним из основополагающих, требований международных стандартов ИСО к системам качества является использование статистических методов контроля качества. В странах с наилучшими показателями роста экономики проводится повсеместное обучение статистическим методам. В Южной Корее, например, в самое «смотрибельное время» – вечером – по телевидению идут уроки по теории вероятности и математической статистике.

Вид контроля каждого параметра продукции устанавливается в зависимости от важности функций, выполняемых этим параметром, стабильности и производительности технологического процесса и других факторов. Основными характеристиками технического контроля являются: его достоверность, стоимость, полнота, объем, трудоемкость измерений и др.

На мировом рынке представлена продукция многих фирм, которые в зависимости от своих возможностей и сложившихся традиций применяют различные виды контроля и системы управления качеством. Потребителю не важно, где изготовлена продукция, важно то, соответствуют или не соответствуют ее показатели определенным требованиям, установленным в стандартах или технических условиях. Для создания определенных гарантий потребителю существует сертификация. *Сертификация продукции – это деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям.*

Целями сертификации являются:

создание условий для деятельности предприятий, учреждений, организаций и предпринимателей на едином товарном рынке РФ, а также для участия в международном экономическом и научно-техническом сотрудничестве;

содействие потребителям в компетентном выборе продукции;
защита потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца);
обеспечение безопасности продукции для окружающей среды, имущества, жизни, здоровья людей;

подтверждение показателей качества продукции, заявленных изготовителем.

Сертификация может иметь обязательный и добровольный характер. Правовые основы обязательной и добровольной сертификации продукции, услуг и иных объектов в РФ, а также права, обязанности и ответственность участников сертификации установлены в законе Российской Федерации

«О сертификации продукции и услуг». Руководство всей организационной структурой сертификации осуществляется Госстандартом России, который имеет следующие полномочия:

формирует и реализует государственную политику в области сертификации, устанавливает общие правила и рекомендации по проведению сертификации на территории РФ и дает о них специальную информацию;

проводит государственную регистрацию систем сертификации и знаков соответствия;

публикует официальную информацию о действующих в РФ системах сертификации и знаках соответствия и представляет ее в международные организации по сертификации;

готовит предложения о присоединении к международным (региональным) системам сертификации, а также может в установленном порядке заключать соглашения с международными организациями о взаимном признании результатов сертификации;

представляет РФ в международных организациях по вопросам сертификации.

В организационную структуру сертификации входят: федеральные органы исполнительной власти, центральные органы системы сертификации, органы по обязательной и органы по добровольной сертификации, испытательные лаборатории и др. В качестве органов по сертификации могут быть аккредитованы (уполномочены) зарегистрированные организации любых форм собственности. Однако органом по обязательной сертификации могут быть только некоммерческие организации, а также государственные и муниципальные предприятия, имущество которых является неделимым.

Для сертификации однородной продукции (совокупности видов продукции, характеризующихся определенной общностью признаков) государственными органами управления, предприятиями и организациями создаются *системы сертификации*, которые представляют собой совокупность участников, осуществляющих сертификацию по правилам, установленным в этой системе в соответствии с законом.

К 1997 г. было разработано и зарегистрировано в Госстандарте России десять систем обязательной сертификации (Система сертификации ГОСТ Р, Система сертификации «Электросвязь», Федеральная система сертификации космической техники, Система сертификации продукции и услуг в области пожарной безопасности и др.) и 46 систем добровольной сертификации [5].

Обязательная сертификация предусматривает проверку выполнения требований безопасности жизни, здоровья потребителей, окружающей среды, а также предотвращения нанесения вреда имуществу потребителей. Участниками обязательной сертификации являются: Госстандарт России; иные государственные органы управления РФ, уполномоченные проводить эти работы; органы по сертификации; испытательные лаборатории (цен-

тры); изготовители (продавцы, исполнители) продукции; центральные органы систем сертификации, определяемые в необходимых случаях для организации и координации работ в системах сертификации однородной продукции. Допускается участие в проведении работ по обязательной сертификации зарегистрированных некоммерческих (бесприбыльных) объединений и организаций любых форм собственности при условии их аккредитации соответствующим государственным органом управления.

Обязанности органа по сертификации:

сертифицировать продукцию, выдавать сертификаты и лицензии на применение знака соответствия;

обеспечивать инспекционный контроль над сертифицированной продукцией;

приостанавливать либо отменять действие выданных им сертификатов;

предоставлять заявителю по его требованию необходимую информацию в пределах своей компетенции.

Сертификат соответствия – документ, выданный по правилам систем сертификации для подтверждения сертифицированной продукции установленным требованиям.

Знак соответствия – зарегистрированный в установленном порядке знак, которым по правилам данной системы сертификации подтверждается соответствие маркированной им продукции установленным требованиям.

Испытательные лаборатории (центры), аккредитованные в установленном соответствующей системой сертификации порядке, осуществляют испытания конкретной продукции или конкретные виды испытаний и выдают протоколы испытаний для целей сертификации.

Изготовители (продавцы, исполнители) продукции, подлежащей обязательной сертификации, обязаны:

реализовывать эту продукцию только при наличии сертификата, выданного уполномоченным на то органом;

обеспечивать соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов, на соответствие которым она была сертифицирована, и маркировать ее знаком соответствия в установленном порядке;

указывать в сопроводительной документации сведения о сертификации и нормативных документах, которым должна соответствовать продукция, и доводить эту информацию до потребителя;

приостанавливать или прекращать реализацию сертифицированной продукции, если она не отвечает требованиям нормативных документов, на соответствие которым сертифицирована, по истечении срока действия сертификата или при отмене (приостановлении) действия сертификата решением органа по сертификации;

обеспечивать беспрепятственное выполнение своих полномочий должностными лицами органов; осуществляющих сертификацию продукции и контроль за ней;

извещать орган по сертификации в установленном им порядке об изменениях внесенных в техническую документацию или в технологический процесс производства сертифицированной продукции.

Оплата работ по обязательной сертификации конкретной продукции производится заявителем в установленном порядке. Сумма средств, израсходованных изготовителем на проведение обязательной сертификации своей продукции, относится на ее себестоимость.

Продукция, не подлежащая обязательной сертификации, по инициативе юридических лиц и граждан может подвергаться *добровольной сертификации* на условия договора между заявителем и органом по сертификации. Заявителем может быть изготовитель (исполнитель, продавец, поставщик) или потребитель продукции. Добровольную сертификацию вправе осуществлять любое юридическое лицо, которое располагает соответствующим квалифицированным персоналом, испытательным оборудованием, средствами измерений необходимой технической документацией, что дает право на регистрацию в установленном порядке в Госстандарте России системы сертификации и знаков соответствия. Таким образом, орган по добровольной сертификации должен иметь документацию, устанавливающую его правовой статус и систему сертификации, а также определенную организационную структуру, обеспечивающую принципы управления и состав участников.

Добровольная сертификация внедряется с целью обеспечения конкурентных возможностей изготовителей и поставщиков. При этом повышается доверие потребителей к приобретенным товарам и к качеству послепродажного сервисного обслуживания.

Основной задачей подтверждения соответствия продукции нормативным документам является удовлетворение интересов потребителя, законодательных властей, продавца и изготовителя продукции. Сертификация сводит к минимуму риск потребителя приобрести продукцию, качество которой ниже требований нормативного документа. Доказательство соответствия продукции заданным требованиям достигается официально принимаемой определенной совокупностью действий, называемой *схемой сертификации*. Схема сертификации предусматривает состав и последовательность действий третьей стороной при проведении сертификации соответствия. В Системе ГОСТ Р применяется несколько схем сертификации, базирующихся на международной практике. Для определенной продукции следует выбрать такую схему, которая в каждом конкретном случае лучшим образом отвечает практическим и экономическим требованиям заинтересованных сторон.

Большинство схем сертификации основано на предположении, что испытания типового представителя (выборочные испытания типа) совокупности продукции дают основание для распространения полученного результата испытаний на всю совокупность.

Схема сертификации 1 предусматривает проведение испытаний выборки типовых представителей продукции (пробы) в аккредитованной испытательной лаборатории (центре). Отбор образцов для испытаний осуществляет орган по сертификации или испытательная лаборатория по его поручению. Для оценки результатов испытаний с определенной вероятностью должны быть сформулированы критерии. Недостатком этой схемы является то, что орган, одобряющий выпуск данной продукции, не осуществляет в дальнейшем за ней никакого надзора и нет гарантии, что вся выпускаемая продукция характеризуется такими же значениями параметров, как и продукция в выборке.

Схема сертификации 2 предусматривает инспекционный контроль за сертифицированной по схеме 1 продукцией путем испытаний образцов (пробы), взятых из торговли, в аккредитованной испытательной лаборатории (центре). Испытания проводятся с целью установления соответствия продукции, имеющейся в торговле, нормативным документам. Проводит испытания лаборатория, указанная органом по сертификации, но при этом не исключено проведение испытаний в лаборатории предприятия-изготовителя. Такая схема обеспечивает периодический контроль за стабильностью соответствия продукции нормативному документу и контроль систем транспортировки и хранения продукции.

К недостаткам схемы сертификации 2 относятся:

трудность установления стадии возникновения дефекта (в процессе производства, транспортирования, хранения или от переделки продукции в дилерской сети);

необходимость большего числа инспекционного персонала, чем при схеме 1, для охвата различных торговых организаций;

необходимость выявления торгующих организаций, реализующих продукцию.

Указанную схему целесообразно применять в тех случаях, когда производитель реализует продукцию через фирменные магазины или когда в системах сертификации принимают участие общества потребителей.

Схема сертификации 2а предусматривает в дополнение к схеме 2 (до выдачи сертификата) анализ состояния производства сертифицируемой продукции по методике, разработанной органом по сертификации.

Схема сертификации 3 предусматривает в дополнение к схеме 1 последующий инспекционный контроль путем испытаний выборки продукции, взятой со склада готовой продукции предприятия-изготовителя перед ее отправкой потребителю. Достоинства схемы:

меньшие расходы по сравнению со схемой 2;

периодический надзор за соблюдением требований к продукции на предприятии-изготовителе;

оперативное, предупреждение предприятия о случаях появления изделий со значениями показателей, не соответствующих нормативным документам.

Недостатки этой схемы:

необходимы дополнительные расходы, по сравнению со схемой 1, для отбора выборок и проведения инспекционного контроля;

снижение гарантии для потребителя, так как дефекты в продукции могут возникнуть в процессе транспортирования или хранения, в торговле.

Схема сертификации 3a предусматривает в дополнение к схеме 3 (до выдачи сертификата на продукцию) анализ состояния производства сертифицируемой продукции по методике, разработанной органом по сертификации.

Схема сертификации 4 предусматривает проведение инспекционного контроля за сертифицированной по схеме 1 продукцией путем испытаний выборок, взятых из торговли (схема 2) и со склада предприятия-изготовителя (схема 3). Определенную трудность схемы 4 представляет определение периодичности испытаний по схемам 2 и 3 и соотношениям объемов выборок, изымаемых со склада предприятия и из торговли. При этой схеме увеличиваются гарантии для потребителя в получении качественной продукции. Недостатком схемы является увеличение расходов предприятия-изготовителя на сертификацию за счет увеличения инспектирующего персонала и роста объема испытаний.

Схема сертификации 4a предусматривает в дополнение к схеме 4 (до выдачи сертификата) анализ состояния производства сертифицируемой продукции.

Схема сертификации 5 предусматривает проведение испытаний по схеме 1 и сертификацию производства или системы качества предприятия-изготовителя с последующим инспекционным контролем за продукцией путем проведения испытаний образцов (проб), взятых из торговли (схема 2) и со склада изготовителя (схема 3), а также контроля стабильности условий производства и функционирования системы качества. Применение этой схемы позволяет обеспечить наибольшую гарантию качества продукции. Необходимость оценки систем качества или производства определяется в каждом конкретном случае органом по сертификации при выборе схемы сертификации.

Необходимость сертификации систем качества производства возникает в случаях, когда:

стабильность значений показателей качества продукции в значительной степени зависит от технологии изготовления;

сертифицируются изделия с повышенными требованиями к безопасности; сертифицируются изделия (крупные установки), которые монтируются у потребителя, а испытания у изготовителя провести невозможно;

орган по сертификации, заинтересован в повышении вероятности правильного решения о выдаче сертификата;

экономически выгоднее провести сертификацию по схеме 5 и снизить расходы на инспекционный контроль.

Схема сертификации 6 предусматривает проведение сертификации системы качества на предприятии-изготовителе аккредитованным органом. Осуществление сертификации по этой схеме не дает права на, выдачу сертификата соответствия на продукцию или ее маркировку знаком качества. Схему 6 целесообразно применять:

при заключении или реализации контракта, когда требуется от изготовителя сертификат системы качества;

при выборе предприятия-изготовителя государственными органами для размещения заказов;

если сертификат системы качества позволяет снизить риск страховых компаний и способствует получению кредитов от банков;

когда наличие сертификата системы качества позволяет повысить стоимость продукции;

когда предприятие производит сложную единичную продукцию.

Схема сертификации 7 предусматривает испытания выборки изготовленной продукции. Возможно испытание нескольких выборок, количество которых зависит от требуемого приемочного уровня качества и размеров партии. Выборки берутся произвольно испытательной лабораторией, назначенной для проверки органом по стандартизации. В том случае, если данная схема предусмотрена стандартом, в нем должны указываться размеры партий и необходимое количество выборок, требуемое число положительных результатов испытаний для того, чтобы можно было сделать заключение о соответствии продукции требованиям стандарта.

Схема сертификации 8 предусматривает 100%-е испытание всей продукции. Изделие, выдержавшее испытания, получает сертификат. По этой схеме повышается ответственность за качество продукции органа сертификации, однако состояние производства не оценивается.

Выбор схемы сертификации требует детального учета состояния производства, серийности продукции, сложности и уровня опасности продукции, а также целей сертификации.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что представляет собой процесс технического контроля качества продукции?

2. Какую информацию нужно иметь для организации процессов технического контроля?

3. Каких видов может быть производственный контроль?

4. В чем отличие статистического контроля по количественному признаку от статистического контроля по качественному признаку?

5. Что называют «риском поставщика» и «риском заказчика» при статистическом приемочном контроле?

6. Какие факторы влияют на выбор вида контроля?

7. Что такое сертификация продукции и для каких целей она прово-

дится?

8. Что такое система сертификации?

9. Какие требования к продукции проверяются при обязательной сертификации?

10. Какие обязанности несут изготовители продукции, подлежащей обязательной сертификации?

11. На каком принципе основано большинство схем сертификации?

12. Какая из схем сертификации дает потребителю наибольшую гарантию, какие мероприятия она предусматривает?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебном пособии дано достаточно полное представление о стандартизации, обеспечении необходимого уровня качества продукции и единства измерений. Эти области деятельности в настоящее время приобретают большее значение, так как грамотная реализация рассмотренных в них принципов, методов и закономерностей дает возможность предприятиям выйти из экономического кризиса при минимальных затратах, внедрение систем качества на предприятиях способствует обеспечению конкурентоспособности их продукции и услуг на мировом рынке. В нашей стране начинают внедрять системы качества, происходит становление систем сертификации. Усвоение материала, изложенного в этой книге, позволит будущим специалистам более эффективно продолжить начавшиеся процессы по внедрению систем качества на предприятиях (фирмах) и их сертификаций на соответствие международным стандартам.

Но это только базовый минимум знаний. Процесс обучения должен продолжаться, так как в рассматриваемых областях изменяются подходы к решению поставленных задач, соответственно меняются принципы, понятия и определения. Для дальнейшего совершенствования своей деятельности в рассматриваемых сферах необходимо следить за информацией о научных и технических достижениях, изменениях в нормативных документах по организационно-методическим вопросам, которая предлагается в периодических изданиях Госстандарта России: «Стандарты и качество», «Законодательная метрология», «Метрология и измерительная техника», «Надежность и контроль качества», «Контрольно-измерительная техника». С января 1998 г. издается ежемесячный официальный журнал - «Вестник Госстандарта России», в котором публикуется информация о документах и сами документы, принятые за два-три месяца до выхода журнала.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из двух заданий: задание №1 (22 варианта), задание №2 (22 варианта).

Задание №1

Выбрать метод, приборы, нарисовать структурную схему и оценить погрешности измерений:

1. Малых постоянных токов.
2. Больших переменных напряжений.
3. Постоянных резисторов.
4. Больших переменных токов.
5. Мощности на частоте 50 гц.
6. Мощности на высоких частотах.
7. Напряженности электрического тока.
8. Малых постоянных напряжений.
9. Больших постоянных токов.
10. Номиналов конденсаторов.
11. Малых переменных токов.
12. Малых переменных напряжений.
13. Величины индуктивности.
14. Мощности, потребляемой ПЭВМ в рабочем режиме.
15. Величины потерь в длинной линии.
16. Входного сопротивления МДП транзистора.
17. Светового истока (излучаемой мощности) светодиода.
18. Напряжения на полупроводниковом диоде, включенном в прямом напряжении.
19. Опорного напряжения стабилизатора.
20. Мощности, потребляемой схемой не на биполярном транзисторе при скважности $Q=2$.
21. Длительность импульсов.
22. Периоды повторения импульсов.

Задание №2

Выбрать метод, приборы, нарисовать структурную схему и оценить погрешности измерений цифровым способом:

1. Цифровой измеритель малых постоянных токов.
2. Цифровой измеритель больших переменных напряжений.
3. Цифровой измеритель постоянных резисторов.
4. Цифровой измеритель больших переменных токов.
5. Цифровой измеритель мощности на частоте 50 гц.

6. Цифровой измеритель мощности на высоких частотах.
7. Цифровой измеритель напряженности электрического тока.
8. Цифровой измеритель малых постоянных напряжений.
9. Цифровой измеритель больших постоянных токов.
10. Цифровой измеритель номиналов конденсаторов.
11. Цифровой измеритель малых переменных токов.
12. Цифровой измеритель малых переменных напряжений.
13. Цифровой измеритель величины индуктивности.
14. Цифровой измеритель мощности, потребляемой ПЭВМ в рабочем режиме.
15. Цифровой измеритель величины потерь в длинной линии.
16. Цифровой измеритель входного сопротивления МДП транзистора.
17. Цифровой измеритель светового источника (излучаемой мощности) светодиода.
18. Цифровой измеритель напряжения на полупроводниковом диоде, включенном в прямом напряжении.
19. Цифровой измеритель опорного напряжения стабилизатора.
20. Цифровой измеритель мощности, потребляемой схемой не на биполярном транзисторе при скважности $Q=2$.
21. Цифровой измеритель длительности импульсов.
22. Цифровой измеритель периодов повторения импульсов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1 Интегральная функция нормированного
нормального распределения
- f

	-0,08	-0,04	0,00	Z	0,00	+0,04	+0,08
-3,5	0,00057	0,00020	0,00023	0	0,5000	0,5160	0,5319
-3,4	0,00025	0,00029	0,00034	+0,1	0,5398	0,5557	0,5714
-3,3	0,00036	0,00042	0,00048	+0,2	0,5793	0,5948	0,6103
-3,2	0,00052	0,00060	0,00069	+0,3	0,6079	0,6331	0,6480
-3,1	0,00074	0,00085	0,0009	+0,4	0,6554	0,6700	0,6844
-3,0	0,00104	0,00111	0,00129	+0,5	0,6915	0,7054	0,7190
-2,9	0,0014	0,0016	0,0019	+0,6	0,7257	0,7389	0,7517
-2,8	0,0020	0,0023	0,0026	+0,7	0,7550	0,7704	0,7823
-2,7	0,0027	0,0031	0,0035	+0,8	0,7885	0,7995	0,8106
-2,6	0,0037	0,0041	0,0047	+0,9	0,8159	0,8264	0,8365
-2,5	0,0049	0,0055	0,0062	1+1,0	0,8413	0,8505	0,8599
-2,4	0,0066	0,0073	0,0082	+1,0	0,8643	0,5729	0,8810
-2,3	0,0087	0,0096	0,0107	+1,2	0,8849	0,8925	0,8997
-2,2	0,0113	0,0025	0,0139	+1,3	0,9032	0,9099	0,9162
-2,1	0,0146	0,0162	0,0179	+1,4	0,9192	0,9251	0,9306
-2	0,0188	0,0207	0,0228	+1,5	0,9332	0,9382	0,9429
-1,9	0,0239	0,0262	0,0287	+1,6	0,9452	0,9495	0,9535

	-0,08	-0,04	0,00	Z	0,00	+0,04	+0,08
-1,8	0,0301	0,0329	0,0359	+1,7	0,9554	0,9591	0,9625
-1,7	0,0375	0,0409	0,0446	+1,8	0,9641	0,9671	0,9699
-1,6	0,0465	0,0505	0,0548	+1,9	0,9713	0,9738	0,9761
-1,5	0,0570	0,0618	0,0665	+2,0	0,9773	0,9793	0,9812
-1,4	0,0694	0,0749	0,0808	+2,1	0,9821	0,9838	0,9854
-1,3	0,0838	0,0901	0,0968	+2,2	0,9861	0,9875	0,9887
-1,2	0,1003	0,1075	0,1151	+2,3	0,9893	0,9904	0,9913
-1,1	0,1190	0,1271	0,1357	+2,4	0,9918	0,9927	0,9934
-1,0	0,1401	0,1492	0,1587	+2,5	0,9938	0,9945	0,9951
-0,9	0,1635	0,1736	0,1841	+2,6	0,9953	0,9959	0,9963
-0,8	0,1894	0,2005	0,2119	+2,7	0,9965	0,9969	0,9973
-0,7	0,2177	0,2297	0,2420	+2,8	0,9974	0,9977	0,9980
-0,6	0,2483	0,2611	0,2743	+2,9	0,9981	0,9984	0,9986
-0,5	0,2810	0,2946	0,3085	+3,0	0,99865	0,9982	0,9996
-0,4	0,3156	0,3300	0,3446	+3,1	0,99903	0,99915	0,99926
-0,3	0,3520	0,3669	0,3821	+3,2	0,99931	0,99940	0,99948
-0,2	0,3897	0,4052	0,4207	+3,3	0,99953	0,99958	0,99964
-0,1	0,4286	0,4443	0,4602	+3,4	0,99966	0,99971	0,99975
0,0	0,4681	0,4840	0,5000	+3,5	0,99977	0,99980	0,99983

Таблица П.2
Значения коэффициента t для величины, имеющей распределение
Стьюдента с n-1 степенями свободы

n-1	P=0,90	P=0,95	P=0,99	n-1	P=0,90	P=0,95	P=0,99
2	2,920	4,303	9,925	13	1,771	2,160	3,012
3	2,353	3,182	5,841	14	1,761	2,145	2,977
4	2,132	2,776	4,604	16	1,746	2,120	2,921
5	2,015	2,571	4,032	18	1,734	2,101	2,878
6	1,943	2,44'7	3,707	20	1,725	2,086	2,845
7	1,895	2,365	3,499	22	1,717	2,074	2,819
8	1,860	2,306	3,355	24	1,711	2,064	2,797
9	1,833	2,262	3,250	26	1,706	2,056	2,779
10	1,812	2,228	3,169	28	1,701	2,048	2,763
11	1,796	2,201	3,106	30	1,697	2,042	2,750
10	1,782	1,179	3,055		1,64485	1,95996	2,57582

Таблица П.3
Значения P для определения Zp/2**

n	m	Уровень значимости q2.100%		
		1%	2%	5%
10	1	0,98	0,98	0,96
11...14	1	0,99	0,98	0,97
15...20	1	0,99	0,99	0,98
21...22	2	0,98	0,97	0,96
23	2	0,98	0,98	0,96
24...27	2	0,98	0,98	0,97
28...32	2	0,99	0,98	0,97
33...35	2	0,99	0,98	0,98
36...49	2	0,99	0,99	0,98

ЛИТЕРАТУРА

1. Бастраков В.М. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 228 с.
2. Амиров Ю.Д., Печенкин А.Н. Оценка качества продукцией рыночная экономика //Стандарты и качество. - 1992 - № 6. - С.27-31; № 7 .- С.21-24; № 9, - С.44-46, № 10. - С.53-56.
3. Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», 1993.
4. Закон Российской Федерации «О стандартизации», 1993.
5. Исаев Л. К., Малинский В.Д. Метрология и стандартизация в сертификации: Учебное пособие. – М.: ИПК, Изд-во стандартов, 1996. - 172 с.
6. Кузнецов В. А., Ялунина Г. В. Основы метрологии: Учеб. пособие. - М.: Изд-во стандартов, 1995. - 280 с.
7. Купряков В.М. Стандартизация и качество промышленной продукции: Учебное пособие для экономических специальностей вузов. 2-е изд., переработанное и дополненное. - М.: Высшая школа, 1995. - 303 с.
8. Клюев В.В., Соснин Ф.Р., Филимонов В.Н. и др. Машиностроение: Энциклопедия. Т. 111-7. Измерения, контроль испытания и диагностика / Под общ ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1996. - 464 с.
9. МИ 2091-90 Рекомендация. ГСИ. Измерения физических величин. Общие требования. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 18 с.
10. МИ 1967-89 Рекомендация. ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения. – М.: Изд-во стандартов, 1989 - 24 с.
11. Общие методические рекомендации по оценке технического уровня промышленной продукции //Стандарты и качество. - 1990. - № 9. – С.33-37
12. Общероссийский классификатор стандартов ОК 001-93. - М.: Изд-во стандартов, 1993. - 26 с.
13. Основы стандартизации в машиностроении: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.В. Бойцова. - М.: Изд-во стандартов, 1983 - 64 с.
14. ПР 50.2.002-94. Правила по метрологии. ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методами выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм. - 16 с.
15. ПР 50.2.006-94. Правила по метрологии. ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений. - 8 с.
16. ПР 50.2.009-94. Правила по метрологии. ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения. -16 с.
17. ПР 50.1016-94. Правила по метрологии. ГСИ. Требования к выполнению калибровочных работ. - 6 с.

18. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении: Учебное пособие для студентов приборостроительных специальностей вузов. - М.: Машиностроение 1991.-304 с.
19. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова. - М.: Машиностроение, 1987. - 512 с.
20. Шевцов Е.К., Ревун М.П. Электрические измерения в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1989. - 168 с.
21. Широков К.П., Богуславский М.Г. Международная система единиц /Под ред. Ю.В. Тарбеева. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 112с.
22. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: Учебник для вузов. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 492 с.