

Курс лекций

Метрология и стандартизация

Историческая справка о науке «метрология»

Метрология (от греческих слов "metron" – мера, измерение; "logos" – учение, наука) – учение о мерах или наука об измерениях,

В древности люди могли обходиться только счетом интересующих их однородных объектов, например, числа воинов, голов скота, убитой дичи и т. д. Такой счет не требовал понятия о физической величине, установления условных единиц измерения, так как единицами счета служили сами подсчитываемые объекты. Для счета не требовалось и применения специальных технических средств.

С развитием человеческого общества возникла потребность количественной оценки непрерывных величин, например, расстояний, массы, линейных размеров и т. д. Эту количественную оценку старались свести к счету, для чего выбирались природные единицы. Так, время измерялось в сутках, годах; линейные размеры – в локтях, ступнях, четвертях; расстояние – в шагах, выстрелах (расстояниях полета стрелы), сутках пути и т. д.

Метрология как область практической деятельности по выполнению измерений возникла в древние времена.

Основой системы мер в древней Руси служили древнеегипетские единицы измерений, а они в свою очередь были заимствованы в Древней Греции и Риме.

Наименования единиц и их размеры соответствовали возможности осуществления измерений "подручными" способами, не прибегая к специальным устройствам. Так, на Руси основными единицами длины были пядь и локоть, причем пядь служила основной древнерусской мерой длины и означала расстояние между концами большого и указательного пальца взрослого человека. Позднее, когда появилась другая единица – аршин – пядь (1/4 аршина) постепенно вышла из употребления. Мера "локоть" пришла из Вавилона и означала расстояние от сгиба локтя до конца среднего пальца руки (иногда – сжатого кулака или большого пальца).

С XVIII в. в России стали применяться дюйм, заимствованный из Англии (в переводе с голландского «большой палец»), а также английский фут. Особой русской мерой была сажень, равная трем локтям (около 152 см), и косая сажень (около 248 см).

В качестве естественных мер до нас дошли: единица веса драгоценных камней «карат» (0,2 г), в переводе означает семя боба; единица аптекарского веса «гран» (русский 62,2 мг, английский 64,8 мг), в переводе означает «зерно».

Древнее происхождение имеют и естественные меры времени. Например, на основе астрономических наблюдений древние вавилоняне установили год, месяц, час. Впоследствии 1/86400 часть среднего периода обращения Земли вокруг своей оси получила название секунды. Тогда же начали появляться и так называемые вещественные меры и единицы измерений. К ним можно отнести создание водяных часов в древнем Вавилоне с измерением времени в минах. Мина равнялась промежутку времени, за который из водяных часов вытекало около 500 г воды. Первоначально мина составляла примерно два астрономических часа. Позднее размер мины сократился. Отсюда произошло название минута.

Ни в древнем мире, ни в средние века не существовало метрологической службы, но имеются сведения о применении образцовых мер и хранении их в церквях и монастырях.

На Руси, уже в 1070 годах, во времена правления великого князя Святослава Ярославича, его «золотой пояс» служил образцовой мерой длины. Во времена Ивана Грозного (1550 г.) была издана Двинская грамота, устанавливающая правила хранения и передачи меры сыпучих тел (осьмины). Оригиналы осьмины хранились в приказах Московского двора. Ее медные экземпляры рассылались на хранение выборным людям (старостам, соцким, целовальникам). С этих мер делались деревянные клейменные копии для городских померщиков. С клейменных копий осьмины снимались простые деревянные копии для использования в быту. Такая трехступенчатая система передачи размера осьмины явилась прототипом поверочной схемы на государственном уровне.

Развитие торговли расширение внешних экономических связей требовало не только уточнения мер, но и установления их соотношения с «заморскими», унификации мер.

Так, в Договоре Великого Новгорода с немецкими городами и Готландом (1269 г.) указывались соотношения между мерами договаривающихся сторон. Статьи Соборного уложения 1649 г., Таможенного устава 1653 г., Новгородского устава 1667 г. установили соответствие различных «весов» футу и размер сажени.

Метрологической реформой Петра I к обращению в России были допущены английские меры (футы, дюймы), которые широко применялись в кораблестроении. Русские меры длины были согласованы с английскими, что по существу являлось первой ступенью гармонизации российской метрологии с европейской. В это же время формируются первые метрологические центры в России:

- Коммерц-коллегия занималась измерениями в торговле;
- Адмиралтейств-коллегия следила за состоянием угломерных приборов и компасов, применяемых на флоте;
- Берг-коллегия обеспечивала метрологическое хозяйство рудников, горных заводов, монетных дворов.

В 1736 году создается Комиссия весов и мер под руководством директора Монетного двора графа М.Г. Головкина.

В 1842 г. на территории Петропавловской крепости было открыто первое централизованное метрологическое учреждение России – Депо образцовых мер и весов. В нем хранились эталоны, их копии, а также образцы различных иностранных мер. Там же изготовлялись образцовые меры для местных органов, проводилась поверка и сличение образцовых мер с иностранными. Эта деятельность регламентировалась «Положением о мерах и весах» (1842 г.). Данное «Положение» послужило основой государственного подхода к обеспечению единства измерений.

Потребность в унификации единиц и желание сделать их независимыми от случайности и от времени привели к разработке метрической системы мер, которая строилась на основе естественной единицы – метра, равной одной сорокамиллионной части земного меридиана, проходящего через Париж. За единицу площади принимался квадратный метр, за единицу объема – кубический метр, за единицу массы – килограмм (масса кубического дециметра чистой воды при температуре +4°C).

26 марта 1791 г. Учредительное собрание Франции утвердило предложения Парижской Академии наук.

20 мая 1875 г. В Париже 17 государствами была подписана Метрическая конвенция и создано Международное бюро мер и весов (МБМВ) с местопребыванием в Севре, близ Парижа. В соответствии с этой конвенцией Россия получила платино-иридиевые эталоны единицы массы № 12 и № 26 и эталоны единицы длины № 11 и № 28, которые хранились в Депо образцовых мер и весов. В настоящее время МБМВ включает представителей более 100 стран и координирует работы по воспроизведению и хранению единиц длины, массы, электрического сопротивления, а с 1986 г. – единиц времени.

Особо следует остановиться на деятельности Д. И. Менделеева, сделавшего так много для отечественной метрологии. Период с 1892 г. по 1917 г. называют менделеевским этапом развития метрологии.

В 1893 г. для сохранения в государстве единообразия, верности и взаимного соответствия мер и весов утверждается на базе Депо образцовых мер и весов Главная палата мер и весов, управляющим которой до последних дней жизни был Д. И. Менделеев. Она стала одним из первых в мире научно-исследовательских учреждений метрологического профиля. С этой же целью в ряде стран были созданы научно-исследовательские институты метрологического характера: физико-технический институт в Германии (1887 г.); Национальная физическая лаборатория в Англии (1899 г.); Национальное бюро эталонов в США (1901 г.). Под руководством Д. И. Менделеева была проведена работа по созданию русской системы эталонов, сличения их с английскими метрическими мерами, создавалась государственная метрологическая служба, реализована обширная научно-исследовательская программа в области метрологии.

Однако до 1918 г. метрическая система в России не была обязательной и применялась наряду со старой русской и английской (дюймовой) системами.

Серьезные изменения в метрологической деятельности стали возможны с подписанием Советом Народных Комиссаров РСФСР декрета «О введении международной метрической системы мер и весов» 14 сентября 1918 г. Начался переход к государственной метрологической деятельности. Особое внимание уделялось переходу к метрической системе мер. В 1925 г. принято постановление СНК СССР «О признании заключенной в Париже 20 мая 1875 г. Международной метрической конвенции для обеспечения международного единства и усовершенствования метрической системы, имеющей силу для СССР». В это же время создается нормативно-правовая основа метрологической деятельности – стандартизация.

Для организации работ по обеспечению единства измерений в стране была создана Государственная метрологическая служба, входившая в Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам (Госстандарт СССР) и насчитывавшая в своем составе 15 научно-исследовательских институтов и 250 территориальных органов. Научно-исследовательские институты ведут работу по усовершенствованию систем единиц, по разработке, хранению и исследованию эталонов, по созданию новых методов поверки и поверочной аппаратуры, определению физических констант, по теоретической метрологии и т.д.

Проводится также широкая международная деятельность в рамках Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ), которая тесно сотрудничает с Международной организацией по стандартизации (ИСО). Так, в 1983 г. было принято новое определение метра: это длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ долю секунды. Это стало возможным после того, как скорость света в вакууме (299792458 м/с) метрологи приняли в качестве физической константы. Интересно отметить, что теперь с точки зрения метрологических правил метр зависит от секунды – единицы, размер которой определяется с наивысшей точностью.

На современном этапе технического развития общества из «Метрологии» выделилась «Квалиметрия» (от английского quality – качество и греческого metron – измерять) – наука, занимающаяся измерением параметров качества продукции, процессов, услуг.

Постоянная деятельность по совершенствованию эталонов и созданию новых, основанных на высокостабильных квантовых явлениях, привело к появлению новой науки «Квантовой метрологии».

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1 Что такое метрология?

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Измерения физических величин, технических параметров, характеристик процессов, состава и свойств веществ, размеров основаны на практическом использовании положений метрологии. Термины и определения в метрологии устанавливает РМГ 29-99.

Метрологию подразделяют на общую (теоретическую и экспериментальную), прикладную и законодательную.

Теоретическая метрология: раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии. Иногда применяют термин "фундаментальная метрология". Общая метрология занимается фундаментальными исследованиями, разработкой общей теории измерений, формированием систем единиц измерений, созданием эталонов, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, мер и определением физических постоянных.

Практическая (прикладная) метрология: раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии. Прикладная метрология занимается решением практических задач, важнейшими из которых являются создание методов и рабочих средств измерений с целью обеспечения единства измерений

Законодательная метрология: раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимой точности измерений в интересах общества.

Законодательная метрология служит средством государственного регулирования метрологической деятельности посредством законов и законодательных положений, которые вводятся в практику через Государственную метрологическую службу и метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц. К области законодательной метрологии относятся испытания и утверждение типа средств измерений, их поверка и калибровка, сертификация средств измерений, государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерений.

Что такое измеряемые свойства и их меры?

Измерительная задача заключается в получении конкретных количественных данных о материальном объекте, который в свою очередь характеризуется наличием определенных свойств. Любое свойство может проявляться в большей или меньшей степени, т.е. имеет количественную характеристику. Следовательно, любое свойство может быть измерено.

Каждое свойство может быть охарактеризовано по-разному. Свойство нагретости тел, например, может характеризоваться средней скоростью теплового движения молекул, а может термодинамической температурой. Свойство пространственной протяженности можно характеризовать расстоянием между двумя точками пространства, а можно - углом между направлениями на них из точки наблюдения. Неопределенность числового значения случайной величины характеризуется энтропией или доверительным интервалом при выбранной доверительной вероятности и т.д. Понятно, что для удобства общения и обеспечения единства измерений все должны пользоваться одинаковыми характеристиками. Их называют *мерами*. Согласованные меры узакониваются соглашениями. В физике и ее технических приложениях меры получили название *физических величин*. К ним относятся длина, сила, масса, давление, время, скорость и др. В математике: мера рассеивания значений случайной величины – дисперсия; в информатике мера неопределенности – энтропия. В экономике мерами служат

экономические показатели. Это стоимость, прибыль, цена, затраты и т.д. В квалиметрии меры называются *показателями качества*. Можно привести и другие *системы мер*.

Что такое физическая величина?

Физическая величина – свойство общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Индивидуальность в количественном отношении понимают в том смысле, что свойство может быть для одного объекта в определенное число раз больше или меньше, чем для другого. Таким образом, физическая величина – это измеренные свойства или характеристики физических объектов или процессов, с помощью которых они могут быть изучены, т. е. найдены свойственные им закономерности. К физическим величинам относятся: длина, масса, время и т. д.

В физике рассматривается большое число величин, для каждого ее раздела характерны свои величины, однако некоторые из них являются общими для различных разделов физики, например, энергия, могущая переходить из одной формы в другую.

Вместе с этим в технике приходится оперировать с большим числом величин, не являющихся непосредственно физическими величинами, но позволяющих оценивать с количественной стороны различные технические устройства.

Величины можно характеризовать своим видом, определяющим качественную сторону, и размером, т. е. количественной стороной. Вид величины это только ее характер без указания, к какому объекту она относится. Так, длина вообще, масса вообще. При измерениях же мы имеем дело с конкретными объектами, с которыми связана величина. Например, объектом измерений может быть диаметр втулки (как частный случай длины), количество зерна в бункере (как частный случай массы) и множество других величин, связанных с самыми разнообразными объектами.

Размер величины всегда выражается некоторым числом принятых единиц измерений.

Что понимают под понятием размерность физической величины?

Формализованным отражением качественного различия физических величин является их *размерность*. Размерность обозначается символом *dim*, происходящим от слова dimension, которое в зависимости от контекста может переводиться и как размер, и как размерность.

Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами. Для длины, массы и времени, например,

$$\dim l = L; \dim m = M; \dim t = T.$$

При определении размерности **производных** величин руководствуются следующими правилами:

1. Размерности правой и левой частей уравнения не могут не совпадать, т.к. сравниваться между собой могут только одинаковые свойства. Таким образом, алгебраически могут суммироваться только величины, имеющие одинаковые размерности.

2. Алгебра размерностей мультипликативна, т.е. состоит из одного единственного действия - умножения.

2.1. Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей. Так, если зависимость между значениями величин Q, A, B, C имеет вид $Q=ABC$, то

$$\dim Q = \dim A \times \dim B \times \dim C.$$

2.2. Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, т.е. если $Q=A/B$, то

$$\dim Q = \dim A / \dim B.$$

2.3. Размерность любой величины, возведенной в некоторую степень, равна ее размерности в той же степени. Так, если $Q=A^n$, то

$$\dim Q = \prod_1^n \dim A = \dim^n A.$$

Например, если скорость определять по формуле $V = S/t$, то

$$\dim V = \dim S / \dim t = L/T = LT^{-1}.$$

Если сила по второму закону Ньютона $F = ma$, где $a = V/t$ - ускорение тела, то

$$\dim F = \dim m \dim a = ML/T^2 = MLT^{-2}.$$

Таким образом, всегда можно выразить размерность производной физической величины через размерности основных физических величин с помощью степенного одночлена:

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

где L, M, T, \dots - размерности соответствующих основных физических величин; $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ - *показатели размерности*. Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным числом, нулем.

Если все показатели размерности равны нулю, то такая величина называется *безразмерной*. Она может быть *относительной*, определяемой как отношение одноименных величин (например, от-

носительная диэлектрическая проницаемость), и *логарифмической*, определяемой как логарифм от носительной величины (например, логарифм отношения мощностей или напряжений).

Теория размерности повсеместно применяется для оперативной проверки правильности формул (по правилу 1). Формальное применение алгебры размерностей иногда позволяет определить неизвестную зависимость между физическими величинами.

Что такое единица измерений физической величины?

Единица измерений физической величины есть физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин. Единицы измерений некоторой величины могут отличаться по своему размеру, например, метр, фут и дюйм, являясь единицами длины, имеют разный размер: 1 фут = 0,3048 м, 1 дюйм = 0,254 м.

Какие утверждения лежат в основе теоретической метрологии?

В теоретической метрологии приняты три постулата, которыми руководствуются на трех этапах метрологических работ:

- при подготовке к измерениям (постулат 1);
- при проведении измерений (постулат 2);
- при обработке измерительной информации (постулат 3).

Постулат 1: без априорной информации измерение невозможно.

Постулат 2: измерение есть ни что иное, как сравнение.

Постулат 3: результат измерения без округления является случайным.

Что такое априорная измерительная информация?

Априорной измерительной информацией является вся сумма знаний об измеряемом объекте и условиях проведения измерений, которой располагают до начала измерений. Действительно, если об исследуемом объекте мы ничего не знаем, то не можем начать измерение; неизвестно, что измерять, каким образом и каким средством измерений измерять и с какими величинами сравнивать.

Если об исследуемом объекте известно все, то измерение не нужно: оно не даст никакой дополнительной информации. Таким образом, измерение обусловлено дефицитом количественной информации о том или ином свойстве объекта или явления и направлено на его уменьшение.

Что нужно знать об измеряемом объекте до начала измерений?

Экспериментатор должен иметь априорную информацию об измеряемом объекте по данным направлениям:

- уровень контролепригодности измеряемого параметра: возможно ли, в принципе, проведение измерений этого параметра имеющимися средствами измерений?
- единицы величин, в которых надо измерять параметр, т.е. с чем сравнивать его размер?
- возможный диапазон изменения измеряемой величины для определения диапазона измерений выбираемых технических средств;
- возможные, влияющие на результат измерения, факторы с целью их исключения, учета или компенсации.

Почему результат измерений является случайной величиной?

Любой результат измерений содержит погрешность из-за наличия погрешностей, присущих средству измерений, методу и методике измерений, из-за влияния внешних факторов и других причин, вызывающих погрешности.

Рассеяние результатов, проявляющееся в несовпадении результатов измерений одной и той же величины в ряду равноточных измерений, как правило, обуславливается наличием случайных погрешностей. В этом случае количественную оценку рассеяния результатов в ряду измерений вследствие действия случайных погрешностей обычно получают после введения поправок на действие систематических погрешностей. Оценками рассеяния результатов в ряду измерений являются: размах, средняя арифметическая погрешность (по модулю), средняя квадратическая погрешность (стандартное отклонение), доверительные границы погрешности.

Как известно, случайные погрешности прогнозировать, исключать или компенсировать невозможно. Вследствие неизбежного содержания случайных погрешностей результаты измерений рассматриваются как случайные величины. Поэтому при статистической обработке результатов измерений наиболее полными являются их вероятностные характеристики.

Что такое общее уравнение измерений?

Суть измерения заключается в количественном выражении искомой величины (на основании эксперимента) с помощью сопоставления этой величины с однородной величиной, принятой за единицу. Результат измерения записывается в виде общего уравнения измерений:

$$Q = n[Q], \quad (1.1)$$

где Q – измеряемая физическая величина; n – число единиц; $[Q]$ – единица физической величины.

Что представляет собой система единиц физических величин?

Система единиц физических величин: совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами для заданной системы физических величин. Например, Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г.

Основная единица системы единиц физических величин: единица основной физической величины в данной системе единиц. Например, основные единицы Международной системы единиц: метр (м), килограмм (кг), секунда (с), ампер (А), кельвин (К), моль (моль) и кандела (кд).

Определение понятия "дополнительная единица" в международных документах отсутствует. До введения Международной системы единиц СИ это понятие в физике не применялось. В СИ единицы плоского (радиан) и телесного (стерадиан) углов выделены в отдельную группу дополнительных единиц, хотя определение, что понимается под дополнительными величинами и, соответственно, единицами не дано.

Производная единица системы единиц физических величин: единица производной физической величины системы единиц, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными.

Что такое производные единицы СИ?

Производные единицы СИ образуются из основных, дополнительных и ранее образованных производных единиц СИ при помощи уравнений связи между физическими величинами, в которых числовые коэффициенты равны единице. Для этого величины в правой и левой частях уравнения связи принимают равными единицам СИ. Например, для производной единицы скорости СИ, определяемой из уравнения $v = L/T$ записывают уравнение единиц $[v] = [L]/[T]$, а вместо символов L и T подставляют их единицы (1 м и 1 с) и получают $[V] = 1 \text{ м} / 1 \text{ с} = 1 \text{ м/с}$. Это означает, что единицей скорости СИ является метр в секунду.

Производным единицам могут присваиваться наименования в честь известных ученых.

Так, уравнение связи между величинами для определения единицы давления $p = F/S$, уравнение связи между единицами давления, силы и площади $[p] = [F]/[S]$. Подставив вместо F и S единицы этих величин в СИ (1 Н и 1 м²), получим $[p] = 1 \text{ н} / 1 \text{ м}^2 = 1 \text{ Н/м}^2$. Этой единице присвоено наименование – паскаль (Па) по имени французского математика и физика Блеза Паскаля.

Каковы принципы формирования и виды систем единиц?

Принципы формирования систем единиц физических величин были сформулированы К. Гауссом в 1832 г.:

- 1) выбираются основные физические величины;
- 2) устанавливаются единицы основных физических величин; Размеру каждой основной физической величины приписано числовое значение, равное единице. Выбор его является произвольным и определяется только удобством применения. Эти размеры, называемые единицами основных физических величин, закрепляются законодательным путем;

- 3) устанавливают единицы производных физических величин.

К. Гауссом была разработана система единиц, названная им абсолютной, с основными единицами – миллиметр, миллиграмм и секунда. Ученый В. Вебер распространил предложенный К. Гауссом метод образования производных единиц на электрические величины {электродвижущую силу, силу тока, сопротивление}.

Метод, указанный Гауссом и Вебером, был в последующем применен для построения электростатической и электромагнитной систем СГС (сантиметр, грамм, секунда), принятых комиссией Британской ассоциации для развития наук. Число систем единиц продолжало увеличиваться и в результате было создано и внедрено в практику довольно много различных систем, основанных на метрических единицах, например в области механики:

Сантиметр – грамм – секунда (СГС),
метр – тонна – секунда (МТС),
метр – килограмм – секунда (МКС),
метр– килограмм-сила – секунда (МКГСС).

В области электродинамики:

сантиметр – грамм – секунда электростатическая (СГС Е),
сантиметр – грамм – секунда электромагнитная (СГС М)
сантиметр – грамм – секунда симметрическая или Гауссова (СГС).

Кроме этих, находили широкое применение и другие системы – МКСА, МКГСС, МКСГ и др.

Из приведенных примеров о развитии систем единиц, видно, что в этом развитии не было общего, объединяющего принципа. Единицы зачастую подбирали для отдельно взятых групп величин. Это и приводило к большой пестроте единиц и затрудняло обеспечение единства измерений.

В настоящее время при построении или введении новой системы единиц ученые руководствуются только практической целесообразностью, для обеспечения которой существуют критерии:

- простота образования производных физических величин и их единиц, т.е. равенство единице коэффициентов пропорциональности в уравнениях связи (свойство когерентности);
- высокая точность материализации основных и производных единиц и передачи их размера нижестоящим эталонам;
- неуничтожаемость эталонов основных единиц, т.е. возможность их воссоздания в случае утраты;
- преемственность единиц, сохранение их размеров и наименований при введении новой системы единиц, что снижает материальные и психологические затраты;
- близость размеров основных и производных единиц к размерам физических величин, наиболее часто встречающихся на практике;
- долговременность хранения основных и производных единиц их эталонами;
- выбор в качестве основных минимального числа физических величин, отражающих наиболее общие свойства материи.

Как появилась и развивалась метрическая система единиц?

7 апреля 1795 года Конвент Франции принял закон о введении метрической системы мер, в которой первой из основных единиц была единица длины – метр. В 1799 г. Парижской академией наук была закончена работа по созданию платиновых прототипов метра и килограмма. Они сданы на хранение в Архив Франции и называются архивными.

20 мая 1875 г. В Париже представителями 17 государств была подписана Метрическая конвенция для обеспечения международного единства и усовершенствования метрической системы мер.

В России метрическая система мер была официально признана и применялась как предпочтительная с подписанием декрета Совнаркома РСФСР от 14 сентября 1918 г. С 1 января 1927 г. Эта система стала единственной допускаемой в СССР.

В результате развития метрической системы мер возникла множественность единиц измерений, вошедших в употребление в науке и технике, ставшей препятствием для сопоставления результатов измерений данных о свойствах веществ и материалов, для выполнения технических расчетов, т. е. она стала препятствием для прогресса науки и техники. Так появилась потребность замены множественности применяемых единиц одной унифицированной системой единиц.

В 1954 г. X Генеральной конференцией по мерам и весам принято решение о применении в качестве основных единиц практической системы: длины – метр, массы – килограмм, времени – секунда, силы тока – ампер, термодинамической температуры – градус Кельвина, силы света – кандела (свеча).

Что представляет собой система единиц СИ (СИ)?

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам приняла список двух дополнительных и 27 производных единиц и присвоила ей наименование «Международная система единиц». Сокращенное обозначение SI (от начальных букв SI в словах System Internationale). На XIV Конференции была введена седьмая основная единица СИ – моль.

Внедрение Международной системы единиц в нашей стране осуществлялось в несколько этапов, а окончательно сформировалась СИ с 1 января 1982 г. С этого времени был внедрен ГОСТ 8.417—81 (СТ СЭВ 1052—78) «ГСИ. Единицы физических величин». Все другие системы с этого времени подлежали изъятию.

Основные достоинства СИ:

- универсальность – охват всех областей науки и техники;
- унификация единиц для всех областей и видов измерений (механических, тепловых, электрических, магнитных и т. д.), например, вместо ряда применявшихся ранее единиц работы и энергии (кгс-м, эрг, л.с-ч., кал, Вт-с, Дж и другие) в СИ предусмотрена одна системная единица джоуль (Дж), как единица работы, энергии, количества теплоты;
- когерентность единиц – все производные единицы СИ получаются из уравнений связи между величинами, в которых коэффициенты равны единице;
- возможность воспроизведения единиц с высокой точностью в соответствии с их определениями.
- упрощение записи уравнений и формул в физике, химии, а также в технических расчетах в связи с отсутствием переводных коэффициентов;
- уменьшение числа допускаемых единиц;
- единая система образования кратных и дольных единиц, имеющих собственные наименования;
- облегчение процесса обучения.

В настоящее время СИ состоит из 7 основных, 2 дополнительных и ряда производных единиц.

Что представляют собой основные единицы системы СИ?

Основными единицами Международной системы СИ являются: метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина, кандела, моль.

Что такое кратные и дольные единицы, и каковы правила их образования?

На XI Генеральной конференции по мерам и весам вместе с принятием СИ были приняты 12 кратных и дольных приставок, к которым на последующих конференциях были добавлены новые. Приставки дали возможность образовывать десятичные кратные и дольные единицы от единиц СИ.

Кратная единица физической величины: единица физической величины, в целое число раз большая системной или внесистемной единицы. Например, единица длины 1 км = 10^3 м, т. е. кратная метру; единица частоты 1 МГц (мегагерц) = 10^6 Гц, кратная герцу; единица активности радионуклидов 1 МБк (мегабеккерель) = 10^6 Бк, кратная беккерелю.

Дольная единица физической величины: единица физической величины, в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы.

Названия кратных и дольных единиц образуются с помощью приставок, приведенных в таблице.

Таблица 3 – Множители и приставки к единицам СИ

Множитель	Название	Происхождение
10^{18}	экса	шесть (раз по 10^3)
10^{15}	пета	пять (раз по 10^3)
10^{12}	тера	огромный
10^9	гига	гигант
10^6	мега	большой
10^3	кило	тысяча
10^2	гекто	сто
10^1	дека	десять
10^{-1}	деци	десять
10^{-2}	санти	сто
10^{-3}	милли	тысяча
10^{-6}	микро	малый
10^{-9}	нано	карлик
10^{-12}	пико	пикколо (маленький)
10^{-15}	фемто	пятнадцать
10^{-18}	атто	восемнадцать

Каковы правила образования кратных и дольных единиц?

1. Присоединение подряд двух или более приставок к исходной единице не допускается

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
микрокилограмм	миллиграмм
2. Приставку или ее обозначение пишут слитно с наименованием единицы или с ее обозначением

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
деци-метр	дециметр
3. К единице, образованной произведением или отношением единиц присоединяют приставку по наименованию первой единицы. Например, для единицы — паскаль-секунда на метр (Па с/м)

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
паскаль-килосекунда на метр (Па кс/м)	килопаскаль-секунда на метр (кПа с/м)
4. Для ряда единиц, имеющих широкое применение, приставка может применяться во втором множителе. Например, ватт на квадратный сантиметр (Вт/см²).
4. Если единицы возведены в степень, то приставку присоединяют к наименованию исходной единицы. Например, приставку «кило» для единицы объема (кубический метр) присоединяют к слову метр, в результате образуется кратная единица — кубический километр.
5. Выбор десятичной кратной или дольной единицы диктуется удобством ее применения. Обычно выбирают ту единицу, которая приводит к числовым значениям, приемлемым на практике. Обычно их выбирают таким образом, чтобы числовое значение измеряемой величины было в диапазоне от 0,1 до 1000.
6. В случае, когда наименование производной единицы представляет собой произведение единиц, то оно записывается через дефис, до и после которого не оставляется пробел — ньютон-метр (Нм) и др. Если же в наименовании производной содержится отношение единиц, то используется

предлог «на» — ампер на метр (А/м) и др. Исключение составляют единицы, характеризующие явления во времени. Для них используется предлог «в» — метр в секунду (м/с) и др.

7. При склонении сложных наименований, представляющих собой произведение единиц, склоняется только последнее наименование и относящееся к нему прилагательное «квадратный», «кубический», например, магнитный момент равен пяти ампер-квадратным метрам. При склонении наименований, представляющих собой отношение единиц, склоняется только числитель, например, теплопроводность равна — 10 ваттам на метр-кельвин и др.

8. В наименованиях единиц площади и объема применяются прилагательные «квадратный» и «кубический» — квадратный метр (м²) и др. Эти же прилагательные применяются в случаях, когда единица площади или объема входит в производную единицу другой величины — кубический метр в секунду (м³/с) и др.

Если же вторая и третья степени длины не представляют собой площади или объема, то в наименовании единицы применяются выражения «в квадрате» или «во второй степени», «в кубе» или «в третьей степени» — килограмм-метр в квадрате (кг-м²) и др.

9. Международные и русские обозначения относительных и логарифмических единиц: процент (%), промилле (‰), миллионная доля (ррт, млн⁻¹), бел (В, Б), децибел (дБ, дБ), октава (окт), декада (дек), фон (phon, фон).

10. К обозначениям единиц и их наименованиям нельзя добавлять буквы (слова), указывающие на физическую величину или на объект. Например, п. м. или мп (погонный метр), укм (условный квадратный метр), экм (эквивалентный квадратный метр), нм³ или Нм³ (нормальный кубический метр), тут (тонна условного топлива), % весовой (весовой процент). Во всех таких случаях определяющие слова следует присоединять к наименованию величины, а единицу обозначать в соответствии со стандартом. Например, погонная длина 10 м, эквивалентная площадь 40 м², объем газа (приведенный к нормальным условиям) 300 м³, масса топлива (условного) 7000 т, массовая доля 30 %, объемная доля 5 % и т. д.

Обозначения единиц, названных в честь ученых, пишут с прописной буквы (А, К, Ф и др.)

Буквенные обозначения единиц печатаются прямым шрифтом. В обозначениях единиц точка в качестве знака сокращения не ставится. Однако если сокращается слово, входящее в наименование единицы, то точка ставится. Например, мм рт. ст. Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделяются точками на средней линии как знаками умножения, однако это не касается машинописных текстов. Нельзя при указании производной единицы, состоящей из двух и более единиц, для одних приводить обозначения, а для других наименования. Вместе с тем в обоснованных случаях допускается использовать сочетания специальных знаков с буквенными обозначениями единиц.

11. Если в числовом значении величины встречается десятичная дробь, обозначение единицы ставится после всех цифр. Если указаны значения величины с допусками (предельными отклонениями), следует заключить числовые значения в скобки и обозначения единиц помещать после скобок или проставлять обозначения единиц после числового значения величины и после ее предельного отклонения

<i>Правильно</i>	<i>Неправильно</i>
(100,0±0,1) кг	100,0±0,1 кг
50 г±1 г	50±1 г

Если в тексте приводят подряд несколько числовых значений какой-нибудь физической величины, выраженных одной и той же единицей, эту единицу можно указывать только после последней цифры.

12. В случае, когда производные единицы образованы путем деления одних на другие, то в их обозначениях должна применяться косая черта, при этом сами обозначения помещаются в строку. При использовании косой черты обозначения произведения единиц в знаменателе должны быть заключены в скобки. Допускается обозначение единицы в форме произведения обозначений единиц, возведенных в положительные и отрицательные степени, а также с помощью пробной черты. Нельзя при обозначении сложных производных единиц применять более одной косой или горизонтальной черты. Обозначения единиц, совпадающие с наименованиями этих единиц, по падежам и числам изменять не следует, если они помещены после числовых значений, а также в заголовках граф, боковых таблиц и выводах, в пояснениях обозначений величин к формулам.

К таким обозначениям относятся: бар, бер, вар, моль, рад. Следует писать: 1 моль, 2 моль, 5 моль и т. д. Исключение составляет обозначение: «св. год», которое изменяется следующим образом 1 св. год, 2, 3, 4 св. года, 5 св. лет.

13. При образовании и обозначении кратных и дольных единиц следует помнить, что если физическая величина имеет наименование из одного слова, то приставка пишется слитно с наименованием. Нельзя применять две и более приставок.

Правильно

Неправильно

ГДж МкДж

В связи с тем, что наименование основной единицы массы килограмм — содержит приставку «кило», для образования кратных и дольных единиц массы используют дольную единицу — грамм.

Правильно

Неправильно

мг

мккг

В случае, когда единица образована как произведение или отношение единиц, приставку следует присоединить к наименованию первой единицы, входящей в произведение или отношение

Правильно

Неправильно

кПа с/м

Па кс/м

Приставку можно применять во втором множителе или знаменателе в обоснованном случае, когда имеется широкое распространение таких единиц. Например, Вт/см², А/мм².

14. Наименования кратных и дольных единиц от единицы, возведенной в степень, следует образовывать путем присоединения приставки к наименованию исходной единицы. Обозначения кратных и дольных единиц от единицы, возведенной в степень, следует образовывать добавлением соответствующего показателя степени к обозначению кратной или дольной этой единицы, причем, показатель обозначает возведение в степень кратной или дольной единицы вместе с приставкой.

Например, $0,02 \text{ см}^{-1} = 0,02 (10^{-2} \text{ м}) = 0,02 \cdot 100 \text{ м}^{-1} = 2 \text{ м}^{-1}$.

Что такое внесистемные единицы?

Система единиц и сами единицы складывались веками, образовывались определенные традиции и привычки. Так, до недавнего времени урожайность в нашей стране определялась в миллионах пудов, в США используют единицу массы фунт, единицу длины — милю и т.д.

В то же время эти и другие единицы не входят в СИ и тем не менее они используются в науке и технике, в быту.

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, соответствуют 10 физическим величинам. Для некоторых величин имеется несколько единиц, поэтому общее число достигает 18. Внесистемные единицы подразделяются на два вида:

- единицы, получившие распространение наравне с единицами СИ и в сочетании с ними;
- единицы, применяемые в специальных областях науки и техники.

Примечание. Не допускается применение с приставками единиц времени (минута, час, сутки) и плоского угла (радиус, минута, секунда).

Внесистемные единицы, временно допускаемые к применению, подлежат постепенному изъятию в соответствии с решениями международных организаций в том или ином виде деятельности. Например, традиционно используемая единица длины — миля и единица скорости — узел применяются в морской навигации всех стран. Морские карты, приборы выпускаются и используются с учетом этих единиц. Переход на единицы СИ возможен лишь в будущем.

Примечание. Не допускается применение с приставками следующих единиц: астрономическая, световой год, диоптрия, атомная единица массы.

Что такое измерение?

Измерение физических величин представляет собой совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины и обеспечивающего нахождение соотношения (в явном и неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Результат измерения записывается в виде общего уравнения измерений:

$$Q = n [Q],$$

где Q — измеряемая физическая величина; n — число единиц; $[Q]$ — единица физической величины.

Примечание. Так как измеряются не только физические величины, имеет место и другая трактовка понятия «измерение». Измерение — совокупность операций, выполняемых с целью определения значения величины. Здесь определение понятия «измерение» не ограничивается нахождением значения физической величины, нет упоминания о технических средствах. Данная трактовка понятия подходит как к физическим, так и нефизическим величинам. Следовательно, к измерениям можно отнести и различные виды количественного оценивания величин.

Что такое единство измерений?

Единство измерений — состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы. Таким образом, для обеспечения единства измерений все должны пользоваться при измерениях одинаковых физических величин одинаковыми единицами измерений.

Единство измерений достигается точным воспроизведением и хранением установленных ЕФВ и передачи их размеров применяемым СИ. Это осуществляется с помощью эталонов калибровкой и испытаниями средств измерений на предприятиях изготовителях и периодичности поверки или калибровки при эксплуатации на определения соответствия МХ, установленным в НД на них нормам. Если эти нормы нарушены, СИ изымается из эксплуатации и после ремонта заново градуируется, калибруются, поверяются.

Как классифицируются измерения?

В зависимости от характерных признаков, измерения классифицируются на несколько видов:

- по характеристике точности – равноточные, неравноточные;
- по числу измерений в серии – однократные и многократные;
- по выражению результата измерений – абсолютные и относительные;
- по отношению к изменению измеряемой величины во времени – статические и динамические;
- по метрологическому назначению – технические и метрологические;
- по общим приемам получения результатов измерений – прямые, косвенные, совместные, совокупные.

Что такое равноточные и неравноточные измерения?

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

Неравноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различными по точности средствами измерения, в разных условиях и (или) разными операторами.

Зачастую измерения требуют много времени, в течение которого не всегда удается сохранить идентичность условий измерений. Меняющиеся условия измерений, вынужденная замена одних средств измерений другими, смена оператора – все это приводит к получению групп измерений с разными характеристиками погрешностей. Такие группы измерений и называют *неравноточными*. К ним также относят и группы измерений, в которых измерение одной и той же величины производится разными методами, характеризующимися различными погрешностями.

Что такое однократные и многократные измерения?

Однократное измерение — измерение, выполненное один раз.

Например, определение времени по часам. При таких измерениях показания средств измерений являются результатом измерений, а погрешность используемого средства измерений определяет погрешность результата. Поэтому перед проведением измерений принимают меры по созданию и поддержанию нормальных условий, т. е. определяются влияющие факторы и меры, направленные на уменьшение их влияния, значения поправок, выбирается средство измерений, изучаются его метрологические характеристики. Одним из главных итогов этой работы должна быть уверенность в том, что погрешности метода и оператора малы по сравнению с допускаемой погрешностью измерений (обычно допускается их сумма не выше 30% от допускаемой погрешности измерений). Если это условие выполняется, то в результате измерения получают одно значение отсчета, которое используется для получения единственного значения Q измеряемой величины (результата измерений). Однократные измерения используют в тех случаях, когда случайная составляющая погрешности мала по сравнению с не исключенными систематическими погрешностями, или в тех случаях, когда для их проведения есть производственная необходимость, т.е. условия измерений не позволяют провести повторные измерения.

Если необходима большая уверенность в получаемом результате, то проводятся многократные измерения.

Многократное измерение – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т. е. состоящее из ряда однократных измерений (выполненных не менее 4 раз).

За результат многократного измерения обычно принимают среднее арифметическое значение из результатов однократных измерений, входящих в ряд.

Эти измерения повторяются оператором в одинаковых условиях, использующим одни и те же средства измерений. Такие измерения характерны при выполнении метрологических работ, а также находят широкое применение в научных исследованиях. По результатам многократных измерений проводится анализ, главной особенностью которого является получение и использование большого объема измерительной информации.

Прежде чем приступить к обобщению результатов измерений, определяют, нет ли в полученных результатах грубых погрешностей.

Применение многократных измерений позволяет повысить точность измерения до определенного предела, но недостаток полученной информации не позволяет получить точное значение поправок, значений составляющих погрешностей и т.п. В связи с этим устанавливают необходимое число измерений, которое позволяет получить результат измерений, в котором случайная погрешность пре-

небрежимо мала по сравнению с неисключенной систематической погрешностью. Число измерений находят по формуле $n = 64(\sigma/\theta)$ где σ – среднее квадратическое отклонение ряда измерений, θ – неисключенная систематическая погрешность.

Что такое абсолютное и относительное измерения?

Абсолютное измерение – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. Абсолютное измерение приводит к значению измеряемой величины, выраженному в ее единицах.

При измерении длины детали штангенциркулем результат выражается в единицах измеряемых величин (в миллиметрах).

Относительное измерение – вид измерения, при котором измеряется отношение величины к одноименной величине, играющей роль единицы или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Примером может служить измеритель скорости у сверхзвуковых самолетов, показывающий отношение скорости самолета к скорости звука, или указатели расхода бензина в автомобилях.

Что такое статические и динамические измерения?

Статические измерения – это измерения физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

Например, измерения размеров деталей при нормальной температуре, влажности почвы, зерна, температуры воздуха, размеров земельного участка и др.

Динамические измерения – это измерения, в процессе которых размер физической величины изменяется с течением времени.

Например, измерения давления и температуры в цилиндре работающего двигателя, тяговых усилий трактора, расстояния до поверхности земли со снижающегося самолета.

Строго говоря, все физические величины подвержены тем или иным изменениям во времени. В этом убеждает применение все более и более чувствительных средств измерения, которые дают возможность обнаруживать изменение величин, ранее считавшихся постоянными, поэтому классификация измерений на динамические и статические является условной.

Что такое технические и метрологические измерения?

Технические измерения обычно используются в ходе контроля при изготовлении изделий, технологических процессов. Например, измерение давления пара в котле при помощи манометра. Обычно они выполняются с помощью рабочих средств измерений. Погрешность результата технических измерений определяется характеристиками используемых рабочих средств (измерения, выполняемые в процессе производства на предприятиях, испытательных станциях, в измерительных лабораториях и т. д.).

Метрологические измерения предназначаются для воспроизведения единиц физических величин или для передачи их размера рабочим средствам измерений. В ходе их выполнения используются эталоны или образцовые средства измерений.

По условиям, определяющим точность результата, они подразделяются на измерения максимально достижимой точности (эталонные, физических констант и сред, например абсолютного значения ускорения свободного падения) и контрольно-поверочные измерения. Во втором случае погрешность не должна превышать некоторое заданное значение (измерения, выполняемые лабораториями государственных и ведомственных метрологических служб).

Что такое прямые измерения?

Прямые измерения – это измерения, при которых искомое значение физической величины получают непосредственно.

Прямые измерения составляют основу более сложных видов измерений.

К прямым относятся измерения, результаты которых получают с помощью средства измерения, находящегося под воздействием данной измеряемой величины, проградуированного непосредственно в единицах этой величины. При проведении этих измерений, как правило, не требуется каких-либо вычислений.

Математически прямое измерение может быть представлено в виде $Q = n[Q]$ Числовое значение n , характеризующее размер величины Q , выраженной в единицах $[Q]$, определяется непосредственно по показаниям мер или измерительных приборов, предназначенных для измерений данной величины Q .

Примером прямых измерений являются измерения длины листа бумаги линейкой, времени при помощи часов, массы при помощи гирь на равноплечих весах, температуры – термометром, силы тока – амперметром и т. д.

Прямое измерение может также заключаться в однократном применении измерительного прибора с непосредственным отсчетом по нему результата, но может включать и несколько повторных наблюдений с вычислением результата как среднего из нескольких измерений. Для получения ре-

зультата также может потребоваться умножение отсчета по шкале измерительного прибора на цену деления.

Что такое косвенные измерения?

Косвенные измерения – это измерения, при которых определение искомого значения физической величины производится на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

Результат находят из решения уравнения, выражающего эту зависимость:

$$Q = f(X, Y, Z, \dots, W).$$

где Q – измеряемая величина; X, Y, Z, \dots, W – величины, размер которых определяется из прямых измерений.

Например, требуется измерить удельное электрическое сопротивление некоторого материала. Так как приборов для прямых измерений удельного сопротивления нет, его можно измерить только косвенно. Для этого воспользуемся уравнением

$$\rho = \frac{RS}{L},$$

где ρ – удельное сопротивление; R – электрическое сопротивление; S – площадь поперечного сечения; L – длина образца.

Если измерить длину L , площадь поперечного сечения S и электрическое сопротивление R , то можно вычислить и его удельное сопротивление.

Косвенные измерения достаточно часто встречаются в метрологии, где ими пользуются при воспроизведении единиц. Такие измерения позволяют получать более точный результат, чем прямые. Особенно велика роль косвенных измерений в естественных науках, когда реализация прямых измерений при изучении явлений затруднительна. Например, явления, изучаемые в астрономии, молекулярной и атомной физике и т. д.

Примеры косвенных измерений: определение эффективной мощности двигателя при его испытании на основании прямых измерений крутящего момента и частоты вращения вала двигателя; определение площади фигур или объема тел по прямым измерениям их геометрических размеров.

Что такое совокупные измерения?

Совокупные измерения – это измерения, проводимые одновременно для нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют решением системы уравнений, составленных по результатам прямых измерений различных сочетаний этих величин.

Для определения значений искомых величин число уравнений должно быть не меньше числа величин. Пример совокупных измерений: массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

Что такое совместные измерения?

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

Целью совместных измерений является нахождение функциональной зависимости между величинами (длины тела от температуры, расхода топлива от частоты вращения вала двигателя и т. д.).

В чем сходства и различия совокупных и совместных измерений?

Система уравнений, получаемая при совместных или совокупных измерениях, может быть записана в виде:

$$f_1(X_1, X_2, \dots, Y_{11}, Y_{21}, \dots) = 0;$$

$$f_2(X_1, X_2, \dots, Y_{12}, Y_{22}, \dots) = 0;$$

...

$$f_n(X_1, X_2, \dots, Y_{1n}, Y_{2n}, \dots) = 0;$$

где X_1, X_2, \dots – измеряемые величины; Y_{1n}, Y_{2n} – величины, определяемые прямыми или косвенными измерениями.

В данной системе уравнений под величинами $X_1, X_2, \dots, Y_{1i}, Y_{2i}$ понимаются конкретные размеры величины, связанные с некоторыми объектами, с которыми имеем дело при данных измерениях. При переходе от одного уравнения к другому изменяются либо условия измерения (при этом группа величин Y_{11}, Y_{12}, \dots переходят в группу $Y_{12}, Y_{22}, Y_{32}, \dots$ и т. д.) в случае совместных измерений, либо сочетания измеряемых величин (т. е. входящих в группу величин, обозначенных символом X) в случае совокупных измерений.

Совместные и совокупные измерения по способам нахождения искомых значений измеряемых величин близки, так как и в том и в другом случаях они находятся путем решения системы уравнений.

Отличие состоит в том, что при совокупных измерениях одновременно измеряют несколько одноименных величин, а при совместных – разноименных.

Совокупные измерения состоят из ряда прямых измерений однородных величин, причем, при переходе от одного ряда к другому меняются сочетания измеряемых величин, из-за чего уравнения, как результаты измерений, могут получиться неравноточными. Например, при определении действительных значений гирь из одного набора для одной гири определяют ее действительное значение путем сравнения с образцовой гирей. А действительное значение остальных гирь находят в результате решения уравнения.

Они построены на основании сравнения в разных сочетаниях всех гирь, входящих в набор.

Совместные измерения основываются на известных уравнениях, отражающих существующие в природе связи между свойствами объектов, т. е. между величинами.

Например, при установлении зависимости электрического сопротивления катушки от температуры измеряют температуру t и сопротивление катушки R , соответствующее этой температуре. Искомые величинами являются R_{20} , α , β из формулы

$$R_t = R_{20} + \alpha (t-20) + \beta (t-20)^2,$$

где R_t – сопротивление катушки при температуре t ; R_{20} – сопротивление катушки при температуре 20°C; α и β – коэффициенты температурной зависимости.

Изменяя температуру масла в термостате, в которое погружена катушка сопротивления, определяют прямыми измерениями значения R_t сопротивления катушки и t_i ее температуры. В результате получают несколько уравнений вида:

$$R_{t1} = R_{20} + \alpha (t_1-20) + \beta (t_1-20)^2,$$

$$R_{t2} = R_{20} + \alpha (t_2-20) + \beta (t_2-20)^2,$$

$$R_{tn} = R_{20} + \alpha (t_n-20) + \beta (t_n-20)^2,$$

В этих уравнениях роль искомых величин X_1 , X_2 , X_3 играют R_{20} , α и β , а роль изменяющихся величин Y_{1i} , Y_{2i} , определяемых прямыми измерениями, играют R_{ti} и t_i . Вид функций для всех уравнений один и тот же.

Что такое принцип измерений?

Принцип измерений – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Например: применение эффекта Джозефсона для измерения электрического напряжения; применение эффекта Пельтье для измерения поглощенной энергии ионизирующих излучений; применение эффекта Доплера для измерения скорости; использование силы тяжести при измерении массы взвешиванием.

Что такое метод измерений?

Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений реализуется устройством средств измерений.

Как классифицируются методы измерений?

Разнообразие измеряемых величин и объектов изучения обуславливает применение большого числа методов измерений и их классификацию.

С точки зрения технических особенностей методы измерения делятся на оптические, пневматические, тензометрические, индуктивные, емкостные, фотоэлектрические и т. д.

В зависимости от того, находится ли средство измерения в контакте с измеряемым объектом, методы измерения делятся на контактные и бесконтактные.

Все методы измерений поддаются систематизации и обобщению по характерным признакам.

Методы измерений подразделяются на:

- метод непосредственной оценки;
- методы сравнения с мерой: дифференциальный, противопоставления, нулевой, совпадений, методы измерения замещением и дополнением.

Что такое метод непосредственной оценки?

Метод непосредственной оценки – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

Метод непосредственной оценки дает значение измеряемой величины непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (измерение размера детали микрометром, давления – деформационным манометром, температуры – термометром, силы электрического тока – амперметром и т.п.). При этом применяют в основном показывающие измерительные приборы.

При методе непосредственной оценки измерение проводится быстро, в один прием, результат получается сразу. Однако точность измерения невысока из-за погрешностей, связанных с необходимостью градуировки шкал приборов и влиянием посторонних величин.

Точность измерения можно повысить, сравнивая измеряемое значение величины непосредственно с мерой.

Что такое методы сравнения с мерой?

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

Например: измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями (мерами массы с известным значением), или измерение напряжения постоянного тока на компенсаторе сравнением с известной ЭДС нормального элемента.

Методы сравнения с мерой подразделяются на дифференциальный, нулевой, совпадений, измерений замещением и дополнением, противопоставления.

В чем состоит дифференциальный метод измерений?

Дифференциальный метод измерений – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Например, измерения, выполняемые при поверке мер длины сравнением с эталонной мерой на компараторе.

Метод позволяет получать результаты с высокой точностью, однако осуществление метода возможно только при условии воспроизведения с большой точностью известной величины, значение которой близко к значению измеряемой.

Сущность метода рассмотрена на примере измерения размера детали в стойке с измерительной головкой (рисунок 1). Для настройки прибора подбирают блок концевых мер, размер которого L близок к размеру измеряемой детали и чаще всего равен номинальному.

По блоку мер перемещением кронштейна по стойке создают необходимый натяг и настраивают головку на нуль. Снимают блок концевых мер и по детали определяют отклонение Q . Затем вычисляют действительный размер изделия $x = L + Q$. Предположив, что допускаемая погрешность измерения не превышает $\pm \Delta$, определяют, что относительная погрешность результата измерения Q равна $\pm \Delta/Q$, а размера детали $\pm \Delta/(L+Q)$. Так как L значительно больше Q , то относительная погрешность размера детали x значительно меньше относительной погрешности результата измерения Q , т. е. $\pm \Delta/(L+Q) < \pm \Delta/Q$.

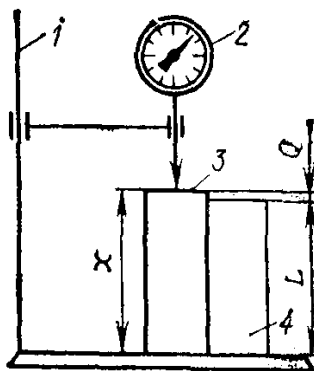


Рисунок 1 – Схема измерения длины дифференциальным методом:
1 – стойка; 2 – измерительная головка; 3 – измеряемая деталь;
4 – блок концевых мер

Пусть $L=50$ мм; $Q = 0,5$ мм; $\Delta = \pm 0,005$ мм, тогда $\Delta/Q = \pm 0,01 (\pm 1\%)$, а $\Delta/(L+Q) = \pm 0,0001 (\pm 0,01\%)$. Таким образом, для достижения такой высокой точности можно воспользоваться сравнительно грубым прибором и весьма точной мерой,

Этим методом, часто используемым в технических измерениях, с помощью измерительных головок, индикаторных и рычажных скоб, оптиметров, индикаторных и микрометрических нутромеров определяют размеры деталей и отклонения. Дифференциальный метод используется в неуравновешенных мостах постоянного тока.

В чем состоит нулевой метод измерений?

Нулевой метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.

Например, измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием; взвешивание грузов на рычажных весах; измерение сопротивления, емкости и индуктивности при по-

мощи уравновешенных мостов постоянного и переменного тока. В истории развития техники точных измерений нулевой метод появился одним из первых.

Нулевой и дифференциальный методы очень близки. Если в дифференциальном методе измеряют разность между значениями двух величин, то в нулевом практически приводят эту разность к нулю. Часто нулевой метод превращается в дифференциальный. Недостаток нулевого метода заключается в необходимости иметь средство измерений, позволяющее воспроизводить любое значение известной величины без существенного понижения точности. В большинстве случаев для этого используют меры переменного значения или наборы мер.

В чем состоит метод совпадений?

Метод совпадений – метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемым значением величины и значением, воспроизводимым мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов известной и неизвестной величин.

Например, нониус для отсчета долей делений основной шкалы; сравнение радиосигналов точного времени с ходом хронометра; измерение частоты вращения вибрационными и стробоскопическими тахометрами; измерение длин интерферометром и т.п.

В чем состоит метод измерений замещением?

Метод измерений замещением – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину заменяют мерой с известным значением величины.

Например, взвешивание с поочередным помещением измеряемого объекта и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда). При использовании данного метода при измерении малого напряжения с помощью высокочувствительного гальванометра к прибору сначала подключают источник неизвестного напряжения и определяют отклонение указателя. Затем с помощью регулируемого источника известного напряжения добиваются того же отклонения указателя прибора. В этом случае неизвестное напряжение принимается равным известному.

В чем состоит метод измерений дополнением?

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

В чем состоит метод противопоставления?

Метод противопоставления – метод, в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами.

Например, измерение линейных штриховых мер на компараторе.

Чем различаются контактные и бесконтактные методы измерения?

Контактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

Например: измерение диаметра вала измерительной скобой или контроль проходным и непроходным калибрами; измерение температуры тела термометром.

Бесконтактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения.

Например: измерение температуры в доменной печи пирометром; измерение расстояния до объекта радиолокатором.

Что такое средство измерений?

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

Данное определение отражает суть средства измерений заключающуюся, во-первых, в способности хранить (или воспроизводить) единицу физической величины; во-вторых, в неизменности размера хранимой единицы. Эти важнейшие факторы и обуславливают возможность выполнения измерения (сопоставление с единицей измерений), т. е. "делают" техническое средство средством измерений. Если же размер единицы в процессе измерений изменяется более, чем установлено нормами, таким средством измерений нельзя получить результат с требуемой точностью. Это означает, что измерять можно лишь тогда, когда техническое средство, предназначенное для этой цели, может хранить единицу, достаточно неизменную по размеру и во времени.

На какие виды подразделяются средства измерений?

Средства измерений делятся на виды: *меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки и системы.*

Что такое мера?

Мера физической величины (мера величины) – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Мера представляет собой простейшее средство измерений в виде тела или устройства. Например, гиря, плоскопараллельная концевая мера длины, линейка с делениями, катушка электрического сопротивления, нормальный элемент.

Различают разновидности мер:

- однозначная мера – мера, воспроизводящая физическую величину одного размера. Например, гиря, конденсатор, резистор:

- многозначная мера – мера, воспроизводящая ряд одноименных величин различного размера. Например, линейка с миллиметровыми делениями, конденсатор переменной емкости;

- набор мер – комплект мер разного размера одной и той же физической величины, предназначенных для применения как в отдельности, так и в различных сочетаниях. Например, набор концевых мер длины;

- магазин мер – набор мер, конструктивно объединенный в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях. Например, магазин электрических сопротивлений.

К мерам относятся также калибры, стандартные образцы и образцовые вещества.

Калибры – меры, предназначенные для контроля размеров или формы изделий, или взаимного положения их частей.

Стандартные образцы и образцовые вещества представляют собой меры в виде тела или вещества определенного и строго регламентированного содержания (образцы шероховатости, твердости, чистых металлов и т. д.).

Стандартный образец – это образец вещества (материала) с установленным в результате метрологической аттестации значением одной или более величин, характеризующих свойства или состав этого вещества (материала).

Что такое измерительный прибор?

Измерительный прибор – это средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации о величине, подлежащей измерению, в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительный прибор в отличие от меры не воспроизводит известное значение величины, а она должна подводиться к нему извне, воздействовать на него тем или иным способом. В ряде случаев измеряемая величина подводится к прибору через измерительный преобразователь. В этом случае на прибор воздействует преобразованная величина.

Наиболее распространены приборы прямого действия, в которых сигнал измерительной информации один или несколько раз преобразуется в одном направлении.

Что такое измерительный преобразователь?

Измерительный преобразователь – средство измерений, служащее для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Измерительные преобразователи это конструктивно обособленные элементы, однако самостоятельного значения для проведения измерений не имеют. Они являются составными частями измерительных приборов, систем автоматического контроля, управления и регулирования.

По месту, занимаемому в приборе, преобразователи подразделяются на первичные, промежуточные и передающие,

Преобразуемая физическая величина называется входной, а результат преобразования – выходной величиной. Связь между выходной и входной величинами устанавливается функцией преобразования.

Что такое измерительная установка и измерительная система?

Измерительная установка – это совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенных в одном месте. Например, весовая, для испытания материалов, диагностическая установки.

Измерительная система отличается от измерительной установки тем, что она предназначена для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной не только для восприятия наблюдателем, но и для автоматической обработки результатов измерений, передачи на расстояние или использования в автоматических системах управления.

Как классифицируются средства измерений?

Средства измерения *классифицируются* по независимым признакам.

1. По роду измеряемых величин или параметров – для измерения линейных и угловых величин, температуры, давления и разрежения, количества и расхода вещества, массы, влажности, электрических величин, уровня, частоты вращения, сил и моментов и др.

2. По принципу действия – механические, электрические, жидкостные, пневматические, оптические, радиоактивные и др.

3. По метрологическому назначению – эталонные, лабораторные и технические (рабочие).

4. По способу образования показаний – показывающие и регистрирующие.

5. По числу контролируемых величин – одноточечные и многоточечные, а также информационно-измерительные системы для большого числа параметров.

6. По способу определения значения измеряемой величины – прямого действия и сравнения.

7. По дистанционному признаку – местные, с дистанционной передачей показаний и телеметрического контроля.

8. По точности – имеющие классы точности, обозначаемые цифрами 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 0,6; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0.

Измерительные приборы по вышеуказанной классификации могут быть отнесены одновременно к нескольким группам, т.е. манометр может быть механическим, техническим, показывающим, с дистанционной передачей, класса точности 2,5. Поэтому в качестве основной принята классификация, по которой условные наименования приборы получают в зависимости от рода измеряемых величин или параметров.

Классификация приборов по другим признакам является дополнительной и позволяет более полно характеризовать рассматриваемые средства измерений.

Чем отличаются технические, лабораторные и эталонные приборы?

Технические приборы являются рабочими средствами измерений, применяемыми для конкретных измерений в производстве.

Лабораторные приборы служат обычно для точных измерений при исследовательских и наладочных работах, а также при проведении агрохимических анализов.

Эталонные приборы предназначены для поверки технических и лабораторных средств измерений.

Чем отличаются показывающие и регистрирующие приборы?

Показывающие приборы делятся на аналоговые и цифровые.

Аналоговые приборы – стрелочные с отсчетным устройством, состоящим из шкалы и указателя, связанного с подвижной частью прибора. Их показания являются непрерывной функцией значений измеряемой величины.

Цифровые приборы автоматически вырабатывают дискретные сигналы измерительной информации. Их показания представлены в цифровой форме.

Регистрирующие приборы подразделяют на самопишущие и печатающие.

Самопишущие выдают показания в форме диаграммы.

Печатающие представляют результат в цифровой форме на бумажной ленте.

Каковы основные метрологические характеристики средств измерений?

Метрологические характеристики определяют эксплуатационные свойства средства измерений, и указываются в прилагаемой к нему технической документации. Их можно разделить на группы:

1 *Характеристики, предназначенные для определения показаний СИ*: функция преобразования измерительного преобразователя; значения однозначной или многозначной меры; цена деления шкалы измерительного преобразователя или многозначной меры; вид выходного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда кода СИ, предназначенного для выдачи результатов в цифровом коде.

2 *Характеристики качества показаний – точности и правильности*. Точность показаний определяется средним квадратическим отклонением. Правильность обеспечивается внесением поправки, устанавливаемой при поверке, калибровке или метрологической аттестации СИ.

3 *Характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам*: функции влияния, учет изменений метрологических характеристик СИ, вызванных изменениями влияющих величин в установленных пределах.

4 *Динамические характеристики СИ*, учитывающие их инерционные свойства.

5 *Характеристики взаимодействия с объектами или устройствами на входе и выходе СИ*, например, входной и выходной импедансы линейного измерительного преобразователя.

6 *Неинформативные параметры выходного сигнала*, обеспечивающие нормальную работу устройств, подключенных к СИ. Например, выходным сигналом преобразователя напряжения в среднюю частоту следования импульсов является последовательность импульсов. Частотомер, подключаемый к выходу преобразователя, будет работать при определенных амплитуде и форме импульсов преобразователя, которые и являются неинформативными параметрами.

Для определения метрологических характеристик средство измерений должно пройти испытания типа, а затем поверку.

Каковы метрологические характеристики для определения показаний средства измерений?

Основные характеристики шкалы отсчетного устройства прибора следующие.

Длина (интервал) деления шкалы – расстояние между осями или центрами двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль линии, проходящей через середины ее самых коротких отметок.

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

Диапазон показаний измерительного прибора со шкальным отсчетным устройством – это область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

Диапазон измерений – это область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений. Он ограничивается верхними и нижними пределами измерений.

По диапазонам показаний и измерений устанавливают область применения измерительных приборов.

Что такое чувствительность средства измерений?

Чувствительность средства измерений – это свойство СИ, определяемое отношением изменения входного сигнала ΔI этого СИ к вызывающему его изменению измеряемой величины Δx , т. е.

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta x} \quad (1.1)$$

Из формулы (1.1) следует, что чем меньше изменение измеряемой величины, отмечаемое прибором, тем выше его чувствительность, т. е. она обратно пропорциональна цене деления шкалы. В приборах со стрелочным или световым указателем чувствительность выражается в делениях шкалы, приходящихся на единицу измеряемой величины (дел/°С; дел/А; дел/В и т. п.).

Чувствительность СИ должна соответствовать его точности, отражающей близость получаемых при измерении результатов к истинному значению измеряемой величины.

При слишком низкой чувствительности СИ не может быть использован в полной мере. Очень высокая чувствительность приводит к ошибочной оценке точности СИ и может уменьшить его действительную точность.

Понятие чувствительности нельзя смешивать с понятием порога чувствительности или реагирования, под которым понимают наименьшее значение изменения физической величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством.

Что такое градуировочная характеристика измерительного прибора?

Градуировочная характеристика – это зависимость между сигналами на входе и выходе средства измерений, полученная экспериментально. Эта характеристика определяет работу СИ в статическом режиме.

Что такое стабильность СИ?

Стабильность – качество средств измерений, отражающее неизменность во времени их метрологических свойств. СИ считаются тем стабильнее, чем меньше меняются их погрешности, определяемые при очередных поверках. Иногда в понятие стабильности включают устойчивость средств измерений к внешним воздействиям. Стабильность характеризуется главным образом вариацией показаний СИ.

Что такое вариация показаний СИ?

Вариация показаний – разность показаний СИ в одной и той же точке диапазона измерений при плавном переходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины. При нескольких медленных подходах к данной точке диапазона измерения в каждом из двух направлений

вариация b определяется как абсолютное значение средней разности показаний \bar{x}_M и \bar{x}_O :

$$b = |\bar{x}_M - \bar{x}_O|$$

Причинами вариации являются трение и мертвый ход подвижных частей, наличие зазоров в соединениях механизмов приборов, старение материалов, механический и магнитный гистерезис элементов.

Что такое быстродействие измерительного прибора?

Быстродействие измерительного прибора представляет собой максимальное число измерений (преобразований) с нормированной погрешностью в единицу времени. Быстродействие прибора непосредственно определяется принципом действия и особенностями конструктивных и схемных элементов и проявляется в так называемом запаздывании показаний приборов.

Что такое надежность СИ?

Надежность СИ характеризует его свойство сохранять работоспособность в течение заданного времени. Основным критерием надежности прибора является среднее время его безотказной работы T_{CP} , определяемое отношением:

$$T_{CP} = \Sigma t / n,$$

где t – время безотказной работы прибора; n – число отказов.

Надежность СИ – свойство СИ сохранять его метрологическую исправность, которая предполагает нахождение метрологических характеристик СИ в установленных пределах

Каковы динамические характеристики средства измерений?

Динамические характеристики отражают инерционные свойства средств измерений при воздействии на него меняющихся во времени величин – параметров входного сигнала, внешних влияющих величин, нагрузки. Динамические характеристики отражают полную математическую модель динамических свойств средств измерений. По степени полноты описания инерционных свойств средств измерений динамические характеристики делятся на полные и частные.

К полным динамическим характеристикам относятся:

- дифференциальное уравнение, описывающее работу средств измерений;
- передаточная функция;
- переходная характеристика;
- импульсная характеристика;
- совокупность амплитудной (АЧХ) и фазочастотной (ФЧХ) характеристик.

Частными динамическими характеристиками могут быть отдельные параметры полных динамических характеристик или характеристики, не отражающие полностью динамических свойств средств измерений, но необходимые для выполнения измерений с требуемой точностью (например, время установления показания) или контроля однородности свойств средств измерений данного типа. На эти характеристики средств измерений устанавливаются нормы с целью оценки точности измерений, сравнения средств измерений между собой и выбора из них таких, которые обеспечивают требуемую точность измерений, а также их взаимозаменяемость.

Что такое погрешность средств измерений?

Главной метрологической характеристикой измерительных средств является их погрешность. В результате воздействия большого числа случайных и детерминированных факторов, возникающих в процессе изготовления, хранения и эксплуатации показания средств измерений отличаются от истинных значений измеряемых ими величин. Эти отклонения определяют погрешности СИ.

Погрешность средств измерений – разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Поскольку истинное значение физической величины неизвестно, то на практике пользуются ее действительным значением.

Погрешность результата измерений определяет качество измерений и в значительной мере зависит от погрешности средств измерений.

Как классифицируются погрешности средств измерений?

Погрешности средств измерений классифицируются по признакам:

- по отношению к условиям применения – основные и дополнительные;
- по способу выражения – абсолютные, относительные и приведенные;
- по характеру проявления возможностей устранения и причинам возникновения – систематические и случайные;
- по отношению к измеряемой величине – динамические и статические;
- по способу суммирования – аддитивные и мультипликативные.

Что такое основная и дополнительная погрешности СИ?

Основная погрешность средств измерений – погрешность средств измерений, определяемая в нормальных условиях его применения: $\Delta_n = a$ или $\Delta = (a + bx)$, где Δ и x выражаются в единицах измеряемой величины.

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

Нормальные условия регламентируются соответствующими техническими условиями и стандартами на средства измерения конкретного типа. Дополнительные погрешности, появляющиеся при отклонении условий эксплуатации средств измерений от нормальных, могут нормироваться отдельно для каждого из влияющих факторов.

Что такое абсолютная, относительная и приведенная погрешности СИ?

Абсолютная погрешность средств измерений – это разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины. Действительное значение величины устанавливают, используя эталонное средство измерений.

Абсолютная погрешность оценивает точность прибора только в одной точке диапазона измерений и выражается в единицах измеряемой величины:

$$\Delta_{\Pi} = x_{\Pi} - x_{\text{д}},$$

где x_{Π} – показания прибора; $x_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность средств измерений – погрешность средств измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности к действительному значению физической величины, в пределах диапазона измерений. Относительная погрешность средства измерения (%) определяется как

$$\delta_n = \pm \frac{\Delta x_n}{x_n} 100\%$$

где Δx_n – абсолютная погрешность; x_n – показания прибора.

Относительная погрешность оценивает точность прибора также в одной точке и переменна по диапазону измерений.

Если диапазон измерения прибора охватывает и нулевое значение величины, то относительная погрешность обращается в бесконечность в соответствующей ему точке шкалы.

Приведенная погрешность средств измерений – относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона. Условно принятое значение величины называют нормирующим значением. Приведенную погрешность обычно выражают в процентах и определяют по формуле

$$\gamma = \frac{\Delta x_n}{x_N} 100\%$$

где x_N – нормирующие значения.

Приведенная погрешность характеризует постоянную точность измерительного прибора по всему диапазону измерений.

Например, значения абсолютной, относительной, приведенной погрешности потенциометра с верхним пределом измерений 150 °С при $x_n = 120^\circ\text{С}$, действительным значением измеряемой температуры $x_{\text{д}} = 120,6^\circ\text{С}$ и нормирующим значением верхнего предела измерений $x_N = 150^\circ\text{С}$ будут, соответственно, составлять $\Delta x_n = -0,6^\circ\text{С}$, $\delta = -0,5\%$, $\gamma = -0,4\%$.

Если границы погрешностей средств измерений необходимо принять изменяющимися нелинейно, пределы допускаемых погрешностей устанавливают в виде графика, таблицы или по другим формам.

Как устанавливается нормирующее значение?

Нормирующее значение при установлении приведенной погрешности принимается равным:

- для средств измерений с равномерной или степенной шкалой
 - конечному значению рабочей части шкалы, если нулевая отметка находится в начале шкалы;

- арифметической сумме конечных значений рабочей части шкалы без учета их знака, если нулевая отметка находится внутри рабочей части шкалы;
- для мер – их номинальному значению;
- для средств измерений с логарифмической или гиперболической шкалой – длине шкалы.

Что такое статическая и динамическая погрешности СИ?

Статическая погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, применяемого при измерении физической величины, принимаемой за неизменную.

Динамическая погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, возникающая при измерении изменяющейся (в процессе измерений) физической величины.

Что такое предел допускаемой погрешности

Предел допускаемой погрешности средств измерений – наибольшее значение погрешности средства измерений, при котором оно может быть признано годным и допущено к применению. В случае превышения установленного предела средство измерений остается непригодным к применению.

Например, предел допускаемой приведенной погрешности амперметра класса 1,0 равен $\pm 1\%$ от верхнего предела измерений, т. е. при верхнем пределе измерений 10 А предел допускаемой приведенной погрешности составит 0,1%.

Что такое систематическая погрешность?

Систематической погрешностью средства измерений Δ_c называют составляющую погрешности измерений, принимаемую за постоянную или закономерно изменяющуюся. Систематические погрешности возникают из-за неисправности средства измерений, неправильной его установки, настройки, влияния неблагоприятных внешних условий (вибрации, температуры и влажности воздуха, отклонения напряжения и т. п.), износа. Они зависят также от индивидуальных особенностей оператора. Δ_c в точке x диапазона измерений оценивают по формуле:

$$\Delta_c = \frac{\bar{\Delta}_M + \bar{\Delta}_\delta}{2},$$

где $\bar{\Delta}_M$ и $\bar{\Delta}_\delta$ – среднее значение погрешности в точке диапазона измерений, определяемое экспериментально при медленных многократных измерениях информативного параметра входного или выходного сигнала со стороны соответственно меньших и больших значений x .

$$\bar{\Delta}_M = \frac{\sum_{l=1}^n \Delta_{Ml}}{n}; \quad \bar{\Delta}_\delta = \frac{\sum_{l=1}^n \Delta_{\delta l}}{n},$$

где Δ_{Ml} и $\Delta_{\delta l}$ – l -я реализация (отсчет) погрешности средства измерений при предварительном изменении информативного параметра входного или выходного сигнала со стороны меньших и больших значений до значения x соответственно; n – число опытов при определении $\bar{\Delta}_M$ и $\bar{\Delta}_\delta$. Если вариация не учитывается или отсутствует, то $\bar{\Delta}$ определяют по формуле:

$$\bar{\Delta}_c = 1/n \sum_{i=1}^n \Delta_i,$$

где Δ_i – i -й отсчет погрешности средства измерений.

Нормируется систематическая составляющая Δ_c погрешности пределом допускаемой составляющей $\Delta_{сд}$ погрешности.

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

Что такое случайная погрешность средства измерений?

Случайной Δ называют составляющую погрешности измерений, изменяющуюся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайная погрешность возникает при одновременном воздействии многих независимых факторов, каждый из которых несущественно влияет на результат измерений, а суммарное воздействие может быть значительным.

Случайную погрешность Δ оценивают средним квадратическим отклонением $S(\Delta)$ по формуле:

$$S(\Delta) = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^n (\Delta_{Ml} - \bar{\Delta}_M)^2 + \sum_{l=1}^n (\Delta_{\delta l} - \bar{\Delta}_{\delta})^2}{2n - 1}}$$

Если вариация не учитывается или отсутствует, то

$$S(\Delta) = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^n (\Delta l - \bar{\Delta}_c)^2}{n - 1}}$$

Нормируется случайная составляющая погрешности пределом допускаемого среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности средства измерения $S_d(\Delta)$.

Что такое суммарная погрешность?

Суммарная погрешность Δ нормируется пределом допускаемого значения Δ_d погрешности средств измерений данного типа.

Для средств измерения, предназначенных для раздельного использования, систематическая и случайная составляющие погрешности должны нормироваться отдельно.

Однако до сих пор погрешности большинства выпускаемых промышленностью средств измерений нормируются пределом допускаемой основной погрешности.

Что такое класс точности средства измерений?

Учет всех нормируемых метрологических характеристик средств измерений – сложная и трудоемкая процедура, проводимая только при измерениях очень высокой точности, характерных для метрологической практики. В обиходе и на производстве такая точность не рациональна. Поэтому для средств измерений, используемых в повседневной практике, принято деление по точности на классы.

Класс точности средств измерений – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Например, класс точности концевых мер длины характеризует близость их размера к номинальному, допускаемое отклонение от плоскопараллельности, а также притираемость и стабильность; класс точности вольтметров характеризует пределы допускаемой основной погрешности и допускаемых изменений показаний, вызываемых внешним магнитным полем и отклонением от нормальных значений температуры, частоты переменного тока и некоторых других величин.

Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность средств измерений одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих средств. Они удобны для сравнительной оценки качества СИ, их выбора, международной торговли. Но по ним трудно установить градацию СИ по точности, у которых нормируется комплекс метрологических характеристик. Устанавливаются по ГОСТ 8.401 – 80 «ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие положения».

Классы точности конкретных типов СИ устанавливаются стандартами, содержащими технические требования к средствам измерений.

СИ с двумя или более диапазонами измерений одной и той же физической величины допускаются присваивать два или более класса точности. СИ, предназначенным для измерения двух или более физических величин, допускается присваивать различные классы точности для каждой измеряемой величины (например, цифровой вольтметр – омметр имеет два класса точности).

С целью ограничения номенклатуры СИ по точности для СИ конкретного типа устанавливают ограниченное число классов точности.

Классы точности цифровых измерительных приборов со встроенными вычислительными устройствами для обработки результатов измерений устанавливают без учета режима обработки.

Присваивается класс по результатам приемочных испытаний и может понижаться по результатам поверки.

Основой для присвоения измерительным приборам того или иного класса точности является допускаемая основная погрешность и способ ее выражения. Пределы допускаемой основной погрешности выражают в форме приведенной, относительной или абсолютной погрешностей. Форма зависит от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида.

Метрологические характеристики, определяемые классом точности, нормируются следующим образом:

- в *форме приведенных погрешностей* – если границы погрешностей можно получить практически неизменными в пределах диапазона измерений;
- в *форме относительных погрешностей* – если указанные границы нельзя полагать постоянными;
- в *форме абсолютных погрешностей* (т.е. в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы СИ) – если погрешность результатов измерений в данной области измерений принято выражать в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы. Например, для мер массы или длины.

Если границы абсолютных погрешностей можно полагать практически неизменными, то пределы допускаемых погрешностей имеют вид:

$$\Delta_n = \pm a.$$

Если границы относительных погрешностей можно полагать практически неизменными:

$$\delta_n = \frac{\Delta_n}{X_n} = q.$$

Если границы абсолютных погрешностей можно полагать изменяющимися практически линейно:

$$\Delta_n = \pm(a + vx_n),$$

Тогда для относительных погрешностей:

$$\delta = \pm \frac{\Delta_n}{x_n} 100 \quad \text{или} \quad \delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_K}{x_n} \right| - 1 \right) \right],$$

где Δ_n – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы; x_n – значение измеряемой величины на входе (выходе) СИ или число делений, отсчитываемых по шкале; a, v – положительные числа, не зависящие от x_n ; δ_n – пределы допускаемой относительной основной погрешности, %; q – отвлечённое число, выбираемое из ряда; X_K – больший (по модулю) из пределов измерений; c, d – положительные числа, выбираемые из ряда: $1 \cdot 10^n; 1,5 \cdot 10^n; 1,6 \cdot 10^n; 2 \cdot 10^n; 2,5 \cdot 10^n; 3 \cdot 10^n; 4 \cdot 10^n; 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n$ (где $n = 1; 0; -1; -2$ и т.д.).

$$c = v + d;$$

$$d = \frac{a}{|X_K|};$$

Указание только абсолютной погрешности не позволяет сравнивать между собой по точности приборы с разными диапазонами измерений. Поэтому для электрических измеряемых приборов, манометров, приборов измерения физико-химических величин и др. устанавливаются пределы допускаемой приведённой погрешности:

$$\gamma = \frac{\Delta_n}{X_N} = \pm p, \%$$

где X_N – нормирующее значение, выраженное в единицах Δ_n ; p – отвлечённое положительное число, выбираемое из выше приведенного ряда.

Нормирующее значение X_N выбирают в зависимости от вида и характера шкалы прибора. Если прибор имеет равномерную шкалу и нулевая отметка находится на краю шкалы или вне её, то за X_N принимают конечное значение шкалы. Для таких же приборов, но с нулевой отметкой внутри шкалы, X_N равно сумме конечных значений рабочей части шкалы (без учёта знаков). Когда прибор предназначен для измерения отклонения измеряемой величины от номинального значения, за нормирующее значение шкалы принимают это номинальное значение. Если шкала нелинейна (гиперболическая, логарифмическая), то X_N равно длине шкалы. Для СИ физической величины, для которых принята шкала с условным нулём, X_N устанавливают равным модулю разности пределов измерений. Например для

милливольтметра термоэлектрического термометра с пределами 200 и 600°C $X_N = 400^\circ\text{C}$. Для частотомеров с диапазоном измерений 45 – 55 Гц и номинальной частотой 50 Гц $X_N = 50\text{ Гц}$.

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

Как обозначаются классы точности средств измерений?

Для СИ пределы допускаемой основной погрешности, которые выражают в форме приведенной или относительной погрешности (q , p), классы точности обозначают числами, равными этим пределам в %.

Чтобы отличить относительную погрешность от приведенной, на СИ ее обводят 1,5, т. е. $\delta_n = \pm 1,5\%$.



Под обозначением класса точности по приведенной погрешности ставят $\sqrt{0.5}$, т. е. $\gamma = \pm 0,5\%$, и записывают без знака $\sqrt{}$, если X_N выражено в единицах величины.

Если класс точности определяется по относительной погрешности (c , d), то они разделяются чертой «/»:

$$\delta = [0,02 + 0,01(\frac{|Xc|}{|X|})] \%,$$

то класс точности 0,02/0,01.

Класс точности по абсолютной погрешности обозначается римскими цифрами или латинскими буквами в зависимости от пределов значений погрешности.

Обозначение класса точности на средствах измерений дает непосредственное указание на предел допускаемой погрешности. Так, при измерении манометрическим термометром со шкалой 0...150 °C ($X_N = 150^\circ\text{C}$) класса точности 2,5 основная абсолютная погрешность на любой отметке шкалы термометра не превышает по модулю:

$$\Delta_{II} = \pm 2,5 X_N / 100 = \pm (2,5 \cdot 150) / 100 = 3,75$$

Правила построения и примеры обозначения классов точности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений

Формула для определения пределов допускаемой погрешности	Примеры пределов в допускаемой основной погрешности	Обозначение класса точности		Примечание
		в документах	на средствах измерений	
$\Delta_n = \mp a = p$	—	Класс точности М	М	—
$\Delta = \mp(a + bx)$	—	Класс точности С	С	—
$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5	Если x_N выражен в единицах величины
$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} = \pm p$	$\gamma = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5	Если x_N определяется длиной шкалы (ее части)
$\delta = \frac{\Delta}{x} = \mp q$	$\delta \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5	—

$\delta = \pm \left[c + d \left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$	$\delta = \pm [0,02 + 0,01 \left[\left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01	—
---	--	--------------------------	-----------	---

Для средств измерений длин и углов, мер масс и т. п. пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме абсолютных погрешностей (или относительных погрешностей, установленных в виде таблицы, графика), классы точности обозначают, прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. Классы точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, изображают буквами, находящимися ближе к началу алфавита, или цифрами, обозначающими меньшие числа (плоскопараллельные концевые меры длины выпускаются классов точности 0, 1, 2, 3. Высший класс точности – 0, низший –3).

Какие бывают эталоны?

Эталон – это СИ (или комплекс СИ), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме СИ, утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

Государственный эталон воспроизводит единицу с наивысшей в стране точностью. Эталон-копию применяют вместо государственного эталона для хранения единицы и передачи ее размера рабочим эталонам. Он не всегда является физической копией, но является копией в метрологическом смысле. Эталон сравнения применяют для сличения эталонов, которые не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом (например, находятся в различных органах метрологической службы и их нельзя транспортировать).

Рабочий эталон – это эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

Соподчинение эталонов, а также рабочих средств измерений основано на их точности и представлено на схеме (рисунок 1).

Что такое поверка?

Поверка средств измерений – важнейшая форма государственного надзора за средствами измерений. Под поверкой понимают экспериментальное определение погрешности средств измерения и установление их пригодности к применению. Поверку проводят, сличая показания поверяемых средств измерений с эталонами в соответствии с требованиями государственных стандартов на методы и средства поверки, а при их отсутствии – методических указаний (или инструкций) по поверке. Погрешность эталонов должна быть не менее чем в 3 раза меньше ожидаемой погрешности поверяемых средств измерений.

Поверка средств измерения после изготовления или ремонта называется первичной, а проводимая при эксплуатации или хранении средств измерения через определенные промежутки времени (межповерочные интервалы) – периодической. Периодичность поверки средств измерения устанавливают органы государственной метрологической службы, проводящие поверку (1 раз в год или в два года). В случае отказа средств измерений их направляют в ремонт и на следующую поверку независимо от установленного межповерочного интервала.

На средства измерений, признанные в результате поверки годными, наносят поверительные клейма и (или) выписывают свидетельства о поверке; их корпуса пломбируют.

Специально назначенные лица, на которых возложена ответственность за состояние средств измерений, ежегодно составляют календарные графики поверки в виде перечня средств измерений с указанием ее периодичности и календарных сроков. Они должны своевременно представлять средства измерений в ремонт и на поверку в соответствии с графиком, согласованным с территориальной метрологической службой, проводящей поверку, вести учет средств измерений и следить за их состоянием и правильным использованием, определять потребности и составлять заявки на средства измерения и лабораторное оборудование, а также оказывать содействие органам Госстандарта при осуществлении государственного надзора за состоянием и применением средств измерений.

Что такое калибровка средств измерений и чем она отличается от поверки?

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

Калибровка отличается от поверки такими признаками:

- поверка является контролем метрологических характеристик средств измерений и отвечает на вопрос «годен – не годен» к применению. При калибровке определяются действительные значения метрологических характеристик средств измерений;
- поверка применяется в области распространения государственного метрологического контроля и надзора. Калибровка вне этой области;
- поверку осуществляют органы государственной метрологической службы. Калибровку может осуществлять любая метрологическая служба или физическое лицо, у которых есть для этого условия;
- поверка является обязательной операцией. Калибровка является добровольной операцией.

Какими методами может проводиться поверка (калибровка)?

Метод непосредственного сличения поверяемого (калибруемого) СИ с эталоном соответствующего разряда без использования компаратора (прибора сравнения). Применяются для средств измерений электрических и магнитных величин. Метод основан на проведении одновременных измерений одного и того же значения физической величины однородными (по измеряемой величине) поверяемым (калибруемым) и эталонным СИ. Абсолютная погрешность $\Delta = X_n - X_z$.

Метод может быть реализован двумя способами: а) регистрацией совмещений, когда указатель поверяемого (калибруемого) прибора изменением входного сигнала совмещают с поверяемой отметкой шкалы, а показания определяют как разность между показанием поверяемого прибора и действительным значением, определяемым по показаниям эталонного прибора; б) отсчитыванием показаний по шкале поверяемого прибора. Номинальное для поверяемой отметки шкалы значение размера физической величины устанавливают по эталонному СИ, а показания определяют по расстоянию между поверяемой отметкой поверяемого прибора и его указателем.

1-й способ точно определяет погрешность по эталонному прибору, шкала которого обычно имеет большое число делений, а ОУ практически исключает появление погрешности отсчета вследствие параллакса. 2-й способ удобен при автоматической поверке, так как позволяет поверять одновременно несколько СИ с помощью одного эталонна. Недостатки метода:

- нелинейность шкал аналоговых поверяемых приборов;
- неточность нанесения промежуточных делений, за исключением цифровых СИ.

Достоинство метода:

- простота;
- наглядность;
- возможность автоматической поверки;
- отсутствие необходимости применения сложного оборудования.

Метод сличения поверяемого (калибруемого) СИ с однородным эталонным с помощью компаратора. Иногда невозможно сравнить показания СИ одной и той же величины. Например, нельзя сравнить показания вольтметров, если один из них для измерений только в цепях постоянного тока, а другой переменного; нельзя непосредственно сравнить размеры мер магнитных и электрических величин. Поэтому для их сравнения в схему поверки вводят промежуточное звено – компаратор, который позволяет косвенно сравнивать две однородные или разнородные физические величины (в данном случае компаратором является потенциометр). Компаратором может быть любое СИ, одинаково реагирующие на сигнал, как эталонов, так и поверяемого измерительного прибора.

При сличении мер с помощью сопротивления, индуктивности, емкости в качестве компараторов используют мосты постоянного или переменного тока, при сличении мер сопротивления и ЭДС – потенциометры, при сличении мер массы поверяемой (калибруемой) гири с эталонной – весы.

Сличение мер с помощью компараторов осуществляют методами противопоставления или замещения. Общим для этих методов поверки является выработка сигнала о наличии разности размеров сравниваемых величин. Различают **нулевой метод** (если сигнал путем подбора эталонной меры или путем принудительного измерения ее размера будет сведен к 0) и **дифференциальный метод** (при одновременном воздействии сигналов сличаемых мер на входе компаратора измерительный сигнал указывает на наличие разности сравниваемых размеров мер). Метод противопоставления позволяет уменьшить воздействие на результаты поверки влияющих величин, так как они почти одинаково искажают сигналы, подаваемые на вход компаратора. Достоинство метода замещения заключается в последовательном во времени сравнении двух величин.

Метод прямых измерений применяется, когда имеется возможность с помощью многозначной эталонной меры, воспроизводящей в некотором диапазоне, значения величины, в единицах которой отградуировано поверяемое (калибруемое) СИ, произвести сличение и определить погрешность испытываемого СИ в пределах измерений. Часто применяется при поверке (калибровке) мер электрических и магнитных величин. Например, с помощью калибраторов постоянного электрического напряжения поверяются (калибруются) вольтметры постоянного тока. При выставлении некоторого калиброванного значения напряжения U_z , подаваемого на поверяемый (калибруемый) прибор, опреде-

ляется показание последнего U_{Π} и P . $\Delta = U_{\Pi} - U_3$. Этот метод аналогичен методу непосредственного сличения для однозначных мер.

Метод косвенных измерений величины, позволяющий действительный размер меры находить с помощью поверяемого (калибратора) СИ прямыми измерениями нескольких эталонных величин, связанных с искомой величиной, определяются зависимостью. Применяется, когда действительные значения величин, воспроизводимые эталонным и измеряемые поверяемым СИ, невозможно определить прямыми измерениями или когда косвенные измерения более просты или точны по сравнению с прямыми.

Систематическую составляющую относительной погрешности электрического счетчика активной электрической энергии находят с помощью ваттметра и секундомера. Погрешность поверяемого (калибруемого) счетчика рассчитывают:

$$\delta = \frac{W_{\Pi} - W_0}{W_0} * 100\%,$$

где W_{Π} – значение электрической энергии по показаниям поверяемого (калибруемого) счетчика. Для нее надо знать

$$C = \frac{3600 * 1000}{A}, \text{ Вт с/об.},$$

где A – число оборотов диска, соответствующее энергии 1 кВт час, тогда

$$W_{\Pi} = C * N,$$

где C – постоянная счетчика; N – число оборотов диска за время t_0 .

Если по показаниям эталонного ваттметра установить действительное значение мощности P_0 и поддержать ее неизменной в течение времени t_0 определяемого по эталонному секундомеру, то действительное значение энергии

$$W_0 = P_0 * t_0.$$

Выбор метода поверки и эталонов, с которыми производится сличение, выполняются в соответствии с государственной поверочной схемой.

Для чего разрабатываются поверочные схемы?

Для обеспечения правильной передачи размеров единиц измерения от эталона к рабочим средствам измерения составляют поверочные схемы, устанавливающие метрологические соподчинения государственного эталона, разрядных эталонов и рабочих средств измерений.

Поверочные схемы разделяют на государственные и локальные.

Государственные поверочные схемы распространяются на все средства измерений данного вида, применяемые в стране.

Локальные поверочные схемы предназначены для метрологических органов министерств, распространяются они также и на средства измерений подчиненных предприятий. Кроме того, может составляться и локальная схема на средства измерений, используемые на конкретном предприятии. Все локальные поверочные схемы должны соответствовать требованиям соподчиненности, которая определена государственной поверочной схемой (рисунок 3). Государственные поверочные схемы разрабатываются научно-исследовательскими институтами Госстандарта РФ, держателями государственных эталонов.

В некоторых случаях бывает невозможно одним эталоном воспроизвести весь диапазон величины, поэтому в схеме может быть предусмотрено несколько первичных эталонов, которые в совокупности воспроизводят всю шкалу измерений. Например, шкала температуры от 1,5 до 10^5 К воспроизводится двумя государственными эталонами. Государственные поверочные схемы утверждаются Госстандартом РФ, а локальные – ведомственными метрологическими службами или руководством предприятия.

Рассмотрим в общем виде содержание государственной поверочной схемы. Наименование эталонов и рабочих средств измерений обычно располагают в прямоугольниках (для государственного эталона прямоугольник двухконтурный). Здесь же указывают метрологические характеристики для данной ступени схемы. В нижней части схемы расположены рабочие средства измерений, которые в зависимости от их степени точности (т.е. погрешности измерений) подразделяют на пять категорий: наивысшей точности; высшей точности; высокой точности; средней точности; низшей точности. Наивысшая точность обычно соизмерима со степенью погрешности средства измерения государственного эталона.

В поверочной схеме уровни точности рабочих средств измерений определяются их погрешностями.

В каждой ступени измерений поверочной схемы регламентируется метод передачи размера единицы и его допускаемая погрешность.



Рисунок 3 – Общий вид государственной поверочной схемы

Кроме наименования СИ указываются в прямоугольниках основные метрологические характеристики:

- пределы измерений;
 - неисключенная составляющая систематической погрешности θ_0 ;
 - СКО случайной погрешности S_0 ;
 - нестабильность воспроизведения ЕФВ v_0 ;
 - доверительная погрешность δ_0 ;
- абсолютная погрешность Δ .

Для государственных эталонов указывается НСП θ_0 и СКО S_0 . Основным показателем достоверности передачи размера единицы величины является соотношение погрешностей средств измерений между вышестоящей и нижестоящей ступенями поверочной схемы. В идеале это соотношение должно быть 1:10, однако на практике достичь его не удастся, и минимально допустимым соотношением принято считать 1:3. Чаще они бывают 1:5; 1:4; 1:3. Чем больше величина этого соотношения, тем

меньше уверенность в достоверности показаний измерительного прибора. При разработке конкретных поверочных схем необходимо следовать приведенной схеме. Строгое соблюдение поверочных схем и своевременная поверка разрядных (рабочих) эталонов – необходимые условия для передачи достоверных размеров единиц измерения рабочим средствам измерений.

Что такое межповерочный (межкалибровочный) интервал?

Межповерочным (межкалибровочным) интервалом называют календарный промежуток времени, по истечении которого средство измерения должно быть направлено на поверку (калибровку) независимо от его технического состояния. Различают три вида межповерочных (межкалибровочных) интервалов:

- первый вид – единый для всех средств измерений данного типа интервал, устанавливаемый на основе нормативных документов на этот вид средств измерений. В этом случае межповерочный (межкалибровочный) интервал определяется Госстандартом РФ при утверждении типа средства измерения по результатам испытаний. Величина интервала учитывает показатели метрологической безотказности и среднее значение времени использования средств измерений в нормальных условиях;

- второй вид – интервал, установленный в соответствии с конкретными условиями эксплуатации средств измерений данного типа в организациях и на предприятиях. Если назначенный интервал не совпадает с указанным интервалом в нормативных документах на данный тип средств измерений, его величину следует согласовать с Госстандартом или с аккредитированной им ведомственной метрологической службой. Для средств измерений, которые не подлежат госнадзору, межкалибровочный интервал определяется по решению метрологической службы юридического лица;

- третий вид – межповерочные (межкалибровочные) интервалы для средств измерений, предназначенных для ответственных измерительных операций, например, измерений, связанных с безаварийной работой атомных электростанций, газопроводов и т.п. Индивидуальные интервалы предусмотрены также для вторичных и разрядных эталонов. Третий вид интервалов связан с учетом календарного времени эксплуатации средств измерений, так как из-за старения их деталей и узлов возрастают погрешности, что обусловило сокращение межповерочных интервалов. Согласование назначенных интервалов аналогично описанному для второго вида. Общим для всех видов межповерочных (межкалибровочных) интервалов является учет показателей метрологической безотказности средств измерений, в частности, такой ее составляющей, как средняя наработка на метрологический отказ. Этот показатель может быть определен в процессе испытаний средства измерения, по результатам которого рассчитывают время достижения наименьшего заданного значения вероятности отказа. Это время и служит основой для установления межповерочного (межкалибровочного) интервала.

Межповерочный (межкалибровочный) интервал $T_{мп}$ определяется исходя из вероятности безотказной в метрологическом смысле работы $P_m(t)$ и вероятности метрологического отказа $P_{м.отк.}$:

$$T_{мп} = \frac{\ln(1 - P_{м.отк.})}{\ln P_m(t)} t$$

где t – время для которого определена вероятность безотказной работы $P_m(t)$.

Значения $P_{м.отк.}$ в зависимости от требований к измерениям варьируются так:

$P_{м.отк.} = 0,2 \dots 0,1$ при технических измерениях;

$P_{м.отк.} = 0,15 \dots 0,05$ при поверке (калибровке), градуировке;

$P_{м.отк.} = 0,05 \dots 0,01$ при особо ответственных измерениях.

Чем определяются необходимые для средств измерений виды деятельности по обеспечению единства измерений?

Закон "Об обеспечении единства измерений" (1993 г.) разделил весь парк средств измерений в стране на две сферы: сферу государственного регулирования и сферу рыночного регулирования.

Государственный метрологический контроль и надзор распространяется на:

- здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда; торговые операции и взаимные расчеты; обеспечение обороны государства;

- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством Российской Федерации;

- испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов Российской Федерации; обязательную сертификацию продукции, услуг и т.д. ГМК и Н в сфере обеспечения обороны страны предполагает проведение поверки средств измерений, применяемых при разработке, производстве и испытаниях оружия и военной техники, а также средств измерений военного назначения при их выпуске из производства.

В соответствии с Законом РФ "О стандартизации" обязательными являются требования государственных стандартов по обеспечению безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды,

жизни, здоровья и имущества граждан, для обеспечения технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости продукции, единства методов их контроля и маркировки, а также иные требования, установленные законодательством Российской Федерации. В этой связи должны подлежать государственному метрологическому контролю и надзору средства измерений, применяемые для контроля соответствия требованиям:

- к защитным устройствам, к характеристикам детских игрушек, одежды и обуви, к прочностным характеристикам элементов изделий и т.п.;
- к уровню и времени вредных воздействий (уровню шума, вибрации, радиационных и электромагнитных излучений, допустимым нормам давления на почву, величине предельно допустимых выбросов и концентраций вредных веществ и другим опасным и вредным свойствам);
- к материалам, используемым при изготовлении продукции (ограничений по химическому составу, ограничений на допустимый уровень содержания вредных и опасных веществ, микробиологических критериев безопасности, требований к воздухонепроницаемости, гигроскопичности, электролизуемости и др.);
- к правилам эксплуатации (применения) продукции, ее технического обслуживания и ремонта, невыполнение которых может угрожать безопасности.

Средства измерений применяемые в перечисленных областях деятельности, должны пройти испытания с целью утверждения типа, первичную поверку, а затем подлежат периодическим поверкам. Для всех средств измерений, предназначенных для серийного производства или ввозимых по импорту большими партиями, необходимо проводить испытания с целью утверждения типа, так как заранее неизвестно, где будут использоваться эти средства измерений.

Во всех остальных случаях для обеспечения достоверности результатов измерений допускается проводить добровольную сертификацию и калибровку средств измерений.

Что представляет собой испытания средств измерений с целью утверждения типа?

Испытания средств измерений – это целевой процесс определения всех характеристик типа. На результатах испытаний основано утверждение типа средств измерений, т.е. решение, представляющее собой официальное постановление о принятии или отклонении какого-либо типа средств измерений и его выпуск в обращение.

Система испытаний и утверждения типа средств измерений (далее Система) включает:

- испытания средств измерений с целью утверждения типа;
- принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию и выдачу сертификата об утверждении типа;
- испытания средств измерений на соответствие утвержденному типу;
- признание утверждения типа или результатов испытаний типа, проведенных компетентными организациями зарубежных стран;
- информационное обслуживание потребителей измерительной техники, контрольно-надзорных органов и органов государственного управления.

Организационно в Систему входят:

- Научно-техническая комиссия по метрологии и измерительной технике (НТК) Госстандарта России;
- Управление Госстандарта России, на которое возложено руководство работами в Системе;
- Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС);
- государственные центры испытаний средств измерений;
- органы Государственной метрологической службы.

Испытания средств измерений для целей утверждения типа проводят по программе, которая в отличие от ранее принятого порядка устанавливает не только объем и методику испытаний, но и продолжительность испытаний, номенклатуру и количество документов, представляемых на испытания, а также перечень документов, необходимых для государственной регистрации средств измерений утвержденных типов.

Программа испытаний средств измерений может предусматривать только определение метрологических характеристик конкретных образцов средств измерений и экспериментальную апробацию методики поверки, что по объему работ равносильно метрологической аттестации. Однако и в первом, и во втором случаях Госстандарт России утверждает тип средств измерений, регистрирует его в Государственном реестре и выдает заявителю сертификат об утверждении типа.

Заявки на проведение испытаний направляют в Госстандарт России. Госстандарт России принимает решение по заявке и направляет поручение государственным центрам испытаний средств измерений (ГЦИ СИ) на проведение испытаний средств измерений для целей утверждения типа. При испытаниях средств измерений для целей утверждения типа проверяют соответствие технической документации и технических характеристик средств измерений требованиям технического задания, про-

екта технических условий и распространяющихся на них нормативных и эксплуатационных документов, а также обеспеченность средств измерений методиками и средствами поверки.

На испытания средств измерений для целей утверждения типа заявитель представляет:

- образцы средств измерений;
- программу испытаний типа, утвержденную ГЦИ СИ;
- проект технических условий (если предусмотрена их разработка), подписанный руководителем организации-разработчика.

Для импортируемых средств измерений:

- проспект фирмы-изготовителя;
- проект нормативного документа по поверке при отсутствии раздела "Методика поверки" в эксплуатационной документации и другое по договоренности продавца и покупателя.

Количество представляемых образцов средств измерений и экземпляров документов на испытания, а также необходимость представления дополнительных документов определяются программой испытаний. Кроме того, по согласованию с ГЦР СИ представляют необходимые для испытаний оборудование и средства измерений. После проведения испытаний оборудование и средства измерений возвращают предприятию, представившему средства измерений на испытания. По результатам проведенных испытаний средств измерений исполнитель согласовывает методику поверки, описание типа и составляет в трех экземплярах акт испытаний средств измерений. При отрицательных результатах испытаний ГЦИ СИ составляет только акт испытаний. После утверждения акта испытаний средств измерений для утверждения типа ГЦИ СИ, проводивший испытания, направляет первый экземпляр акта испытаний с приложениями, отчетом об устранении замечаний по результатам испытаний, документами, представляемыми на испытания, в адрес ВНИИМС. Сопроводительное письмо ГЦИ СИ должно содержать наименование и обозначение типа средства измерений номер письма-поручения Госстандарта России, а также заключение о возможности утверждения типа средств измерений.

ВНИИМС проверяет представленные в его адрес материалы испытаний на соответствие необходимым требованиям и готовит проект решения Госстандарта России по результатам испытаний средств измерений.

Госстандарт России рассматривает представленные ВНИИМС документы и принимает решение об утверждении типа средств измерений, которое удостоверяется сертификатом об утверждении типа. Срок действия сертификата устанавливает Госстандарт России. После утверждения типа средств измерений Госстандарт России регистрирует его, а ВНИИМС формирует дело в Государственном реестре. Госстандарт России или по его поручению ВНИИМС направляет сертификат об утверждении типа организации, представившей средства измерений на испытания. Копии сертификата об утверждении типа направляют организации, проводившей испытание, и во ВНИИМС. Средства измерений, на которые выданы сертификаты об утверждении типа, подлежат регистрации в Государственном реестре средств измерений.

В соответствии с международными соглашениями России Госстандарт РФ может принять решение о признании результатов испытаний и утверждения типа, проведенных в зарубежной стране. Это обязательное условие для внесения типа импортируемого средства измерения в Государственный реестр и его применения в России.

Периодические контрольные испытания изделия на соответствие утвержденному типу проводят в следующих ситуациях:

- при наличии информации от потребителей об ухудшении качества выпускаемых или импортируемых средств измерений;
- при внесении в конструкцию или технологию изготовления средств измерений изменений, влияющих на их нормированные метрологические характеристики;
- при истечении срока действия сертификата об утверждении типа;
- по решению Госстандарта России при постановке на производство средства измерений изготовителем;
- в случае выдачи лицензии на право производства средств измерений предприятию, не являющемуся изготовителем образцов средств измерений, по результатам испытаний которых утвержден их тип.

Что представляет собой сертификация средств измерений?

В соответствии с Законом РФ "О сертификации продукции и услуг" в России создана Система сертификации средств измерений, которая носит добровольный характер и удостоверяет соответствие измерительных средств заявителей метрологическим правилам и нормам. При организации Системы принимались во внимание и учитывались нормативные документы международных организаций ИСО, МЭК, ИЛАК, Системы сертификации ГОСТ Р и Системы сертификатов МОЗМ.

Организационно в Систему входят: Управление метрологии Госстандарта РФ – Центральный орган системы. Координационный Совет, Апелляционный комитет, Научно-методический центр – Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС), органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры) средств измерений.

Основные функции Центрального органа Системы:

- организация, координация и методическое руководство работами по сертификации в Системе;
- установление основных принципов и правил сертификации в Системе;
- определение номенклатуры средств измерений, подлежащих сертификации;
- аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров);
- выполнение функций органа по сертификации при его отсутствии;
- организация инспекционного контроля за деятельностью аккредитованных органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров);
- взаимодействие с международными и зарубежными организациями по вопросам сертификации;
- признание документов об аккредитации органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров) других стран, зарубежных сертификатов и знаков соответствия, а также результатов испытаний средств измерений.

При Центральном органе функционирует научно-методический центр Системы, основные функции которого:

- разработка принципов, правил и структуры Системы;
- организация работ по аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров);
- регистрация сертифицированных средств измерений, органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров) и нормативных документов;
- ведение Реестра Системы;
- формирование банка данных и информационное обеспечение Системы.

При Центральном органе создаются Апелляционный комитет и Координационный Совет. Апелляционный комитет рассматривает случаи несогласия с результатами сертификации средств измерений, аккредитации органов и испытательных лабораторий (центров), испытаний или инспекционного контроля. В Состав Координационного Совета входят на добровольной основе представители промышленности, научно-технических обществ, обществ потребителей, органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), метрологических НПО и НИИ, территориальных органов Госстандарта России и других заинтересованных организаций.

Функции, права, обязанности и ответственность органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) устанавливаются положениями о них, утвержденными Центральным органом Системы.

Система сертификации средств измерений предусматривает:

- добровольную сертификацию средств измерений на соответствие метрологическими нормами и правилами по любым видам измерений;
- разработку, ведение и актуализацию нормативных документов, устанавливающих метрологические правила и нормы на средства измерений;
- разработку, ведение и актуализацию типовых программ испытаний для целей сертификации средств измерений;
- апробирование и утверждение в процессе сертификации методик калибровки средств измерений, а также подготовку предложений по межкалибровочным интервалам;
- аттестацию методик выполнения измерений с помощью сертифицированных средств измерений;
- создание разветвленной сети аккредитованных по видам измерений органов по сертификации средств измерений и испытательных лабораторий (центров) конкретных групп средств измерений;
- сотрудничество с национальными метрологическими службами стран по взаимному признанию аккредитации органов, лабораторий (центров), сертификатов соответствия, знаков соответствия, а также результатов сертификации средств измерений.

Основные цели Системы:

- обеспечение единства измерений;
- содействие экспорту и повышение конкурентоспособности средств измерений.

Основные задачи Системы:

- проверка и подтверждение соответствия средств измерений установленным в распространяющихся на них нормативных документах метрологическим нормам и требованиям;
- проверка обеспеченности сертифицируемых средств измерений методами и средствами калибровки для передачи размеров от утвержденных Госстандартом России эталонов;
- проверка соответствия средств измерений дополнительным требованиям, указанным заявителем.

Система открыта для вступления и участия в ней юридических лиц. Предусмотрен свободный доступ изготовителям, общественным организациям, органам по сертификации, испытательным лабораториям, а также всем другим заинтересованным предприятиям, организациям и отдельным лицам к информации о деятельности в Системе, ее правилах, участниках, результатах аккредитации, сертификации и т.д. Система обеспечивает конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну.

Для сертификации средств измерений применяют схемы 3, 4 или 5. При наличии специфических особенностей конкретных средств измерений могут применяться и другие схемы (по согласованию с Центральным органом Системы).

Сертификацию средств измерений осуществляют аккредитованные органы по сертификации средств измерений с учетом результатов испытаний, проведенных аккредитованными на техническую компетентность и независимость испытательными лабораториями (центрами). Проведение испытаний в лабораториях (центрах), аккредитованных только на техническую компетентность, допускается при наличии лицензионного соглашения с органом по сертификации, который в таких ситуациях несет ответственность за объективность и достоверность результатов. Аккредитацию органов по сертификации проводит Центральный орган Системы.

Сертификат соответствия выдает заявителю Центральный орган Системы или орган по сертификации на основе лицензионного соглашения с Центральным органом; они устанавливают и срок действия сертификата. Центральный орган Системы организует инспекционный контроль за работой аккредитованных органов по сертификации.

Введение в действие Системы сертификации средств измерений основано на соответствующих рекомендациях по порядку проведения работ, аккредитации органов по сертификации, Реестру Системы (МИ 2277-93 - МИ 2279-93).

Порядок проведения сертификации в общем случае включает:

- представление заявителем в Центральный орган заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие по ней решения;
- направление заявителю решения по заявке;
- проведение испытаний;
- сертификацию производства или системы качества, если это предусмотрено принятой схемой сертификации;
- анализ полученных результатов и принятие решения о возможности выдачи сертификата соответствия;
- регистрацию материалов испытаний и выдачу сертификата соответствия;
- информацию о результатах сертификации. В развитии межгосударственных экономических и торговых связей в СНГ важную роль играет взаимное признание аккредитации поверочных и калибровочных лабораторий. С этой целью страны содружества подписали "Соглашение о взаимном признании результатов государственных испытаний и утверждения типа, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений, а также результатов аккредитации лабораторий, осуществляющих испытания, поверку или калибровку средств измерений". В развитие этого Соглашения принят еще один документ – "Порядок взаимного признания аккредитации лабораторий, осуществляющих испытания, поверку или калибровку средств измерений".

Процедура взаимного признания возможна при соблюдении следующих требований:

- объект признания должен отвечать общим требованиям, соответствующим положениям ИСО/МЭК, а также требованиям международных, межгосударственных и других региональных нормативных документов;
- лаборатории должны быть аккредитованы уполномоченными органами в соответствии с национальным законодательством страны, на территории которой они находятся.

Процедура признания, как обычно, начинается с обращения аккредитованной лаборатории через свой национальный Орган по метрологии в национальный орган той страны, где планируется получить признание. Для этого необходимо представить заверенные копии свидетельств (аттестатов) об аккредитации с предложением документа об области аккредитации, к которым прилагаются переводы документов на русский язык. Национальный орган признающей страны рассматривает полученные документы и в случае признания сообщает об этом письменно органу, направившему документы, и в Технический секретариат Международного совета по стандартизации, метрологии и сертификации. Признание лабораторий, аккредитованных в рамках международных или региональных соглашений, осуществляется участниками этих соглашений без дополнительных процедур. Признание лаборатории национальным органом может также проводиться в процессе ее аккредитации при условии участия его полномочных представителей. Признавшей стороне предоставлено право приостановить процесс признания или отказаться от признания, а также вносить изменения в соглашения, если таковые приняты национальным органом по метрологии признавшей стороны.

Что такое погрешность результата измерений?

Любой результат измерений содержит погрешность из-за наличия погрешностей, присущих самому средству измерений, выбранным методу и методике измерений, из-за влияния внешних условий и других причин, вызывающих погрешности. Погрешность вычисляется или оценивается, или приписывается полученному результату.

Погрешность результата измерения – это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Истинное значение величины остается неизвестным в связи с наличием погрешностей. На практике используется действительное значение величины, которое заменяет истинное значение.

Погрешность находят по формуле

$$\Delta x_{\text{ист}} = x_{\text{изм}} - X, \quad (2.1)$$

где $\Delta x_{\text{ист}}$ – погрешность измерения; $\Delta x_{\text{ист}}$ – значение величины, полученное в результате измерения; X – истинное значение величины.

Или

$$\Delta x_{\text{д}} = x_{\text{изм}} - X_{\text{д}}, \quad (2.2)$$

где $X_{\text{д}}$ – значение величины, принятое за действительное.

Истинное значение величины познается только в результате бесконечно большого числа измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств измерений, т. е. $\Delta x_{\text{д}} \rightarrow 0$, при $n \rightarrow \infty$, где n – число измерений.

По формуле (2.2) находят *абсолютную погрешность измерения*, выражающуюся в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения есть отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины. Она выражается в долях значения измеряемой величины или в процентах. Относительную погрешность находят по формулам:

$$\delta = \frac{\Delta x_{\text{д}}}{X_{\text{д}}} \cdot 100 \quad (2.3)$$

Например, если действительное значение массы $X_{\text{д}} = 10$ кг, а абсолютное значение погрешности $\Delta x = 0,01$ кг, то относительная погрешность составит

$$\delta = \frac{0,01}{10,00} = 0,001 \quad \text{или} \quad \delta = \frac{0,01}{10,00} \cdot 100\% = 0,1\%$$

Использование относительных погрешностей в ряде случаев значительно удобнее, так как по значению относительной погрешности можно судить о качестве полученного результата.

Погрешности можно разделить по признакам:

- по способу выражения – абсолютные и относительные;
- по характеру проявления – систематические и случайные;
- по условиям измерения измеряемой величины – погрешность воспроизведения единицы, хранения единицы, передачи размера единицы физической величины.

Какие погрешности называются систематическими и на какие виды они подразделяются?

Систематическая погрешность измерения — составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины. Эти погрешности могут быть в большинстве случаев изучены до начала измерений, и результат измерения может быть уточнен или путем внесения поправок, если числовые значения этих погрешностей определены, или путем использования таких способов измерений, которые дают возможность исключить влияние систематических погрешностей без их определения. Результаты измерений тем ближе к истинному значению, чем меньше оставшиеся не исключенные систематические погрешности.

По характеру проявления систематические погрешности подразделяются на постоянные, прогрессирующие и периодические (рисунок 2.1).

Постоянные погрешности – погрешности, длительное время сохраняющие свое значение. Они встречаются наиболее часто. К постоянным относятся погрешности большинства мер (гирь, концевых мер длины), погрешности градуировки шкал измерительных приборов и др. Например, погрешность от постороннего груза на чашке весов, погрешность от неточной установки прибора на нуль.

Прогрессирующие погрешности – непрерывно возрастающие или убывающие погрешности. К ним относятся погрешности от износа контактирующих деталей средств измерения, постепенное падение напряжения источника тока (аккумуляторных батарей), погрешность от постепенного прогрева измерительной аппаратуры и др.

Периодические погрешности – погрешности, периодически изменяющие значение и знак. Обычно эта погрешность встречается в угломерных приборах с круговой шкалой. Например, погрешность от эксцентриситета круговой шкалы и оси вращения стрелки средства измерений.

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

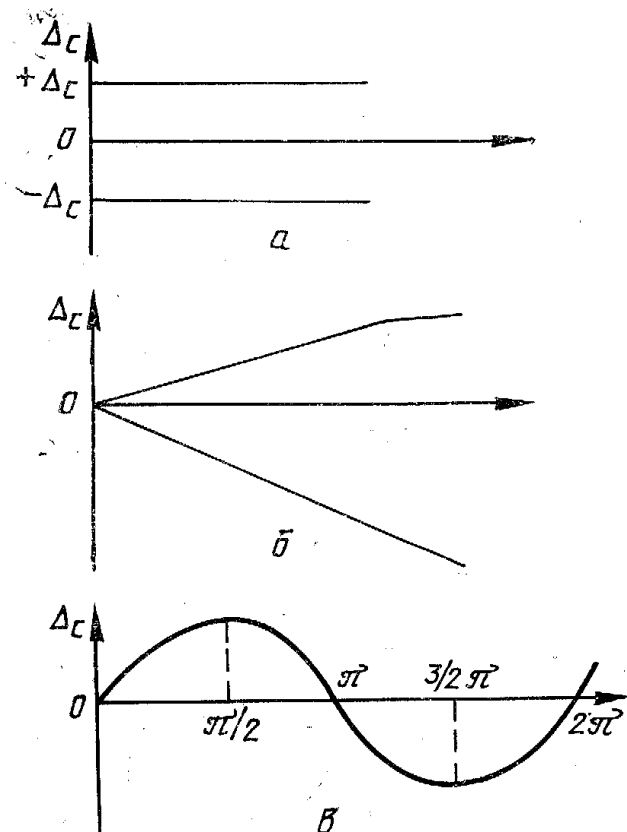


Рисунок 2. – Виды систематических погрешностей:
а) постоянные; б) прогрессивные; в) периодические

Как можно уменьшить влияние систематических погрешностей?

При подготовке, проведении, обработки результатов измерений стараются в максимальной степени или исключить, или учесть влияние систематических погрешностей. Условно можно выделить четыре основные группы мероприятий:

- устранение источников погрешностей до начала измерений
- устранение погрешностей в ходе измерений;
- внесение известных поправок в результат измерения;
- оценка границ неисключенных систематических погрешностей.

Устранение источников погрешностей до начала измерений является наиболее рациональным, так как в этом случае существенно упрощается и ускоряется процесс измерений.

Оператор до начала работ устраняет источники погрешностей путем непосредственного их удаления (например, источника тепла), защиты измерительной аппаратуры и объекта измерений от влияния этих источников.

Инструментальные погрешности конкретного средства измерений могут быть устранены до начала измерений путем ремонта, регулировки. Погрешности измерений, возникающие из-за неправильной установки средств измерений, также можно устранить в большинстве случаев.

Погрешности измерений, возникающие вследствие влияния внешних полей, также стараются исключить всевозможными мерами. Например, влияние магнитного поля Земли устраняется устройством замкнутых и непрерывных экранов из магнитомягких материалов.

Погрешности, вызванные вредным влиянием сотрясений, вибраций, устраняются путем амортизирования средств измерений и их деталей. Для этого используют поглотители колебаний в зависимости от частоты этих колебаний и чувствительности средств измерений к этим влияниям. Например, устройство подкладок из губчатой резины к средствам измерений, различного рода подвесы (струны, пружины и т. д.).

Следующим способом устранения систематических погрешностей является их исключение в процессе измерения. К достоинствам способа относится то обстоятельство, что нет необходимости

применять какие-либо устройства и приспособления. Этим способом имеется возможность исключить инструментальные погрешности, погрешности от установки, погрешности от внешних влияний.

Наиболее распространенным способом исключения систематической погрешности является **способ замещения**, суть которого заключается в том, что измеряемый объект заменяют известной мерой, находящейся в тех же условиях. Например, при измерениях электрических параметров: сопротивления, емкости, индуктивности объект подключается к измерительной цепи. В большинстве случаев при этом пользуются нулевыми методами (мостовым, компенсационным и др.), при которых производится электрическое уравнивание цепи. После этого, не меняя схемы, вместо измеряемого объекта включают меру переменного значения (магазин сопротивлений, емкости, индуктивности и т. д.) и, изменяя их значение, добиваются восстановления равновесия цепи. В этом случае способом замещения исключается остаточная неуравновешенность мостовых цепей, влияния на цепь магнитных и электрических полей и др.

В ходе измерений оператор может исключить систематическую погрешность и **способом компенсации** ее по знаку, суть которого заключается в том, что измерения проводят дважды так, чтобы погрешность входила в результаты с противоположными знаками. Исключается она при вычислении среднего значения:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{(x_d + \Delta_c) + (x_d - \Delta_c)}{2},$$

где \bar{x} – среднее арифметическое значение измеряемой величины; x_1, x_2 – результаты измерений; x_d – действительное значение измеряемой величины, Δ_c – систематическая погрешность.

Характерным примером способа компенсации является исключение погрешности, обусловленной включением магнитного поля Земли. Первое измерение проводят, когда средство измерения находится в любом положении. Перед проведением второго средство измерений поворачивают в горизонтальной плоскости на 180° . Если в первом случае магнитное поле Земли, складываясь с полем средства измерений, вызвало положительную погрешность, то при повороте на 180° магнитное поле Земли будет оказывать противоположное действие и вызовет отрицательную погрешность по размеру, равному первой.

В некоторых случаях используется **способ противопоставления**, суть которого заключается в том, что измерение проводят 2 раза так, чтобы причина, вызывающая погрешность, при первом измерении оказала противоположное действие на результат второго. Рассмотрим его на примере взвешивания на равноплечих весах. Условие равновесия коромысла выглядит следующим образом:

$$m_1 l_2 = m_2 l_1,$$

где m_1 – масса взвешиваемого груза; m_2 – масса уравнивающих гирь; l_1 и l_2 – соответствующие плечи коромысла. Влияние неравноплечности будет выглядеть в виде множителя (l_2 / l_1) или

$$m_1 = (l_2 / l_1) m_2,$$

Если повторить взвешивание, поместив груз на чашу весов, на которой ранее были гири, получим

$$m'_2 l_1 = m_1 l_2, (m'_2 \neq m'_1)$$

Разделив первое условие равновесия на второе, найдем, что

$$(m_1 / m'_2) = (m_2 / m_1),$$

откуда

$$m_1 = \sum m_2 \cdot m'_2$$

Если m_2 и m'_2 лишь незначительно отличаются друг от друга, то $m_1 = (m_2 + m'_2) / 2$, т.е. влияние на результат неравноплечия весов окажется исключенным.

Для исключения прогрессирующего влияния какого-либо фактора, являющегося линейной функцией времени (например, постепенного прогрева аппаратуры, падения напряжения в цепи питания, вызванного разрядом аккумулятора и т. д.), применяется **способ симметричных наблюдений**. Такая функция может быть изображена в виде графика (рисунок 2.3). По оси абсцисс отложено время, а по оси ординат – прогрессивная погрешность.

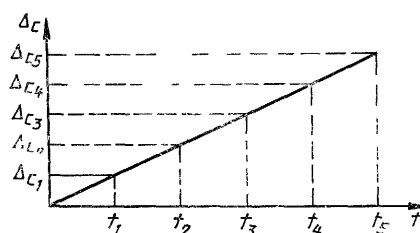


Рисунок 2.3 – Изменение прогрессивной систематической погрешности во времени

Способ симметричных наблюдений заключается в том, что в течение некоторого интервала времени выполняется несколько измерений одной и той же величины постоянного размера и за окончательный результат принимается полусумма отдельных результатов, симметричных по времени относительно середины интервала.

Рекомендуется использовать данный способ, когда не очевидна возможность существования прогрессивной погрешности. Если измерения не удалось организовать так, чтобы исключить или скомпенсировать какой-либо фактор, влияющий на результат, то в последний вводится поправка. Наиболее распространенным способом внесения поправок является алгебраическое сложение результата измерения и поправок V_i , с учетом ее знака. Поправка по числовому значению равна систематической погрешности и противоположна ей по знаку (аддитивная поправка) $\Delta c_i = -V$.

В некоторых случаях погрешность исключают путем умножения результата измерения на поправочный множитель, который может быть больше или меньше единицы (мультипликативная поправка)

В то же время, в ряде случаев исключение систематических погрешностей оказывается практически невозможным.

Систематические погрешности, остающиеся после введения поправок на ее наиболее существенные составляющие, включают в себя ряд элементарных составляющих, называемыми *неисключенными остатками* систематических погрешностей. К их числу относят погрешности определения поправок, погрешности, зависящие от точности измерения влияющих величин, входящих в формулы для определения поправок, погрешности, связанные с колебаниями влияющих величин в столь малых пределах, что поправки на них не вводятся.

Что такое неисключенные систематические погрешности и как они учитываются в результатах измерений?

Наибольшую опасность представляют невыявленные систематические погрешности, которые могут быть причиной ошибочных научных выводов, неудовлетворительной конструкции средств измерений и снижения качества продукции в производстве, поскольку существенно искажают результаты измерений.

Неисключенная систематическая погрешность это составляющая погрешности результата измерений, обусловленная погрешностями вычисления и выведения поправок на влияние систематических погрешностей или же систематической погрешностью, поправка на действие которой не введена вследствие малости.

Неисключенная систематическая погрешность характеризуется ее границами. Границы неисключенной систематической погрешности при числе слагаемых $n < 3$ вычисляют по формуле

$$\theta = \pm \sum_{i=1}^n |\theta_i|$$

где θ – граница i -й составляющей неисключенной систематической погрешности.

При числе неисключенных систематических погрешностей $n > 4$ вычисления производят по формуле:

$$\theta = \pm k \sqrt{\sum_{i=1}^n \theta_i^2}$$

где k – коэффициент зависимости отдельных неисключенных систематических погрешностей от выбранной доверительной вероятности P при их равномерном распределении (при $P = 0,99$, $k = 1,49$; при $P = 0,95$, $k = 1,1$; при $P = 0,90$, $k = 0,95$).

Какие погрешности называются случайными?

Случайная погрешность измерения это составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины. Эта погрешность возникает вследствие вариации показаний измерительного прибора, погрешности округления при отсчитывании показаний измерительного прибора, изменений условий измерения случайного характера и т. д. Случайные погрешности не поддаются исключению из результатов измерений, как систематические.

Как уменьшить влияние случайных погрешностей на результат измерений?

Установлены два положения теории погрешностей:

- 1 – при большом числе измерений случайные погрешности одинакового числового значения, но разного знака встречаются одинаково часто;
- 2 – большие по абсолютному значению погрешности встречаются реже, чем малые.

Из этого следует, что при увеличении числа измерений случайная погрешность результата полученного из серии измерений уменьшается, так как погрешности компенсируют друг друга по знаку, и их сумма стремится к нулю.

Какие характеристики используются для определения случайных погрешностей измерений?

Согласно теории погрешностей проведение повторных измерений дает возможность, используя методы теории вероятности и математической статистики, уточнить результат, т. е. приблизить значение измеряемой величины к истинному ее значению.

Вследствие влияния случайных погрешностей результаты повторных измерений незначительно расходятся между собой. Максимально приближенным к истинному значению будет среднее арифметическое \bar{x} значение результатов измерений:

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

где x_i – результат наблюдения; n – число единичных наблюдений.

Случайные погрешности вызывают разброс результатов отдельных измерений и оцениваются характеристиками такого разброса (рассеивания) экспериментальных данных. Это рассеивание характеризуется параметрами:

1 – Размах результатов измерений (R): оценка рассеяния результатов единичных измерений физической величины, образующих ряд (или выборку из n измерений), вычисляемая по формуле: $R_n = x_{\max} - x_{\min}$, где x_{\max} , x_{\min} – наибольшее и наименьшее значения физической величины в данном ряду измерений;

2 – Средняя квадратическая погрешность результатов единичных измерений в ряду измерений (S): оценка рассеяния единичных результатов измерений в ряду равнозначных измерений одной и той же физической величины около среднего их значения. **Среднее квадратическое отклонение S** результата единичного наблюдения, взятого из совокупности таких измерений, вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (2.1)$$

3 – Средняя квадратическая погрешность результата измерений (среднего арифметического) (S_x): оценка случайной погрешности среднего арифметического значения результата измерений одной и той же величины в данном ряду измерений. **Среднее квадратическое отклонение $S\{x\}$ результата измерения** является параметром функции распределения и подсчитывается по формуле:

$$S(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (2.2)$$

где x_i – i -й результат наблюдения; \bar{x} – среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений (результат измерения); n – число наблюдений.

Из формул (2.1) и (2.2) следует, что точность среднего арифметического значения измеряемой величины в \sqrt{n} раз выше точности единичного наблюдения.

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

4 – Средняя арифметическая погрешность

Какие погрешности называются грубыми?

Грубая погрешность измерения это погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую погрешность при данных условиях. Результаты измерений, содержащие грубые погрешности, в расчет не берутся. Основными причинами этих погрешностей являются ошибки экспериментатора, резкое и неожиданное изменение условий измерения, неисправность прибора и др. Грубые погрешности не всегда легко обнаружить, для выявления грубых ошибок используют статистические методы.

Что представляют собой статистическо-вероятностные характеристики результатов измерений?

Согласно третьему постулату метрологии из-за наличия случайных погрешностей результат измерения рассматривается как случайная величина.

Случайной называют величину, которая в результате опыта принимает значение заранее неизвестное и зависящее от случайных причин, которые заранее не могут быть учтены.

В метрологии в ходе проведения измерений основное внимание уделяется закономерностям тех случайных явлений, которые обладают относительной устойчивостью некоторых свойств в их массовом проявлении. Такие случайные явления в массовом их проявлении в обыденной жизни встречаются довольно часто. Например, процент рождения мальчиков по отношению к общему числу рождения детей сохраняется довольно устойчиво (51,5%). Устойчивы также средние значения таких случайных явлений, как рост людей, месячная температура в определенных районах и т.п.

Явления, рассматриваемые в теории вероятностей, называются *событиями*. Проведение отдельного наблюдения, опыта или измерения называют *испытанием*. Его результат называют также событием. События принято обозначать первыми прописными буквами латинского алфавита: *A, B, C...*

Примеры событий: а) появление при измерении положительной случайной погрешности; б) «появление герба», «появление цифры» при бросании монеты.

Событие называют *случайным* (возможным), если в результате данного испытания оно может произойти, а может и не произойти. Примеры случайных событий: величина и знак случайной погрешности результата измерения какой-либо величины; выигрыш в Спортлото, попадание в цель при выстреле.

При большом числе испытаний, производимых в одинаковых условиях, обнаруживаются вполне устойчивые закономерности, что является основой при применении методов теории вероятностей и математической статистики к обработке массовых наблюдений.

Случайное событие может появиться в результате испытаний, которые могут быть повторены любое число раз при одних и тех же условиях. Такое событие называется *массовым*. Оно может быть

охарактеризовано числом, подсчитав его *частость* \hat{P} или *относительную частоту*, выражающуюся отношением числа появлений этого события к числу всех произведенных испытаний, $\hat{P} = m/n$. Например, произведено 20 измерений одной и той же величины, при этом положительных погрешностей оказалось 6. Следовательно, $m=6$, $n=20$, относительная частота появления положительной погрешности $6/20 = 0,3$ или 30%.

Относительная частота (частость) подсчитывается после опыта и выражается или дробью или в процентах.

Изучение *массовых случайных событий* показало, что при определенных условиях некоторые из них происходят с тем более постоянной устойчивой частостью, чем больше число испытаний. Появлением этих закономерностей является свойство устойчивости относительной частоты однородных случайных событий, т. е. уменьшение разброса ее значений, получаемых в равных сериях испытаний, при увеличении числа испытаний в каждой серии.

Выполнив большую серию испытаний, можно с высокой точностью предсказать результат других таких же серий испытаний.

Английский ученый К. Пирсон, определяя относительную частоту появления герба при бросании монеты 12000 и 24000 раз, получил значения этой частоты соответственно 0,5016 и 0,5005. Нетрудно предсказать, что частость должна составлять значение, равное 0,5.

При большом числе испытаний n относительная частота обнаруживает устойчивость, которая характеризует объективную связь между комплексом условий, в которых производится опыт, и событием.

С увеличением числа испытаний n в сериях колебания значений в разных сериях уменьшается, т. е. существует определенное значение относительной частоты, от которого она отклоняется в разных сериях испытаний в ту и другую сторону. Этой постоянной величиной является количественная мера степени объективной возможности появления события при одном опыте, называемая *вероятностью события* (p).

Вероятность p события A можно определить как отношение числа m случаев, благоприятствующих появлению события A , к числу n всех возможных случаев; при этом случаи предполагаются равновероятными, несовместными и единственно возможными.

$$p(A) = \frac{m}{n} \quad (2.1)$$

Иногда

$$p = \frac{m}{n} \quad (2.2)$$

Из определения следует, что вероятность любого события A заключена между нулем и единицей

$$0 \leq p \leq 1 \quad (2.3)$$

Свойство относительной частоты – устойчивость. Впервые ее отразил Я. Бернулли в виде теоремы. При числе испытаний n неограниченно большом с вероятностью, сколь угодно близкой к единице, относительная частота m/n события сколь угодно мало отличается от его вероятности в отдельном опыте.

Закон распределения вероятностей дискретной случайной величины, заданный в виде таблицы, называют рядом распределения. Для удобства восприятия ряда распределения строят графики. Для этого строят точки с координатами (x_i, p_i) , а затем соединяют их отрезками. Полученная фигура называется *многоугольником распределения* или *полигоном частот* (рисунок 2.1).

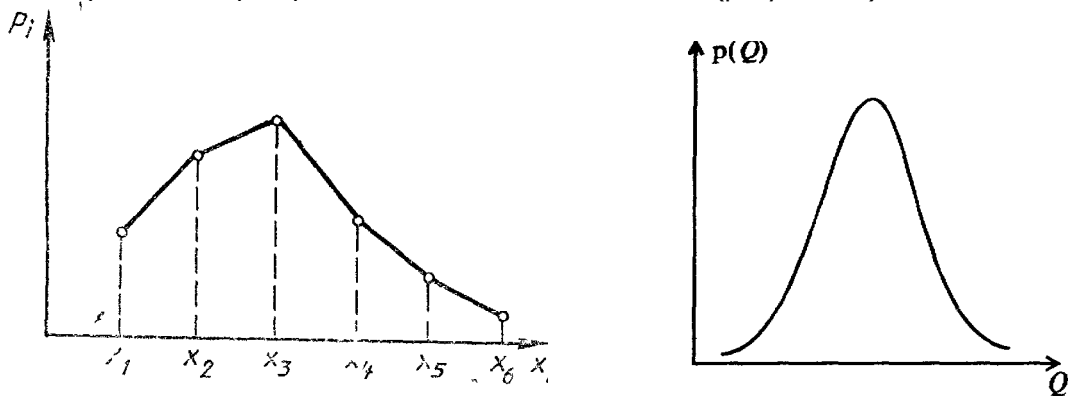


Рисунок 2.1 – Полигон частот и функция плотности распределения

Аналитически закон распределения задают обычно в виде функции $p(x_i) = F(x_i)$ и называют *функцией распределения*, которая является универсальной характеристикой случайной величины и существует для всех случайных величин – дискретных и непрерывных.

Функции распределения вероятности для дискретных и непрерывных (аналоговых) величин имеют вид, показанный на рисунке 2.

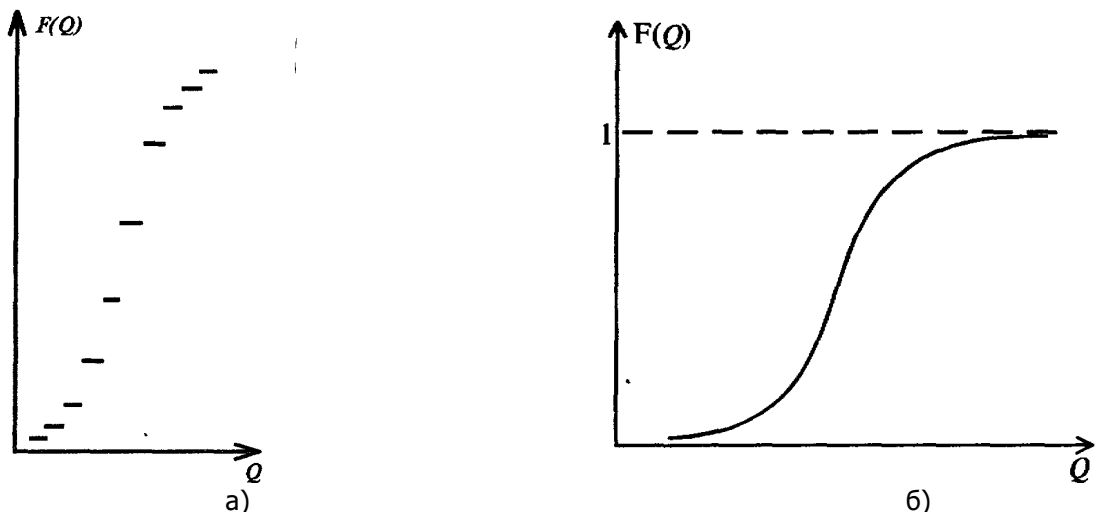


Рисунок 2 – Функции распределения вероятности случайных величин:

а) дискретной б) непрерывной

Наибольшее значение эмпирической функции распределения вероятности равно вероятности достоверного события, т.е. 1. Теоретическая функция распределения вероятности асимптотически приближается к единице.

Как определить вероятность попадания результата измерений в заданный интервал?

Вероятность P того, что отдельный результат измерения окажется в интервале $[x_1; x_2]$ равна площади криволинейной трапеции, ограниченной графиком плотности распределения вероятности $p(x)$, осью абсцисс и перпендикулярами к ней на границах этого интервала (рисунок 2)

Рисунок 2 – Определение вероятности попадания отдельного значения в заданный интервал по функции плотности распределения вероятности

$$P\{x_1 \leq x \leq x_2\} = \int_{x_1}^{x_2} p(x) dx$$

Функция распределения вероятностей случайной величины определяют вероятность того, что случайная величина (отдельный результат измерения x) примет значение меньше ее аргумента. Следовательно, вероятность того, что результат измерения окажется в интервале $[x_1; x_2]$, равна разности значений $F(x)$ на границах этого интервала (рисунок 2).

$$P\{x_1 \leq x \leq x_2\} = F(x_2) - F(x_1)$$

Рисунок 2 – Определение вероятности попадания отдельного значения в заданный интервал по функции распределения вероятности

Какова последовательность обработки результатов измерений?

Для повышения точности измерений, исключения ошибок и известных систематических погрешностей рекомендуется проводить измерения многократными наблюдениями, число которых должно быть не менее трех. Порядок обработки результатов прямых многократных измерений и оценки их погрешностей регламентирует ГОСТ. При статистической обработке результатов наблюдений выполняют операции:

- исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений;
- вычисляют среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимаемое за результат измерения;
- находят оценку среднего квадратического отклонения результата измерения;
- устанавливают доверительные границы случайной погрешности результата измерения (при этом проверяют гипотезу о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению);
- исключают из ряда наблюдений грубые погрешности.

Как вычислить среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений?

Результат наблюдений, в который введены поправки с целью устранения систематических погрешностей, считается исправленным. Среднее арифметическое \bar{x} из полученных при измерении отдельных единичных наблюдений вычисляют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.20)$$

где x_i — результат наблюдения; n — число единичных наблюдений.

Если во всех результатах содержится постоянная систематическая погрешность, допускается исключать ее после вычисления среднего арифметического неисправленных результатов наблюдений.

Такая запись и подсчет \bar{x} удобно лишь при незначительном количестве исходных данных. В случае большого их количества целесообразно использовать другой способ.

Пусть произведено n испытаний, в которых случайная величина X приняла m_i раз значение x_1 , m_2 раз значение x_2 , m_k раз значение x_k , причем $m_1 + m_2 + \dots + m_k = n$. Тогда среднее значение случайной величины \bar{X} определится как среднее арифметическое этих значений:

$$\bar{X} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_k m_k}{n} \quad (2.27)$$

или

$$\bar{X} = x_1 \cdot \frac{m_1}{n} + x_2 \cdot \frac{m_2}{n} + \dots + x_k \cdot \frac{m_k}{n} \quad (2.28)$$

Отметим, что отношение \hat{m}_i/n есть частота появления значения X (статистическая вероятность) и, обозначив каждое из них через \hat{p}_i , получим

$$\bar{X} = x_1 \hat{p}_1 + x_2 \hat{p}_2 + \dots + x_k \hat{p}_k = \sum_{i=1}^n x_i \hat{p}_i \quad (2.29)$$

Например, пусть $x_1 = 20$, $x_2 = 22$, $x_3 = 20$, $x_4 = 24$, $x_5 = 20$. Найти \bar{X} . Рассматривая этот ряд величин, заметим, что три из них равны 20, одна — 22, одна — 24. Поэтому частота появления 20 равна 3, 22—1 и частота появления 24—1. Данные сведем в табл. 7.1.

Таким образом, $\bar{X} = 21,2$

При большом числе испытаний $\hat{p}_1 \approx p_1, \hat{p}_2 \approx p_2, \dots, \hat{p}_n \approx p_n$, где p_i — значение математической вероятности.

Таблица 2.1

x_i	m_i	\hat{n}_i	$x_i \hat{p}_i$
20	3	0,6	12,0
22	1	0,2	4,4
24	1	0,2	4,8
Итого	5	1,0	21,2

С учетом этого формула (2.29) примет вид

$$M(X) = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad (2.30)$$

Эта формула используется в тех случаях, когда число членов вариационного ряда невелико. В тех случаях, когда используются интервальные ряды, т. е. группируют значения в интервалы, используют формулу

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_{i0} \hat{p}_i \quad (2.31)$$

где x_{i0} — значение x в середине интервала.

Для облегчения вычислений при большом количестве интервалов удобно использовать метод произведений, приводящий к следующей формуле

$$\bar{x} = x_0 + \frac{\sum_{i=1}^n m_i K_i}{n} \cdot h \quad (7.32)$$

где x_0 — выбранное условное начало, обычно равное значению X в середине интервала; K_i — значение, равное разности порядковых номеров между каждым интервалом, т. е. $n_0 - n_i$; h — ширина интервала.

Таким образом, среднее значение дискретной случайной величины, полученное суммированием произведений всех ее возможных значений на их вероятности, называют математическим ожиданием и обозначают $M(X)$.

Среднее арифметическое значение \bar{x} будет приближаться к математическому ожиданию $M(X)$ с увеличением числа испытаний в серии, т. е. $\bar{x} \rightarrow M(X)$, при $n \rightarrow \infty$.

Математическое ожидание — это такая величина, около которой колеблется среднее значение случайной величины, найденное для каждой серии испытаний. В то же время математическое ожидание и среднее значение случайную величину характеризуют не полностью. Рассмотрим пример, в котором дискретные величины X и Y заданы следующими законами распределения:

x_i	-0,04	+0,04	Y	-100	+100
p_i	0,3	0,3	p_i	0,3	0,3

Математические ожидания этих величин равны:

$$M(X) = -0,04 \cdot 0,3 + 0,04 \cdot 0,3 = 0,$$

$$M(Y) = -100 \cdot 0,3 + 100 \cdot 0,3 = 0.$$

Математическое ожидание обеих случайных величин одинаково, а значения величин различны, причем значения x_i были ближе к математическому ожиданию, чем y_i . Таким образом, зная лишь математическое ожидание случайной величины, еще нельзя судить о возможных ее значениях и о том, как они отличаются друг от друга и как они группируются (рассеиваются) вокруг своего математического ожидания или среднего значения.

Для более полной характеристики случайной величины используется такая характеристика как дисперсия $D(X)$, определяющая величину рассеивания случайной величины от ее математического ожидания.

Как вычислить дисперсию и среднее квадратическое отклонение результата измерения?

Дисперсию можно определить по формуле

$$D(X) = \sum_{i=1}^n [x_i - M(X)]^2 p_i \quad (2.33)$$

В то же время такая характеристика не имеет широкого распространения из-за того, что имеет размерность квадрата случайной величины, а потому не дает желаемой наглядности. Значительно чаще используется среднее квадратическое отклонение случайной величины, равное значению корня квадратного из дисперсии

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)} \quad (2.34)$$

Эта характеристика имеет размерность, совпадающую с размерностью случайной величины и является более наглядной.

Среднее квадратическое отклонение S результата единичного наблюдения, взятого из совокупности таких измерений, вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.21)$$

Среднее квадратическое отклонение $S(x)$ результата измерения является параметром функции распределения и подсчитывается по формуле:

$$S(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (2.22)$$

где x_i – i -и результат наблюдения; \bar{x} – среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений (результат измерения); n – число наблюдений.

Из формул (2.21) и (2.22) следует, что точность среднего арифметического значения измеряемой величины в \sqrt{n} раз выше точности единичного наблюдения.

Что такое доверительный интервал результата измерения?

Доверительный интервал представляет собой интервал значений, в пределах которого с заданной вероятностью находится искомое значение результата измерений. Из-за наличия в результатах измерений случайных и неисключенных систематических погрешностей точное (истинное) значение измеряемой величины определить невозможно. Доверительный интервал является одной из форм представления результата измерений, учитывающий разброс экспериментальных данных.

Доверительные границы ε (без учета знака) случайной погрешности измерения для результатов небольшого числа наблюдений ($3 < n < 20$), принадлежащих нормальному распределению, находят по формуле:

$$\varepsilon = t_p S(\bar{x}), \quad (2.23)$$

где t_p – коэффициент Стьюдента.

Коэффициент t_p в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n находят по таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Значение коэффициента t_p для доверительных границ

Число результатов наблюдений $n-1$	Доверительная вероятность P			Число результатов наблюдений $n-1$	Доверительная вероятность P		
	0,9	0,95	0,99		0,9	0,95	0,99
2	2,92	4,30	9,92	12	1,78	2,28	3,06
3	2,35	3,18	5,84	14	1,76	2,15	2,98
4	2,13	2,78	4,60	16	1,75	2,12	2,92
5	2,02	2,57	4,03	18	1,73	2,10	2,88
6	1,94	2,48	3,71	20	1,72	2,09	2,85
7	1,90	2,37	3,50	22	1,72	2,07	2,82
8	1,86	2,31	3,36	25	1,71	2,06	2,79
9	1,83	2,26	3,25	30	1,70	2,04	2,75
10	1,81	2,23	3,17	∞	1,65	1,96	2,58

Окончательно полученный результат измерения записывают в виде:

$$x = \bar{x} \pm \varepsilon(n, P), \quad (2.24)$$

Для производственных измерений рекомендуется выбирать вероятность равную $P=0,9$ и $P=0,95$; для исследовательских целей и при ответственных лабораторных измерениях – $P=0,95$ и $P=0,99$.

Доверительные границы неисключенной систематической погрешности определяются по формуле:

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^n \theta_i^2}, \quad (2.4)$$

где θ_i – неисключенные систематические погрешности; k – коэффициент зависимости неисключенных систематических погрешностей.

Каковы правила округления результатов измерений?

1. Погрешность результата измерения указывается двумя значащими цифрами, если первая из них равна 1 или 2, и одной – если первая цифра равна 3 или более.

2. Результат измерения округляется до того же десятичного знака, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. Если десятичная дробь в числовом значении результата измерений оканчивается нулями, то нули отбрасываются до того разряда, которым соответствует разряду числового значения погрешности.

3. Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остальные цифры числа не изменяются. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются.

4. Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов больше или равна 5 (но за ней следуют отличные от нуля цифры), то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу.

5. Если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры не известны или нули, то последнюю сохраняемую цифру числа не изменяют, если она четная и увеличивают на единицу, если она нечетная.

6. Округление производится лишь в окончательном ответе, а все предварительные вычисления производят с одним или двумя лишними знаками.

7. Погрешность округления не должна превышать 5% от погрешности измерений.

Какие показатели определяют качество результатов измерений?

Качество измерений характеризуется точностью, достоверностью, правильностью и сходимостью результатов.

Достоверность характеризует степень доверия к результатам измерений. Достоверность оценки погрешностей определяют на основе законов теории вероятностей и математической статистики.

Правильность – это качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей.

Сходимость – это качество измерений, отражающее соответствие результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях. Сходимость показывает влияние случайных погрешностей.

Для сопоставления и совместного использования результатов измерений применяют единообразные показатели точности измерений и единые унифицированные формы представления результатов измерений. Количественные показатели точности измерений и способы их выражения устанавливает ГОСТ. При измерении различных величин и параметров в сельскохозяйственном производстве в качестве показателя точности обычно используют интервал, в котором погрешность измерения находится с заданной вероятностью.

Какие используются измерительные шкалы?

На практике используются *шкала порядка, шкала интервалов и шкала отношений*.

Шкала порядка представляет собой *ранжированный ряд* – упорядоченную последовательность размеров $Q_1 < Q_2 < Q_3 < \dots < Q_j < \dots$, каждый из которых больше предыдущего, хотя сами размеры неизвестны. Если есть возможность опытным путем сравнить интересующий нас размер Q_i с одним из членов ранжированного ряда Q_j , то экспериментальное решение неравенства $Q_i < > Q_j$, можно рассматривать как *результат измерения*, дающий некоторую количественную информацию о Q_i . В соответствии с третьим постулатом метрологии *решение* о том, что i -ый размер меньше j -го либо больше или равен ему, носит случайный характер, т.е. выполняется с той или иной вероятностью, зависящей от силы неравенств. Решение (результат измерения) может оказаться ошибочным. При $Q_i > > Q_j$ или $Q_i < < Q_j$ вероятностью ошибки можно пренебречь. При $Q_i \geq Q_j$, $Q_i \leq Q_j$, и $Q_i \approx Q_j$ с вероятностями ошибок нужно считаться. В таблице 2.4 приведен пример шкалы порядка

Таблица 2.4 – Шкала Бофорта для измерения силы ветра

Сила ветра, балл	Название	Признаки

0	Штиль	Дым идет вертикально
1	Тихий	Дым идет слегка наклонно
2	Легкий	Ощущается лицом, шелестят листья
3	Слабый	Развеваются флаги
4	Умеренный	Поднимается пыль
5	Свежий	Вызывает волны на воде
6	Сильный	Свистит в вантах, гудят провода.
7	Крепкий	На волнах образуется пена
8	Очень крепкий	Трудно идти против ветра
9	Шторм	Срывает черепицу
10	Сильный шторм	Вырывает деревья с корнем
11	Жестокий шторм	Большие разрушения
12	Ураган	Опустошительное действие

После двух или более измерений, т.е. после сравнения Q_i с несколькими членами ранжированного ряда, измерительная информация на шкале порядка может быть представлена в виде:

$$Q_i = Q_i \dots Q_{j+1}.$$

Опорным (*реперным*) точкам $j = 0, 1, 2, 3 \dots$ на шкалах порядка принято ставить в соответствие баллы. С таким же успехом можно использовать буквенные обозначения или другие символы. Особенностью реперных шкал является то, что размеры Q_j , образующие ранжированный ряд, как и интервалы между ними, неизвестны. Поэтому баллы ни складывать, ни вычитать, ни умножать, ни делить нельзя. На шкалах порядка не определены никакие математические операции.

В то же время, если один размер на шкале порядка больше другого, а последний в свою очередь больше третьего, то и первый размер больше третьего. Или если хоть один из двух размеров больше третьего, то их сумма тоже больше третьего размера. Если из двух размеров каждый меньше третьего, то меньше третьего размера и их разность. Эти *свойства транзитивности* означают, что на шкалах порядка определены (т.е. могут выполняться) логические операции.

Шкалы порядка являются наименее информативными из всех измерительных шкал. По ним не только нельзя определить, чему равен измеряемый размер Q_i , но и невозможно сказать, на сколько (или во сколько раз) он больше или меньше размера Q_j .

Наибольшее распространение шкалы порядка получили в областях, где к измерительной информации не предъявляется высоких требований. В промышленном производстве для измерений по шкалам порядка используются шаблоны.

Шкала интервалов служит для представления результатов измерений, полученных посредством экспериментального сравнения i -го размера с j -ым по правилу $Q_i - Q_j = \Delta Q$. Сами размеры Q_i и Q_j остаются при этом неизвестными.

На рисунке 2. показано построение шкалы интервалов при $j = 4$. При выборе для сравнения 5-го, 6-го и больших размеров ноль на шкале интервалов ΔQ , получающийся при $i = j$, сместился бы выше, а при выборе 3-го, 2-го и меньших размеров - ниже показанного на рисунке. Таким образом, ноль на шкале интервалов не определен и зависит от выбора размера, с которым производится сравнение. Вследствие этого, по шкале интервалов можно установить, на сколько один размер больше другого, но нельзя сказать во сколько раз.

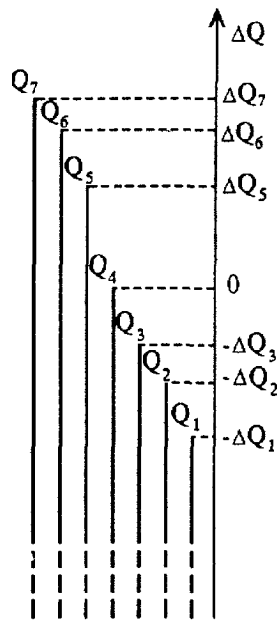


Рисунок 3 – Построение шкалы интервалов

По шкалам интервалов измеряются время, расстояние (если не известно начало пути), температура и многие другие. На рисунке 2.4 приведены, например, температурные шкалы Цельсия, Реомюра, Фаренгейта и Кельвина. Первая и последняя из них разбиты на интервалы, равный 0.01 разности температур кипения воды и таяния льда при атмосферном давлении. Шкалы Реомюра и Фаренгейта разбиты на градусы, равные соответственно 1/80 и 1/180 этого интервала. По шкалам Цельсия и Реомюра сравнение ведется с температурой таяния льда, по шкале Фаренгейта - с температурой смеси льда с солью и нашатырем, по шкале Кельвина - с температурой, при которой прекращается тепловое движение молекул. На градуированных шкалах интервалов откладываются не размеры ΔQ_i , а значения ΔQ_i , интервалов.

Шкалы интервалов являются более совершенными, чем шкалы порядка. На них определены аддитивные математические операции (сложение и вычитание), хотя и не определены мультипликативные (умножение и деление). Как следствие этого в экспериментальные данные, представленные на шкале интервалов, могут вноситься аддитивные поправки, в то время как использование поправочных множителей невозможно. Определить размер по шкале интервалов нельзя.

Шкала отношений служит для представления результатов измерений, полученных посредством экспериментального сравнения неизвестного размера $Q_i = Q$ с размером $Q_j = [Q]$ по правилу $Q/[Q] = q$. Числовое значение q показывает, во сколько раз измеряемый размер Q больше размера $[Q]$, принятого за единицу измерения, или на сколько единиц он больше нуля.

На градуированных шкалах отношений откладываются не числовые значения q , а значения $Q = q[Q]$ размеров Q . Градуированная шкала интервалов переходит в градуированную шкалу отношений при $Q_j \rightarrow 0$; $\Delta Q \rightarrow Q_i = Q$.

На рисунке 2.4 шкала Кельвина представляет собой уже шкалу отношений.

При практических измерениях на результат сравнения неизвестного размера Q с известным $[Q]$ оказывает влияние множество (в том числе случайных) факторов. Поэтому на практике

$$\frac{Q}{[Q]} = x \neq q$$

где *отсчет* x не только не равен числовому значению q , но, в отличие от последнего, представляет собой случайное число. Показание $X = x[Q]$ и результат измерения $Q = vX + \theta$, получающийся после внесения в показание поправок v и θ , являются, следовательно, также случайными и не могут быть представлены точками на числовой оси Q .

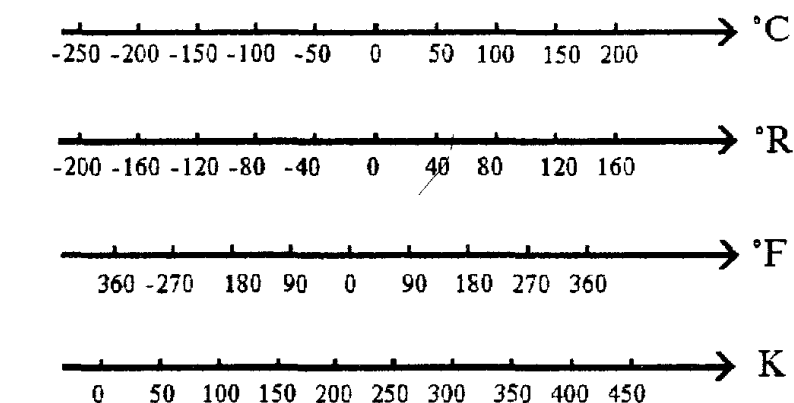


Рисунок 2.4 – Температурные шкалы Цельсия (°C), Реомюра (°R), Фаренгейта (°F) и Кельвина (K)

Шкала отношений является самой совершенной и наиболее распространенной из всех измерительных шкал. Это единственная шкала, по которой можно установить значение измеренного размера. На шкале отношений определены любые математические операции, что и позволяет вносить в показания, нанесенные на шкалу, мультипликативные и аддитивные поправки.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Стандартизация — это деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивающая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда.

Цель стандартизации — достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной области посредством широкого и многократного использования установленных положений, требований, норм для решения реально существующих, планируемых или потенциальных задач.

Основными результатами деятельности по стандартизации должны быть повышение степени соответствия продукта (услуги), процессов их функциональному назначению, устранение технических барьеров в международном товарообмене, содействие научно-техническому прогрессу и сотрудничеству в различных областях.

Цели стандартизации можно подразделить на общие и более узкие, касающиеся обеспечения соответствия. Общие цели вытекают, прежде всего, из содержания понятия. Конкретизация общих целей для российской стандартизации связана с выполнением тех требований стандартов, которые являются обязательными. К ним относятся разработка норм, требований, правил, обеспечивающих:

- безопасность продукции, работ, услуг для жизни и здоровья людей, окружающей среды и имущества;
- совместимость и взаимозаменяемость изделий;
- качество продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития научно-технического прогресса;
- единство измерений;
- экономию всех видов ресурсов;
- безопасность хозяйственных объектов, связанную с возможностью возникновения различных катастроф (природного и техногенного характера) и чрезвычайных ситуаций;
- обороноспособность и мобилизационную готовность страны.

Это определено Законом РФ "О стандартизации", принятым в 1993 г.

Конкретные цели стандартизации относятся к определенной области деятельности, отрасли производства товаров и услуг, тому или другому виду продукции, предприятию и т.п.

Стандартизация связана с такими понятиями, как объект стандартизации и область стандартизации.

Объектом (предметом) стандартизации обычно называют продукцию, процесс или услугу, для которых разрабатывают те или иные требования, характеристики, параметры, правила и т.п. Стандартизация может касаться либо объекта в целом, либо его отдельных составляющих (характеристик).

Областью стандартизации называют совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации. Например, машиностроение является областью стандартизации, а объектами стандартизации в машиностроении могут быть технологические процессы, типы двигателей, безопасность и экологичность машин и т.д.

Стандартизация осуществляется на разных уровнях. Уровень стандартизации различается в зависимости от того, участники какого географического, экономического, политического региона мира принимают стандарт. Если участие в стандартизации открыто для соответствующих органов любой страны, то это международная стандартизация.

Региональная стандартизация — деятельность, открытая только для соответствующих органов государств одного географического, политического или экономического региона мира. Региональная и международная стандартизация осуществляется специалистами стран, представленных в соответствующих региональных и международных организациях, задачи которых рассмотрены ниже.

Национальная стандартизация — стандартизация в одном конкретном государстве. При этом национальная стандартизация также может осуществляться на разных уровнях: на государственном, отраслевом уровне, в том или ином секторе экономики (например, на уровне министерств), на уровне ассоциаций, производственных фирм, предприятий (фабрик, заводов) и учреждений.

Стандартизацию, которая проводится в административно-территориальной единице (провинции, крае и т.п.), принято называть **административно-территориальной стандартизацией**.

Нормативные документы по стандартизации.

В РФ установлены Законом РФ "О стандартизации". К ним относятся:

- Государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р);
- применяемые в соответствии с правовыми нормами международные, региональные стандарты, а также правила, нормы и рекомендации по стандартизации;
- общероссийские классификаторы технико-экономической информации;
- стандарты отраслей;
- стандарты предприятий;
- стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений.

До настоящего времени действуют еще и стандарты СССР, если они не противоречат законодательству РФ.

Кроме стандартов, нормативными документами являются также ПР — правила по стандартизации, Р — рекомендации по стандартизации и ТУ — технические условия. Особое требование предъявляется к нормативным документам на продукцию, которая согласно российскому законодательству подлежит обязательной сертификации. В них должны быть указаны те требования к продукции (услуге), которые подтверждаются посредством сертификации, а также методы контроля (испытаний), которые следует применять для установления соответствия, правила маркировки такой продукции и виды сопроводительной документации.

Рассмотрим содержание российских нормативных документов.

Государственные стандарты разрабатывают на продукцию, работы и услуги, потребности в которых носят межотраслевой характер. Стандарты этой категории принимает Госстандарт России, а если они относятся к области строительства, архитектуры, промышленности строительных материалов — Госстрой России.

В государственных стандартах содержатся как обязательные для выполнения требования к объекту стандартизации, так и рекомендательные.

К обязательным относятся: безопасность продукта, услуги, процесса для здоровья человека, окружающей среды, имущества, а также производственная безопасность и санитарные нормы; техническая и информационная совместимость и взаимозаменяемость изделий; единство методов контроля и единство маркировки. Особую актуальность приобретают требования безопасности, поскольку безопасность товара — основной аспект сертификации соответствия. Требования обязательного характера должны соблюдать государственные органы управления и все субъекты хозяйственной деятельности независимо от формы собственности.

К требованиям безопасности в стандартах относят: электробезопасность, пожаробезопасность, взрывобезопасность, радиационную безопасность, предельно допустимые концентрации химических и загрязняющих веществ; безопасность при обслуживании машин и оборудования; требования к защитным средствам и мероприятиям по обеспечению безопасности (ограждения, ограничители хода машин, блокирующие устройства, аварийная сигнализация и т.п.).

В стандартах на отдельные виды продукции могут быть приведены такие характеристики, как класс опасности; допустимые уровни опасных и вредных факторов производства, возникающих при работе оборудования; действие вещества на человека и т.п.

Стандарты указывают все виды и нормы допустимой опасности конкретного продукта или группы однородной продукции. Они разработаны с расчетом на безопасность объекта стандартизации в течение всего периода его использования (срока службы).

Заказчик и исполнитель обязаны включать в договор условия о соответствии предмета договора обязательным требованиям государственных стандартов.

Другие требования государственных стандартов могут быть признаны обязательными в договорных ситуациях либо в том случае, если имеется соответствующее указание в технической документации изготовителя (поставщика) продукции, а также исполнителя услуг. К таким требованиям относятся основные потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции и методы их контроля; требования к упаковке, транспортированию, хранению и утилизации продукта; правила и нормы, касающиеся разработки производства и эксплуатации; правила оформления технической документации, метрологические правила и нормы и т.п.

Соответствие обязательным требованиям подтверждается испытаниями по правилам и процедурам обязательной сертификации. Соответствие продукта (услуги) другим требованиям может подтверждаться сообразно законодательным положениям о добровольной сертификации.

В некоторых случаях, если это целесообразно и необходимо для обеспечения более высокого уровня конкурентоспособности отечественных товаров, в стандартах могут быть установлены перспективные (предварительные) требования, которые опережают возможности традиционных технологий. Это, с одной стороны, не противоречит изложенному выше положению о предварительных стандартах, с другой — служит стимулом для внедрения новых, передовых технологических процессов на отечественных предприятиях.

Отраслевые стандарты разрабатываются применительно к продукции определенной отрасли. Их требования не должны противоречить обязательным требованиям государственных стандартов, а также правилам и нормам безопасности, установленным для отрасли. Принимают такие стандарты государственные органы управления (например, министерства), которые несут ответственность за соответствие требований отраслевых стандартов обязательным требованиям ГОСТ Р.

Объектами отраслевой стандартизации могут быть: продукция, процессы и услуги, применяемые в отрасли; правила, касающиеся организации работ по отраслевой стандартизации; типовые конструкции изделий отраслевого применения (инструменты, крепежные детали и т.п.); правила метрологического обеспечения в отрасли. Диапазон применяемости отраслевых стандартов ограничивается предприятиями, подведомственными государственному органу управления, принявшему данный стандарт. На добровольной основе возможно использование этих стандартов субъектами хозяйственной деятельности иного подчинения. Степень обязательности соблюдения требований стандарта отрасли определяется тем предприятием, которое применяет его, или по договору между изготовителем и потребителем. Контроль за выполнением обязательных требований организует ведомство, принявшее данный стандарт.

Стандарты организаций разрабатываются и принимаются самим предприятием. Объектами стандартизации в этом случае обычно являются составляющие организации и управления производством, совершенствование которых — главная цель стандартизации на данном уровне. Кроме того, стандартизация на предприятии может затрагивать и продукцию, производимую этим предприятием. Тогда объектами стандарта предприятия будут составные части продукции, технологическая оснастка и инструменты, общие технологические нормы процесса производства этой продукции. Стандарты предприятий могут содержать требования к различного рода услугам внутреннего характера.

Закон РФ "О стандартизации" рекомендует использовать стандартизацию на предприятии для освоения данным конкретным предприятием государственных, международных, региональных стандартов, а также для регламентирования требований к сырью, полуфабрикатам и т.п., закупаемым у других организаций. Эта категория стандартов обязательна для предприятия, принявшего этот стандарт. Но если в договоре на разработку, производство, поставку продукта или предоставление услуг имеется ссылка на стандарт предприятия, он становится обязательным для всех субъектов хозяйственной деятельности — участников такого договора.

Стандарты общественных объединений (научно-технических обществ, инженерных обществ и др.). Эти нормативные документы разрабатывают, как правило, на принципиально новые виды продукции, процессов или услуг; передовые методы испытаний, а также нетрадиционные технологии и принципы управления производством. Общественные объединения, занимающиеся этими проблемами, преследуют цель распространения через свои стандарты заслуживающих внимания и пер-

спективных результатов мировых научно-технических достижений, фундаментальных и прикладных исследований.

Для субъектов хозяйственной деятельности стандарты общественных объединений служат важным источником информации о передовых достижениях, и по решению самого предприятия они принимаются на добровольной основе для использования отдельных положений при разработке стандартов предприятия.

Как стандарты предприятий, так и стандарты общественных объединений не должны противоречить российскому законодательству, а если их содержание касается аспекта безопасности, то проекты этих стандартов должны быть согласованы с органами государственного надзора. Ответственность за это несут принявшие их субъекты хозяйственной деятельности.

Правила по стандартизации (ПР) и рекомендации по стандартизации (Р) по своему характеру соответствуют нормативным документам методического содержания. Они могут касаться порядка согласования нормативных документов, представления информации о принятых стандартах отраслей, обществ и других организаций в Госстандарт РФ, создания службы по стандартизации на предприятии, правил проведения государственного контроля за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и многих других вопросов организационного характера. ПР и Р разрабатываются, как правило, организациями и подразделениями, подведомственными Госстандарту РФ или Госстрою РФ. Проект этих документов обсуждается с заинтересованными сторонами, утверждает-ся и издается этими комитетами.

Технические условия (ТУ) разрабатывают предприятия и другие субъекты хозяйственной деятельности в том случае, когда стандарт создавать нецелесообразно. Объектом ТУ может быть продукция разовой поставки, выпускаемая малыми партиями, а также произведения художественных промыслов и т.п. Процедура принятия ТУ отличается от описанной выше для других нормативных документов.

В соответствии с Законом "О стандартизации" ТУ отнесены к техническим, а не нормативным документам. В то же время установлено, что ТУ рассматриваются как нормативные документы, если на них есть ссылка в контрактах или договорах на поставку продукции. Тогда их согласование (принятие) осуществляется по ПР 50.1.001-93.

Особенность процедуры согласования ТУ состоит в том, что во время приемки новой продукции, выпущенной в соответствии с их требованиями, происходит их окончательное согласование с приемочной комиссией. Но чтобы представить ТУ приемочной комиссии во время приемки, требуется предварительная рассылка проекта технических условий и дополняющей их документации тем организациям, представители которых будут участвовать в приемке продукции. ТУ считаются окончательно согласованными, если подписан акт приемки опытной партии (или опытного образца). Этим же решается вопрос о возможности производства промышленной партии продукции. В тех случаях, когда предприятие принимает решение о производстве продукции без приемочной комиссии, ТУ обязательно согласуются с заказчиком.

Не подлежат согласованию и в том и в другом варианте те требования и нормы ТУ, которые относятся к обязательным. В таком случае в технических условиях приводится ссылка на соответствующий государственный стандарт. Правила согласования ТУ предоставляют их разработчику самому решать вопрос о согласовании с заказчиком, если этот документ был создан в инициативном порядке.

Принимает ТУ их разработчик (руководитель или заместители руководителя организации) без указания срока действия за исключением отдельных случаев, когда заинтересованность в этом проявляет заказчик (потребитель) продукции.

Виды стандартов

В процессе стандартизации вырабатываются нормы, правила, требования, характеристики, касающиеся объекта стандартизации, которые оформляются в виде нормативного документа.

Рассмотрим разновидности нормативных документов, которые рекомендуются руководством 2 ИСО/МЭК, а также принятые в государственной системе стандартизации РФ. Руководство ИСО/МЭК рекомендует: стандарты, документы технических условий, своды правил, регламенты (технические регламенты), положения.

Стандарт — это нормативный документ, разработанный на основе консенсуса, утвержденный признанным органом, направленный на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области. В стандарте устанавливаются для всеобщего и многократного использования общие принципы, правила, характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов. Стандарт должен быть основан на обобщенных результатах научных исследований, технических дос-

тижений и практического опыта, тогда его использование принесет оптимальную выгоду для общества.

Предварительный стандарт — это временный документ, который принимается органом по стандартизации и доводится до широкого круга потенциальных потребителей, а также тех, кто может его применить. Информация, полученная в процессе использования предварительного стандарта, и отзывы об этом документе служат базой для решения вопроса о целесообразности принятия стандарта.

Стандарты бывают международными, региональными, национальными, административно-территориальными. Они принимаются соответственно международными, региональными, национальными, территориальными органами по стандартизации. Все эти категории стандартов предназначены для широкого круга потребителей. По существующим нормам стандартизации стандарты периодически пересматриваются для внесения изменений, чтобы их требования соответствовали уровню научно-технического прогресса, или, согласно терминологии ИСО/МЭК, стандарты должны представлять собой "признанные технические правила". Нормативный документ, в том числе и стандарт, считается признанным техническим правилом, если он разработан в сотрудничестве с заинтересованными сторонами путем консультаций и на основе консенсуса.

Указанные выше категории стандартов называют общедоступными. Другие же категории стандартов, такие, как фирменные или отраслевые, не являясь таковыми, могут, однако, использоваться и в нескольких странах согласно существующим там правовым нормам.

В учебнике стандарт рассматривается как одна из разновидностей нормативных документов. Однако в практике термин "стандарт" может употребляться и по отношению к эталону, образцу или описанию продукта, процесса (услуги). По существу это не является принципиальной ошибкой, хотя эталон правильнее относить к области метрологии, а термин "стандарт" использовать применительно к нормативному документу,

Документ технических условий устанавливает технические требования к продукции, услуге, процессу. Обычно в документе технических условий должны быть указаны методы или процедуры, которые следует использовать для проверки соблюдения требований данного нормативного документа в таких ситуациях, когда это необходимо.

Свод правил, как и предыдущий нормативный документ, может быть самостоятельным стандартом либо самостоятельным документом, а также частью стандарта. Свод правил обычно разрабатывается для процессов проектирования, монтажа оборудования и конструкций, технического обслуживания или эксплуатации объектов, конструкций, изделий. Технические правила, содержащиеся в документе, носят рекомендательный характер.

Все указанные выше нормативные документы являются рекомендательными. В отличие от них обязательный характер носит регламент.

Регламент — это документ, в котором содержатся обязательные правовые нормы. Принимает регламент орган власти, а не орган по стандартизации, как в случае других нормативных документов. Разновидность регламентов — технический регламент — содержит технические требования к объекту стандартизации. Они могут быть представлены непосредственно в самом этом документе либо путем ссылки на другой нормативный документ (стандарт, документ технических условий, свод правил). В отдельных случаях в технический регламент полностью включается нормативный документ. Технические регламенты обычно дополняются методическими документами, как правило, указаниями по методам контроля или проверок соответствия продукта (услуги, процесса) требованиям регламента.

Руководство 2 ИСО/МЭК, обобщая международный опыт стандартизации, представляет следующие возможные виды стандартов.

Основополагающий стандарт — нормативный документ, который содержит общие или руководящие положения для определенной области. Обычно используется либо как стандарт, либо как методический документ, на основе которого могут разрабатываться другие стандарты.

Терминологический стандарт, в котором объектом стандартизации являются термины. Такой стандарт содержит определение (толкование) термина, примеры его применения и т.п.

Стандарт на методы испытаний устанавливает методики, правила, процедуры различных испытаний и сопряженных с ними действий (например, отбор пробы или образца).

Стандарт на продукцию, содержащий требования к продукции, которые обеспечивают соответствие продукции ее назначению, может быть полным или неполным. Полный стандарт устанавливает не только указанные выше требования, но также и правила отбора проб, проведения испытаний, упаковки, этикетирования, хранения и т. д. Неполный стандарт содержит часть требований к продукции (только к параметрам качества, только к правилам поставки и пр.).

Стандарт на процесс, стандарт на услугу — это нормативные документы, в которых объектом стандартизации выступают соответственно процесс (например, технология производства), услуга (например, автосервис, транспорт, банковское обслуживание и др.)

Стандарт на совместимость устанавливает требования, касающиеся совместимости продукта в целом, а также его отдельных частей (деталей, узлов). Такой стандарт может быть разработан на систему в целом, например систему вентиляции, сигнализационную систему и т.п.

Положения могут носить методический или описательный характер.

Методические положения — это методика, способ осуществления процесса, той или иной операции и т.п., с помощью чего можно достигнуть соответствия требованиям нормативного документа. Можно назвать нормативный документ, содержащий подобное положение, «методическим стандартом».

Описательное положение обычно содержит описание конструкции, деталей конструкции, состава исходных материалов, размеров деталей и частей изделия (конструкции). Кроме того, нормативный документ может содержать и эксплуатационное положение, которое описывает "поведение" объекта стандартизации при его использовании (применении, эксплуатации).

Стандарт с открытыми значениями. В некоторых ситуациях ту или иную норму (или количественное значение того или иного требования) определяют изготовители (поставщики), в других — потребители. Поэтому в стандарте может содержаться перечень характеристик, которые конкретизируются в договорных отношениях.

Российская система стандартизации, конечно, опирается на международный опыт, приближена к международным правилам, нормам и практике стандартизации, но имеет и отечественный богатый опыт и свои особенности, не противоречащие, однако, изложенному выше. Поэтому целесообразно рассмотреть разновидности нормативных документов, действующих в РФ.

Государственный комитет РФ по стандартизации

Согласно Руководству 2 ИСО/МЭК деятельность по стандартизации осуществляют соответствующие органы и организации. Орган рассматривается как юридическая или административная единица, имеющая конкретные задачи и структуру. Это могут быть органы власти, фирмы, учреждения.

Под органом, занимающимся стандартизацией, подразумевается орган, деятельность которого в области стандартизации общепризнанна на национальном, региональном или международном уровнях. Основные функции такого органа — разработка и утверждение нормативных документов, доступных широкому кругу потребителей. Однако он может выполнять немало других функций, что особенно характерно для национального органа по стандартизации.

Национальным органом по стандартизации в России является Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии (Госстандарт России). Это федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий межотраслевую координацию, а также функциональное регулирование в области стандартизации, метрологии и сертификации.

Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии — правопреемник упраздненного Министерства промышленности и торговли Российской Федерации в отношении функций по реализации государственной политики в сфере стандартизации, метрологии и сертификации.

Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии — специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти в области сертификации. Председатель Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии является главным государственным инспектором Российской Федерации по надзору за государственными стандартами и обеспечением единства измерений.

В ведении Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии находятся государственные инспекторы по надзору за государственными стандартами и обеспечением единства измерений, а также центры стандартизации, метрологии и сертификации, предприятия, учреждения, учебные заведения и иные организации.

Госстандарт России выполняет следующие функции:

- координирует деятельность государственных органов управления, касающуюся вопросов стандартизации, сертификации, метрологии;
- взаимодействует с органами власти республик в составе РФ и других субъектов Федерации в области стандартизации, сертификации, метрологии;
- направляет деятельность технических комитетов и субъектов хозяйственной деятельности по разработке, применению стандартов, другим проблемам согласно своей компетенции;
- подготавливает проекты законов и других правовых актов в пределах своей компетенции;
- устанавливает порядок и правила проведения работ по стандартизации, метрологии, сертификации; принимает большую часть государственных стандартов, общероссийских классификаторов технико-экономической информации;

- осуществляет государственную регистрацию нормативных документов, а также стандартных образцов веществ и материалов;
- руководит деятельностью по аккредитации испытательных лабораторий и органов по сертификации; осуществляет государственный надзор за соблюдением обязательных требований стандартов, правил метрологии и обязательной сертификации;
- представляет Россию в международных организациях, занимающихся вопросами стандартизации, сертификации, метрологии и в Межгосударственном совете СНГ; сотрудничает с соответствующими национальными органами зарубежных стран;
- руководит работой научно-исследовательских институтов и территориальных органов, выполняющих функции Госстандарта в регионах;
- осуществляет контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации;
- участвует в работах по международной, региональной и межгосударственной (в рамках СНГ) стандартизации; устанавливает правила применения в России международных, региональных и межгосударственных стандартов, норм и рекомендаций;
- при разработке государственных стандартов определяет организационно-технические правила; формы и методы взаимодействия субъектов хозяйственной деятельности как между собой, так и с государственными органами управления, которые будут включены в нормативный документ;
- организует подготовку и повышение квалификации специалистов в области стандартизации.

Руководство и координацию работ по стандартизации в области строительства осуществляет Госстрой России, а другие государственные органы управления имеют право участвовать в стандартизации согласно их компетенции. Они могут создавать в своей структуре необходимые службы и подразделения и назначать головные организации по стандартизации.

В оргструктуре Госстандарта предусмотрены подразделения для реализации значительного объема работ: 19 научно-исследовательских институтов, 13 опытных заводов, Издательство стандартов, 2 типографии, 3 учебных заведения, более 100 территориальных центров стандартизации, метрологии и сертификации (ЦСМ). Эти центры проводят работы по сертификации продукции (услуг), калибровке средств измерений, оказывают инженерно-техническую поддержку по стандартизации, метрологии, сертификации. На базе территориальных органов Госстандарта создаются органы по сертификации и испытательные лаборатории. По данным на 1996 г., было аккредитовано более 500 органов по сертификации различных видов услуг и около 2000 испытательных лабораторий.

Работы по государственной стандартизации планируются. Составление планов находится в ведении Госстандарта РФ и Госстроя РФ, которые являются основными заказчиками по государственным основополагающим стандартам, стандартам общих технических условий и технических условий в части их обязательных требований, по исследованиям в области международных и региональных стандартов относительно принятия и применения их в качестве государственных. Заказчиками могут быть также отраслевые ведомства, предприятия, научно-технические и другие общества, в том числе общества по защите прав потребителей.

Госстандарт и Госстрой определяют стратегические направления по государственной стандартизации, анализируют все заказы, планы работы технических комитетов, предложения от субъектов хозяйственной деятельности и разрабатывают планы государственной стандартизации, как правило, годовые. Приоритетными считаются задания по гармонизации отечественных нормативных документов с международными (региональными), национальными зарубежными стандартами, а также о разработке требований безопасности к объектам стандартизации и защите прав потребителей. Выполнение планов государственной стандартизации финансируется из государственного бюджета и контролируется Госстандартом РФ (Госстроем РФ).

Технические комитеты по стандартизации. Постоянными рабочими органами по стандартизации являются технические комитеты (ТК), но это не исключает разработку нормативных документов предприятиями, общественными объединениями, другими субъектами хозяйственной деятельности. ТК могут заниматься стандартизацией как в инициативном порядке, так и по договорам на выполнение такого задания в соответствии с программами ТК и планами государственной стандартизации.

Технические комитеты специализируются в зависимости от объекта стандартизации. В рамках этой специализации в ТК проводится также работа и по международной (региональной) стандартизации.

Основные функции ТК:

- определение концепций развития стандартизации в своей области;
- подготовка данных для годовых планов по стандартизации;
- составление проектов новых стандартов и обновление действующих;
- оказание научно-методической помощи организациям, участвующим в разработке стандартов и применяющим нормативные документы, в частности, по анализу эффективности стандартизации;

- привлечение потребителей через союзы и общества потребителей.

По линии международной стандартизации ТК занимаются вопросами гармонизации отечественных стандартов с международными, готовят обоснование позиции России для голосования по проектам стандартов в международных организациях; участвуют в работе ТК международных (региональных) организаций по стандартизации, способствуя принятию государственных стандартов РФ в качестве международных, участвуют в организации проведения в России заседаний международных организаций по стандартизации и др.

Закон "О стандартизации" допускает участие в работе ТК представителей организаций зарубежных стран (по согласованию с Госстандартом России). В ряде ТК создаются подкомитеты (ПК) по отдельным объектам стандартизации.

ТК рассматриваются и как рабочие органы по стандартизации в рамках СНГ на основании "Соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, и сертификации", принятого странами — членами СНГ в 1992г.

Научно-технической базой для создания ТК обычно служат предприятия или организации, профиль деятельности которых соответствует специализации технического комитета. В их число включаются и научно-исследовательские институты Госстандарта РФ и Госстроя РФ. Правовой основой для создания ТК служит решение этих государственных органов. Заинтересованные предприятия, организации могут проявлять инициативу по участию их специалистов в работе технического комитета, направив предложение в один из указанных выше государственных органов. Госстандарт РФ и Госстрой РФ привлекают к работе в ТК ведущих ученых и специалистов, представителей организаций — разработчиков продукции, производственных предприятий (фирм), предприятий — основных потребителей продукции (услуги), научных и инженерных обществ и обществ по защите прав потребителей. Последнему придается особое значение, поскольку через представителей этих обществ осуществляется обратная связь с потребителем, что дает возможность получать актуальную информацию, необходимую для выполнения одной из основных целей стандартизации — обеспечить соответствие продукта ожиданиям и предпочтениям потребителя. Общества потребителей имеют право участвовать в работе технических комитетов по определению требований к качеству объекта стандартизации и выбору методов его оценки, в разработке новых и обновлении действующих стандартов.

Участие в деятельности технических комитетов всех заинтересованных сторон добровольное.

Другие службы по стандартизации. Другие субъекты хозяйственной деятельности, разрабатывающие нормативные документы (стандарты отраслей и предприятий), создают в своей структуре специальные службы, которые координируют работу по созданию стандартов других участвующих в этом подразделений. Например, на предприятии научно-исследовательские, конструкторские и технологические отделы, лаборатории выполняют исследования, связанные со стандартизацией, а участие других подразделений определяется их компетенцией. Руководит работой отдел стандартизации.

Государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований стандартов

Правовые основы, задачи и организация госнадзора. Государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов осуществляются в России на основании Закона РФ "О стандартизации" и составляют часть государственной системы стандартизации.

На современном этапе государственный контроль приобретает социально-экономическую ориентацию, поскольку основные его усилия направлены на проверку строгого соблюдения всеми хозяйственными субъектами обязательных норм и правил, обеспечивающих интересы и права потребителя, защиту здоровья и имущества людей и среды обитания.

К основным задачам госнадзора можно отнести: предупреждение и пресечение нарушений обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации и Закона "О единстве измерений" всеми субъектами хозяйственной деятельности; предоставление информации органам исполнительной власти и общественным организациям по результатам проверок. Проводят госнадзор должностные лица Госстандарта и подведомственных ему центров стандартизации и метрологии, получивших статус территориальных органов госнадзора, — государственные инспекторы.

Главный государственный инспектор России — Председатель Госстандарта РФ, а главные государственные инспекторы республик в составе РФ и других субъектов Федерации — руководители центров стандартизации и метрологии, т.е. территориальных органов госнадзора. Государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов осуществляют также и другие организации. В частности, Государственная инспекция по торговле, качеству товаров и защите прав потребителей (Госторгинспекция) проводит контроль за качеством и безопасно-

стью потребительских товаров. Такие обязательные требования стандартов, как совместимость и взаимозаменяемость, информационная совместимость, не входят в компетенцию Госторгинспекции. Государственный комитет РФ по охране окружающей среды¹ осуществляет государственный экологический контроль. Государственной санитарно-эпидемиологической службе предоставлены полномочия по надзору за соблюдением санитарного законодательства при разработке, производстве, применении всех видов продукции, в том числе и импортируемой.

Проверкам в процессе госнадзора подвергается продукция (на всех стадиях ее жизненного цикла), в том числе подлежащая обязательной сертификации и импортируемая; услуги населению, виды работ, которые подлежат обязательной сертификации; техническая документация на продукцию; деятельность испытательных центров, лабораторий и органов по сертификации.

Субъекты хозяйственной деятельности обязаны не препятствовать, а оказывать содействие государственным инспекторам во всех их действиях, составляющих процедуру госнадзора: свободный доступ в служебные производственные помещения, привлечение к работе специалистов и имеющихся на предприятии технических средств, отбор проб и образцов¹ и т.п. Проверка осуществляется как лично инспектором, так и создаваемыми под его руководством комиссиями.

Права и обязанности государственных инспекторов определены Законом "О стандартизации". Им предоставлены достаточно широкие права, как представителям государственных органов управления, в силу чего они находятся под защитой государства.

Государственный инспектор имеет право:

- свободного доступа в служебные и производственные помещения проверяемого предприятия (организации), получать всю необходимую документацию, проводить отбор проб и образцов, выдавать предписания об устранении выявленных отклонений, запрещать или приостанавливать поставку (реализацию) продукции, не соответствующей обязательным требованиям государственных стандартов, а также в случае отказа от предъявления ее к проверке;

- по результатам проверок облагать нарушителей обязательных требований стандартов штрафами. Строгое наказание применяется и к невыполняющим запрет на реализацию — штраф в размере стоимости реализованной продукции. Запрет на реализацию продукции или услуг при их несоответствии обязательным требованиям российских нормативных документов распространяется и на импортную продукцию (услугу), тем более, если они не прошли сертификацию в соответствии с российским законодательством;

- направить необходимые материалы в арбитражный суд, органы прокуратуры или суд, если выданные им предписания или постановления не выполняются предприятием — объектом госнадзора.

Государственным инспекторам предоставлены широкие права, но если они не выполняют возложенные на них обязанности, относятся к ним ненадлежащим образом или замечены в разглашении государственных (коммерческих) секретов, то несут ответственность в установленном законом порядке. Госинспектор всегда должен помнить, что он защищает интересы, как государства, так и потребителя.

В 1995 г. в Кодекс РСФСР об административных правонарушениях были внесены изменения, в соответствии с которыми должностные лица подвергаются штрафу, если в процессе проверки устанавливается нарушение организацией обязательных требований государственных стандартов, относящихся как к продукту, так и к обеспечению единства измерений, а также правил обязательной сертификации. Соблюдение обязательных требований к продукции определено Законом "О стандартизации" и не зависит от того, в каком нормативном документе они содержатся (ГОСТ Р, стандарт отрасли или ТУ).

Инспекторами госнадзора выявляется немало нарушений. Так, в течение 1998 г. проверив 12 тыс. предприятий, инспекторы вынуждены были применить штрафы по отношению к юридическим и физическим лицам в размере около 40 млн. руб. Кроме того, был обнаружен большой объем опасной для потребления Продукции на сумму около 3,2 млрд. руб., реализация которой была запрещена.

В перспективе госнадзор предусматривает не только штрафные санкции, но и меры поощрения. Одной из них является премия Правительства РФ в области качества продукции. Кроме того, реализуется программа "100 лучших товаров", призванная не только стимулировать российские предприятия, но и создавать им известность, привлекать внимание потребителей к отечественной продукции.

Госнадзором названы основные причины, которые приводят к невыполнению обязательных требований стандартов: отклонение от норм технологии производства, слабая измерительная и испытательная база, неудовлетворительная организация контроля. Эти причины во многом зависят от состояния метрологических служб на предприятиях. Метрологический надзор полностью подтверждает это: более 30% средств измерений на проверенных более чем 13 тыс. предприятий были признаны непригодными к применению. Поверка же средств измерений выявила ошибки в показаниях около 14% приборов. Такие красноречивые данные говорят, по-видимому, о том, что только жесткость гос-

надзора и, расширение полномочий госинспекторов не смогут заставить предприятия выполнять их предписания и нормы стандартов.

Специалисты Госстандарта России отмечают, что эффективность госнадзора в значительной степени снижена в силу следующих причин: современная концепция государственного контроля и надзора не учитывает международный опыт и опирается на опыт бывшего Советского Союза; не созданы четкая оргструктура, формы и методы, меры правовой и социальной защиты должностных лиц; оставляют желать лучшего названные в Законе "О стандартизации" источники финансирования. Рассмотренные выше положения о госнадзоре регламентируются Законом "О стандартизации". Но некоторые права предоставлены Госстандарту России Законом РФ "О защите прав потребителей" (ст. 42 и 43). Объемы полномочий по применению мер пресечения к нарушителям требований нормативных документов практически совпадают в обоих законах. Существенное отличие состоит в том, что нормы Закона "О защите прав потребителей" относятся к нарушениям требований безопасности товаров и услуг, предназначенных для личного потребления, а закон "О стандартизации" распространяется как на потребительские товары, так и на продукцию производственного назначения.

Правила проведения госнадзора. Основная форма государственного контроля и надзора — выборочная проверка. В процессе проверки проводятся испытания, измерительный контроль, технический осмотр, идентификация, другие мероприятия, обеспечивающие достоверность и объективность результатов. Госстандарт России устанавливает приоритетные направления госнадзора, которые, прежде всего, учитываются при его планировании. В дополнение к ним проверки могут быть назначены в связи с целевыми заданиями Госстандарта, для информирования Госреестра России о продукции, которая прошла сертификацию, или об аккредитации испытательных лабораторий и др. Госнадзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и за сертифицированной продукцией осуществляет *государственный инспектор* или *комиссия, возглавляемая им*. Госнадзор за соблюдением правил обязательной сертификации осуществляет *комиссия, состав которой определяет председатель Госстандарта*.

Планирование проверки включает обязательный подготовительный период, в течение которого анализируются результаты предыдущих проверок, в том числе и проводимых другими контролирующими органами. Это сопряжено с рассмотрением подробной информации о намечаемом к проверке субъекте хозяйственной деятельности, в частности, результатов внутреннего контроля за соблюдением требований стандартов.

Контролю подвергается образец (или проба), отбираемый в соответствии с установленной в стандарте на данную продукцию методикой. Идентификация и технический осмотр продукции проводятся государственным инспектором с привлечением специалистов предприятия, а испытания образцов (проб) осуществляют сотрудники проверяемого субъекта хозяйственной деятельности под наблюдением государственного инспектора. Результаты испытания образцов распространяются на всю партию продукции, от которой они отобраны. При отсутствии у проверяемого предприятия испытательной базы испытания должны проводиться в аккредитованных испытательных лабораториях (центрах).

Если контроль касается продукции, которая подлежит обязательной сертификации, госинспектор проверяет наличие и подлинность выданного ранее сертификата соответствия, правильность применения знака соответствия до начала испытаний образца.

Проверка соблюдения правил обязательной сертификации касается аккредитованных испытательных центров (лабораторий). Проверяющая комиссия устанавливает: наличие лицензии на право осуществления сертификационных испытаний и аттестата аккредитации испытательного центра (лаборатории), соответствие видов испытываемой продукции профилю лаборатории, состояние нормативной базы и испытательного оборудования, соблюдение программы и методик испытаний. Если проверяется работа органа по сертификации, то комиссия прежде всего убеждается в правомочности работы органа и наличии необходимого фонда нормативных документов на сертифицируемую продукцию. Кроме того, контролируется правильность оформляемой документации (сертификатов соответствия) и ее регистрации, а также обоснованность отказов в выдаче сертификатов, если это имело место.

По результатам испытаний оформляется протокол испытаний, а проведенные проверки заканчиваются составлением акта. *Акт проверки* — весьма важный документ, так как на его основании госнадзор выдает проверяемому субъекту предписания или постановления о применении мер воздействия за нарушения, обнаруженные в ходе контрольных проверок. Акт подписывают и проверяющая и проверяемая стороны, причем последняя имеет право отказаться признать результаты, а также изложить в письменной форме свое особое мнение.

Акт направляется: руководству проверенной организации; в Ростест-Москва для подготовки обобщенной информации; в Госстандарт РФ (в случае необходимости определения штрафных санкций).

В 1998 г. с целью совершенствования работы госнадзора введена система показателей его эффективности, которая включает социальную, экономическую и технологическую составляющие. Каждая из них может быть подсчитана по данным автоматизированной информационной системы АИС "Госнадзор".

Социальный эффект характеризуется следующими показателями:

- предотвращенный ущерб у потребителей от приобретения опасных и недоброкачественных товаров (млн. руб.),
- защита жизни и здоровья людей от применения опасной продукции (натур, ед.),
- количество потребителей, защищенных от опасных и недоброкачественных продукции и услуг (чел.).

Экономический эффект определяется:

- поступлением средств в доходную часть федерального бюджета — штрафы (млн. руб.),
- компенсацией затрат из федерального бюджета на проведение госнадзора,
- упущенной выгодой (млн. руб.), которая определяет доход или иное благо, не полученное лицом вследствие причинения ему вреда либо нарушения его права неисполнением обязательства, по которому оно было кредитором. Обычно представляет собой неполученную прибыль и подлежит возмещению как составная часть убытков или безвозвратных потерь.

По российскому законодательству в состав убытков включают недополученные кредитором доходы, которые были бы получены при исполнении должником обязательства.

Этот показатель относится непосредственно к субъектам хозяйственной деятельности, не соблюдающим требования стандартов, а косвенно касается инвесторов (кредиторов), связанных с кредитованием производственной деятельности.

Упущенная выгода складывается из стоимости запрещенной продукции, штрафных санкций и затрат субъектов хозяйственной деятельности на исправление брака (несоответствий), которые, по данным зарубежной практики, составляют в среднем 12% от объема запрещенной к реализации продукции.

Технологический эффект характеризуется тремя показателями:

- уровнем выявления нарушений (%),
- уровнем устранения нарушений (%),
- интенсивностью надзора (количество проверок на одного инспектора в год).

СЕРТИФИКАЦИЯ

Сертификация. Общие сведения

Сертификация в переводе с латыни означает "сделано верно". Для того чтобы убедиться в том, что продукт "сделан верно", надо знать, каким требованиям он должен соответствовать и каким образом возможно получить достоверные доказательства этого соответствия. Общеизвестным способом такого доказательства служит сертификация соответствия.

ИСО/МЭК предлагает термин "соответствие", указывая, что это процедура, в результате которой может быть представлено заявление, дающее уверенность том, что продукция (процесс, услуга) соответствуют заданным требованиям. Это может быть:

- заявление поставщика о соответствии, т.е. его письменная гарантия в том, что продукция соответствует заданным требованиям; заявление, которое может быть напечатано в каталоге, накладной, руководстве об эксплуатации или другом сообщении, относящемся к продукции; это может быть также ярлык, этикетка и т.п.;

- сертификация — процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию, что продукция, процесс, услуга соответствуют заданным требованиям.

Термин "заявление поставщика о соответствии" означает, что поставщик (изготовитель) под свою личную ответственность сообщает о том, что его продукция отвечает требованиям конкретного нормативного документа. Согласно Руководству 2 ИСО/МЭК это является доказательством осознанной ответственности изготовителя и готовности потребителя сделать продуманный и определенный заказ.

Заявление изготовителя, которое называют также заявлением-декларацией, содержит следующие сведения: адрес изготовителя, представляющего заявление-декларацию, обозначение изделия и дополнительную информацию о нем; наименование, номер и дату публикации стандарта, на который ссылается изготовитель; указание о личной ответственности изготовителя за содержание заявления и др. Представляемая информация должна быть основана на результатах испытаний. Ссылка на стандарт не означает утверждения изделия организацией, принявшей этот стандарт. Изготовитель не имеет права пользоваться знаками соответствия стандартам. Несколько иной порядок принят в ЕС.

Подтверждение соответствия через сертификацию предполагает обязательное участие третьей стороны. Такое подтверждение соответствия — независимое, дающее гарантию соответствия заданным требованиям, осуществляемое по правилам определенной процедуры.

Сертификация считается основным достоверным способом доказательства соответствия продукции (процесса, услуги) заданным требованиям.

Процедуры, правила, испытания и другие действия, которые можно рассматривать как составляющие самого процесса (деятельности) сертификации, могут быть различными в зависимости от ряда факторов. Среди них — законодательство, касающееся стандартизации, качества и непосредственно сертификации; особенности объекта сертификации, что в свою очередь определяет выбор метода проведения испытаний, и т.д. Другими словами, доказательство соответствия проводится по той или иной системе сертификации. В соответствии с указанным документом ИСО/МЭК — это система, которая осуществляет сертификацию по своим собственным правилам, касающимся как процедуры, так и управления.

Систему сертификации (в общем виде) составляют: центральный орган, который управляет системой, проводит надзор за ее деятельностью и может передавать право на проведение сертификации другим органам; правила и порядок проведения сертификации; нормативные документы, на соответствие которым осуществляется сертификация; процедуры (схемы) сертификации; порядок инспекционного контроля. Системы сертификации могут действовать на национальном, региональном и международном уровнях. Если система сертификации занимается доказательством соответствия определенного вида продукции (процесса, услуг) — это система сертификации однородной продукции, которая в своей практике применяет стандарты, правила и процедуру, относящиеся именно к данной продукции. Несколько таких систем сертификации однородной продукции со своими органами и другими составляющими могут входить в общую систему сертификации.

Систематическую проверку степени соответствия заданным требованиям принято называть оценкой соответствия. Более частным понятием оценки соответствия считают контроль, который рассматривают как оценку.

Аккредитация испытательных лабораторий. Лаборатория имеет право проводить испытание в процессе сертификации третьей стороной при условии ее независимости от поставщика (изготовителя) и потребителя объекта сертификации, а также официального признания ее компетентности. Для этого существует процедура аккредитации. Аккредитация — это официальное признание права испытательной лаборатории осуществлять конкретные испытания или конкретные типы испытаний. Термин "аккредитация лаборатории" применяется к признанию как технической компетентности и объективности, так и только технической компетентности.

Аккредитации предшествует аттестация — проверка испытательной лаборатории с целью установления ее соответствия критериям аккредитации. Аттестация представляет собой оценку состояния дел в лаборатории по определенным параметрам и критериям, выбор которых базируется на рассмотренных выше общих требованиях к испытательным лабораториям.

Аккредитация лабораторий — это самостоятельная область деятельности, сопряженная с сертификацией. Существуют различные системы аккредитации, располагающие собственными правилами процедуры и управления. Системой аккредитации I управляет орган по аккредитации, который может самостоятельно проводить аккредитацию испытательных лабораторий, а I также передавать полностью или частично полномочия по аттестации агентству по аттестации или иной компетентной организации.

Порядок проведения аккредитации следующий:

- сбор информации, необходимой для оценки аккредитуемой лаборатории;
- назначение одного эксперта или группы их для проведения аттестации лаборатории;
- аттестация (оценка) испытательной лаборатории на месте;
- анализ собранных в результате аттестации данных;
- принятие решения об аккредитации.

Способы информирования о соответствии

Любая система сертификации использует стандарты (международные, региональные, национальные), на соответствие требованиям которых проводятся испытания. Информация о соответствии стандартам необходима покупателю, конечному потребителю, инспектирующим и контролирующим органам, страховым компаниям, правительственным органам для самых различных ситуаций, связанных с продуктом. В системах сертификации третьей стороной применяются два способа указания соответствия стандартам: сертификат соответствия и знак соответствия, которые и являются способами информирования всех заинтересованных сторон о сертифицированном товаре.

Сертификат соответствия — это документ, изданный по Правилам системы сертификации, сообщающий, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированная продукция (процесс, услуга) соответствует конкретному стандарту или другому нормативному

документу. Сертификат может относиться ко всем требованиям стандарта, а также отдельным разделам или конкретным характеристикам продукта, что четко оговаривается в самом документе. Информация, представляемая в сертификате, должна обеспечить возможность сравнения ее с результатами испытаний, на основе которых он выдан.

Знак соответствия – это защищенный в установленном порядке знак, применяемый (или выданный органом по сертификации) в соответствии с правилами системы сертификации, указывающий, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что данная продукция (процесс, услуга) соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу. Знак соответствия ограничен определенной системой сертификации, что указывает на обязанность этой системы (в лице органа по сертификации) контролировать соответствие стандарту продукции, маркированной этим знаком. Знаком соответствия маркируется товар и в том случае, если он соответствует всем требованиям стандарта (см. ч. I). Некоторые знаки соответствия стандартам приведены в гл. 2.

Обычно в системах сертификации действуют правила по применению знака соответствия или национальные стандарты, регламентирующие применение знака соответствия государственному стандарту. Разрешение (лицензия) на использование знака соответствия выдается органом по сертификации.

К стандартам, используемым для целей сертификации, предъявляются определенные требования, которые учитывают технические комитеты организаций, занимающихся стандартизацией. Прежде всего, если разрабатываемый стандарт предназначен для использования при сертификации, в состав технического комитета, помимо представителей всех заинтересованных сторон, должны быть включены специалисты, имеющие опыт работы в области сертификации. В разделе стандарта "Область применения" должно быть указание о применении его для целей сертификации. В стандарт включаются только те характеристики, которые могут быть объективно проверены. Если при сертификации третьей стороной необходимо установить методы контроля производственных процессов, такие требования включаются в специальные правила и программы сертификации, основанные на стандарте.

Стандарт должен устанавливать последовательность проведения испытаний, если это влияет на их результаты. Более предпочтительными считаются методы неразрушающих испытаний.

Если сертификация проводится с целью доказательства безопасности изделия (основной аспект сертификации), применяются стандарты, в которых регламентируются характеристики и нормы безопасности. Это могут быть и специально разработанные для данной цели нормативные документы. Так, при сертификации на безопасность изделий электронной техники, бытовых электротехнических товаров используются международные стандарты по безопасности МЭК.

Если изделие сертифицировано на безопасность, то оно может маркироваться специальными знаками соответствия, которые относятся либо к конкретным видам продукции, например, электротехническим бытовым приборам, либо имеют более общий характер, т.е. информируют потребителя о безопасности товаров.

Сущность обязательной и добровольной сертификации

Сертификация может носить обязательный и добровольный характер.

Обязательная сертификация осуществляется на основании законов и законодательных положений и обеспечивает доказательство соответствия товара (процесса, услуги) требованиям технических регламентов, обязательным требованиям стандартов. Поскольку обязательные требования этих нормативных документов относятся к безопасности, охране здоровья людей и окружающей среды, то основным аспектом обязательной сертификации являются безопасность и экологичность. В зарубежных странах действуют прямые законы по безопасности изделий (например, Директивы ЕС, см. ч. I). Поэтому обязательная сертификация проводится на соответствие указанным в них требованиям (непосредственно либо в виде ссылки на стандарт).

В России, о чем подробно сказано далее, обязательная сертификация введена Законом "О защите прав потребителя". Для осуществления обязательной сертификации создаются системы обязательной сертификации, цель их — доказательство соответствия продукции, подлежащей обязательной сертификации, требованиям технических регламентов, стандартов, которые в законодательном порядке обязательны к выполнению, либо обязательным требованиям стандартов. Номенклатура объектов обязательной сертификации устанавливается на государственном уровне управления.

Добровольная сертификация проводится по инициативе юридических или физических лиц на договорных условиях между заявителем и органом по сертификации в системах добровольной сертификации. Допускается проведение добровольной сертификации в системах обязательной сертификации органами по обязательной сертификации. Нормативный документ, на соответствие которому осуществляются испытания при добровольной сертификации, выбирается, как правило, заявителем. Заявителем может быть изготовитель, поставщик, продавец, потребитель продукции. Системы добро-

вольной сертификации чаще всего объединяют изготовителей и потребителей продукции, заинтересованных в развитии торговли на основе долгосрочных партнерских отношений.

В отличие от обязательной сертификации, объекты которой и подтверждение их соответствия связаны с законодательством, добровольная сертификация касается видов продукции (процессов, услуг), не включенных в обязательную номенклатуру и определяемых заявителем (либо в договорных отношениях). Правила и процедуры системы добровольной сертификации определяются органом по добровольной сертификации. Однако так же, как и в системах обязательной сертификации, они базируются на рекомендациях международных и региональных организаций в этой области. Решение о добровольной сертификации обычно связано с проблемами конкурентоспособности товара, продвижением товаров на рынок (особенно зарубежный); предпочтениями покупателей, все больше ориентирующихся в своем выборе на сертифицированные изделия. Как правило, развитие добровольной сертификации поддерживается государством соответствия путем измерения конкретных характеристик продукта.

В оценке соответствия наиболее достоверными считаются результаты испытаний "третьей стороной". Третья сторона — это лицо или орган, признанные независимыми ни от поставщика (первая сторона), ни от покупателя (вторая сторона).

Под испытанием понимается техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по принятым правилам. Испытания осуществляют в испытательных лабораториях, причем это название употребляют по отношению как к юридическому, так и к техническому органу.

Порядок проведения сертификации продукции

Порядок проведения сертификации в России установлен Постановлением Госстандарта РФ в 1994 г. по отношению к обязательной сертификации (в том числе и импортируемой продукции), но может применяться и при добровольной сертификации. Для систем сертификации однородной продукции с учетом ее особенностей допускается разработка соответствующего порядка.

Порядок разъясняет, какие характеристики продукции проверяются, по каким критериям выбираются схемы сертификации, каким требованиям должны отвечать нормативные документы на сертифицируемую продукцию, в какой последовательности осуществляются соответствующие процедуры сертификации и в чем их сущность.

Общие принципы порядка сертификации соответствуют Руководствам ИСО/МЭК по данному вопросу.

Как уже отмечено выше, организуют сертификацию Госстандарт РФ и федеральные органы, на которые возложена ответственность за обязательную сертификацию. Непосредственную работу по сертификации ведут аккредитованные органы по сертификации и испытательные лаборатории. В России действуют около 820 органов по сертификации и примерно 1957 лабораторий.

Характеристики товара, которые проверяются при сертификации, выбираются с учетом следующих основных критериев:

- они должны позволить идентифицировать продукцию (проверять принадлежность к группе классификатора, ее происхождение, принадлежность к определенной производственной партии и т.п.). Немаловажно при этом установить соответствие продукции приложенной технической документации;
- отбираемые характеристики должны полно и достоверно подтвердить нормы безопасности, экологичности, установленные в нормативных документах на эту продукцию;
- могут потребоваться и такие характеристики, которые отражают другие требования, подлежащие обязательной сертификации в соответствии с законодательными актами. Совокупность других проверяемых показателей определяется исходя из целей сертификации конкретной продукции.

При выборе схемы сертификации учитываются особенности производства, испытаний, поставки и применения конкретной продукции, требуемый уровень доказательности, необходимые затраты заявителя. Определяется схема обязательной сертификации Госстандартом РФ и другими федеральными органами, на которые возложено руководство сертификацией. Схему добровольной сертификации выбирает заявитель и предлагает ее органу по сертификации.

Порядок проведения сертификации устанавливает последовательность действий, составляющих совокупную процедуру сертификации. I

а) подача заявки на сертификацию. Заявитель направляет заявку в соответствующий орган по сертификации, а при его отсутствии — в Госстандарт РФ или другой федеральный орган управления. Орган по сертификации рассматривает заявку в установленном порядке сертификации однородной продукции срок (в среднем один месяц) и сообщает заявителю решение, которое в числе различных сведений, необходимых заявителю, указывает, какие органы и испытательные лаборатории может выбрать заявитель. I

б) Отбор, идентификация образцов и их испытания. Образцы для испытаний отбирает, как правило, испытательная лаборатория или другая организация по ее поручению. В отдельных случаях этим занимается орган по сертификации. Образцы, прошедшие испытания, хранятся в течение срока, предусмотренного правилами системы сертификации конкретной продукции. Протоколы испытаний представляются заявителю и в орган по сертификации, их хранение соответствует сроку действия сертификата.

в) Оценка производства. В зависимости от выбранной схемы сертификации проводятся анализ состояния производства, сертификация производства либо сертификация системы управления качеством. Метод оценки производства указывается в сертификате соответствия продукции.

г) Выдача сертификата соответствия. Протоколы испытаний, результаты оценки производства, другие документы о соответствии продукции, поступившие в орган по сертификации, подвергаются анализу для окончательного заключения о соответствии продукции заданным требованиям.

По результатам оценки составляется заключение эксперта. Это главный документ, на основании которого орган по сертификации принимает решение о выдаче сертификата соответствия. При положительном решении оформляется сертификат, в котором указаны основания для его выдачи и регистрационный номер, без которого сертификат недействителен. Если заключение эксперта отрицательное, орган по сертификации выдает заявителю решение об отказе с указанием причин.

Сертификат на такие виды продукции, на которые распространяются особые требования в области безопасности (например, санитарные, ветеринарные и т.п.), выдается только при наличии гигиенического, ветеринарного, фитосанитарного и других специальных сертификатов, доказывающих их безвредность и другие специфические качества. Средства измерений до получения сертификата соответствия должны пройти государственный метрологический контроль и поверку. Эти положения относятся как к отечественной, так и импортируемой продукции. Срок действия сертификата соответствия устанавливает орган по сертификации, но не более трех лет. Как правило, трехлетний срок действия имеют сертификаты, если применялась схема 5 или 6 сертификации (см. §16.2).

Информация о том, что продукт сертифицирован, содержится в технической (техпаспорт, этикетка и пр.) и в товаросопроводительной документации.

д) Применение знака соответствия. Изготовитель получает право маркировки сертифицированной продукции знаком соответствия, получив лицензию от органа по сертификации. Обычно в каждой системе принят свой знак.

е) Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией проводится, если это предусмотрено схемой сертификации, в течение всего срока действия сертификата и лицензии на применение знака соответствия (не реже одного раза в год). Форма контроля – периодические и внеплановые проверки с испытанием образцов для доказательства того, что производимая продукция продолжает соответствовать требованиям, подтвержденным сертификацией.

Степень сложности и строгости инспекционного контроля зависит от уровня потенциальной опасности продукции, стабильности производства, объема выпуска, наличия системы обеспечения качества и других факторов.

Внеплановые проверки назначаются органом по сертификации в случаях поступления информации о претензиях к качеству продукции от потребителей, торговых организаций и контролирующих органов.

Результаты инспекционного контроля оформляются актом, который хранится в органе по сертификации. Этот орган имеет право по результатам контроля приостановить или отменить действие сертификата и лицензии на применение знака соответствия. Приостановление действия сертификата и знака возможно в таких ситуациях, когда изготовитель продукции, по согласованию с органом по сертификации, может принять корректирующие меры и снова представить образец продукции на подтверждение его соответствия, если это возможно без повторных испытаний. В противном случае действие сертификата и лицензии отменяется.

ж) Корректирующие мероприятия назначаются в случаях нарушения соответствия продукции установленным требованиям и правил применения знака соответствия.

Мероприятия назначает орган по сертификации, которые приостанавливает действие сертификата и лицензии на использование знака соответствия, о чем информируются заинтересованные участники сертификации. Далее орган устанавливает срок выполнения корректирующих мероприятий и контролирует их проведение изготовителем. Изготовитель в такой ситуации обязан уведомить потребителей и все заинтересованные организации об опасности пользования продукцией. Если корректирующие мероприятия привели к положительным результатам, орган по сертификации обязует изготовителя применять другую маркировку изделия, о чем информируются участники сертификации. При невыполнении или неэффективности корректирующих мер сертификат и лицензия на знак соответствия аннулируются.

Схемы сертификации

Рассмотрим содержание схем сертификации.

Схема 1 ограничивается лишь испытанием в аккредитованной лаборатории типа, т.е. типового образца, взятого из партии товара. Она применяется для изделий сложной конструкции. Схема 1а включает дополнение к схеме 1 — анализ состояния производства.

Схема 2 несколько усложняется, так как помимо испытания образца, после чего заявитель уже получит сертификат соответствия, в ней предусмотрен инспекционный контроль за сертифицированной продукцией, находящейся в торговле. Для этого и образец (образцы) отбирается в торговых организациях, реализующих данный товар, и подвергается испытаниям в аккредитованной лаборатории.

Схема 2а включает дополнение к схеме 2 — анализ состояния производства до выдачи сертификата.

Схема 3 предусматривает испытания образца, а после выдачи сертификата — инспекционный контроль путем испытания образца, отбираемого на складе готовой продукции предприятия изготовителя перед отправкой потребителю. Образец испытывается в аккредитованной лаборатории.

Схема 3а предусматривает испытание типа и анализ состояния производства до выдачи сертификата, а также инспекционный контроль в такой же форме, как по схеме 3.

Схема 4 заключается в испытании типового образца, как в предыдущих схемах, с несколько усложненным инспекционным контролем: образцы для контрольных испытаний отбираются как со склада изготовителя, так и у продавца. Модифицированная схема 4а в дополнение к схеме 4 включает анализ состояния производства до выдачи сертификата соответствия на продукцию.

Схема 5 — наиболее сложная. Она состоит из испытаний типового образца, проверки производства путем сертификации системы обеспечения качества либо сертификации самого производства, более строгого инспекционного контроля, который проводится в двух формах: как испытание образцов сертифицированной продукции, отобранных у продавца и у изготовителя, и в дополнение к этому — как проверка стабильности условий производства и действующей системы управления качеством.

Схема 6 подтверждает еще раз, насколько выгодно предприятию иметь сертификат на систему качества. Дело в том, что эта схема заключается в оценке на предприятии действующей системы качества органом по сертификации, но если сертификат на систему предприятие уже имеет, ему достаточно представить заявление-декларацию. Это обычно установлено в правилах системы сертификации однородной продукции. Заявление-декларация регистрируется в органе по сертификации и служит основанием для получения лицензии на использование знака соответствия.

Схема 7 заключается в испытании партии товара. Это значит, что от партии товара, изготовленной предприятием, отбирается по установленным правилам средняя проба (выборка), которая проходит испытания в аккредитованной лаборатории с последующей процедурой выдачи сертификата. Инспекционный контроль не проводится.

Схема 8 предусматривает проведение испытания каждого изделия, изготовленного предприятием, в аккредитованной испытательной лаборатории и далее принятие решения органом по сертификации о выдаче сертификата соответствия.

Кроме этих уже действующих схем, в России введены дополнительные схемы 9 — 10а, опирающиеся на заявление-декларацию изготовителя с последующим инспекционным контролем за сертифицируемой продукцией. Такая схема Сертификации в наибольшей степени подходит для малых предприятий и товаров, выпускаемых малыми партиями. В отдельных случаях предусматривается как обязательное условие наличие сертифицированной системы качества у изготовителя. Процедура такого пути сертификации должна отражаться в правилах системы сертификации однородной продукции. Заявление-декларацию подписывает руководитель предприятия, прилагает к нему протокол испытаний продукции на предприятии, информацию о действии надлежащего контроля при производстве. Все документы рассматривает орган по сертификации однородной продукции, который принимает решение о возможности признания заявления-декларации и выдаче сертификата соответствия.

Российские правила определяют ситуации, которым соответствует выбор конкретной схемы сертификации. Схема 1 предназначена для ограниченного объема выпуска отечественной продукции и поставляемой по краткосрочному Контракту импортируемой.

Схема 2 рекомендуется для импортируемой продукции, Поставляемой регулярно в течение длительного времени. В этом случае инспекционный контроль проводится по образцам, отобранным из поставленных в РФ партий.

Схема 3 подходит для продукции, стабильность качества которой соблюдается в течение большого периода времени, предшествующего сертификации.

Схему 4 используют в случаях, когда нецелесообразно не проводить инспекционный контроль.

Схемы 5, 6 целесообразно выбирать, когда предъявляются жесткие, повышенные требования к стабильности характеристик выпускаемых товаров, предприятие занимается дифференциацией выпускаемых изделий, у потребителя осуществляется монтаж (сборка) изделия, когда малый срок годности продукта, а реальный объем пробы (выборки) недостаточен для достоверных результатов испытаний.

Схема 6 оправдана также при наличии у изготовителя системы испытаний, позволяющей проверить соответствие всех характеристик изделия, предусмотренных правилами системы сертификации однородной продукции. Для импортируемой продукции эта схема может оказаться целесообразной при наличии у поставщика сертифицированной системы обеспечения качества, а сертификат может быть признан в соответствии с российскими правилами.

В ситуациях разовых поставок партии или единичного изделия рекомендуются схемы 7, 8.

Схемы 9—10а подходят для сертификации в сфере мелкого предпринимательства, малых предприятий, индивидуальных предпринимателей. Обязательное условие их применения — наличие у заявителя всех требуемых документов, подтверждающих соответствие объекта сертификации заявленным требованиям. При невыполнении этого условия орган по сертификации предлагает заявителю провести сертификацию товара по другой схеме.

Схему 9 рекомендуется использовать при сертификации единичной партии небольшого объема импортируемой продукции, выпускаемой фирмой, зарекомендовавшей себя на мировом или российском рынках как производителя продукции высокого уровня качества; а также при сертификации единичного изделия (комплекта изделий) целевого назначения, приобретаемого для оснащения отечественных производственных (или иных) объектов. Применение схемы возможно при условии, что в технической документации имеется информация, дающая представление о безопасности этого товара.

Схема 9а предназначена для продукции, выпускаемой нерегулярно, при колеблющемся характере спроса, когда нецелесообразен инспекционный контроль. Это могут быть товары отечественных производителей, в том числе индивидуальных предпринимателей, зарегистрировавших свою деятельность в индивидуальном порядке.

Схемы 10 и 10а применяются для сертификации продукции, производимой небольшими партиями, но в течение продолжительного периода времени.

Схемы 1а, 2а, 3а, 4а, 9а и 10а рекомендуется выбирать в таких ситуациях, когда у органа по сертификации отсутствуют данные о стабильности характеристик выпускаемой продукции, подтвержденные испытаниями. Правила по применению этих схем сертификации оговаривают обязательное условие: в сертификации должны участвовать эксперты, имеющие право заниматься вопросами анализа производства. Это условие не действует, если у изготовителя имеется сертификат соответствия на систему обеспечения качества, потому что при этом не проводится анализ состояния производства. Таким образом, дополнительные схемы 9—10а учитывают международный опыт по подтверждению соответствия, а именно представление изготовителем заявления-декларации.

В схемах сертификации могут быть использованы документальные доказательства соответствия, полученные заявителем другим путем, помимо данной сертификации, что воспринимается положительно как способ сокращения объема проверок. Дополнительными документами, в зависимости от вида конкретной продукции, могут быть: протоколы приемочных, периодических или других испытаний, гигиенический сертификат, заключение о санитарно-гигиеническом состоянии производства, сертификат пожарной безопасности, сертификаты или декларации субпоставщиков, ветеринарный сертификат, сертификат Происхождения, протоколы испытаний в зарубежных лабораториях и др.

При обязательной сертификации решение о предоставлении Изготовителем тех или иных документов принимает орган по сертификации.

Сертификация производства и систем качества продукции и услуг

Российская система сертификации системы качества несколько отличается от мировой практики, поскольку включает сертификацию производства. Это объясняется условиями, в которых сейчас оказалось подавляющее большинство отечественных производителей: у них отсутствует система качества, но они знакомы с процедурой оценки производства, так как в свое время в стране проводилась аттестация производственных процессов. Поскольку сертификация систем качества сложнее, чем производств, то предприятия предпочитают сначала заняться сертификацией производств и рассматривают ее как первую ступень на пути к сертификации систем управления качеством.

Сертификацию производства можно считать либо самостоятельной процедурой, либо составной частью сертификации системы обеспечения системы качества. Процедура сертификации продукции осуществляется по правилам, установленным Госстандартом, которые, в частности, предусматривают составные методики сертификации производства для каждого предприятия.

При сертификации оцениваются четыре блока объектов:

- готовая продукция (оценка ее качества в сфере реализации и потребления и анализ причин обнаружения дефектов);
- технологическая схема (технологические процессы, состояние погрузочно-разгрузочных работ, хранение установка)
- техническое обслуживание и ремонт (техническое обслуживание и ремонт оборудования, эксплуатация и ремонт оснастки, поверка контрольно-измерительных приборов);
- система технического контроля и испытаний (входной контроль, приемочный контроль, типовые, квалификационные и периодические испытания).

Основные этапы сертификации производства:

- представление заявки на сертификацию (подготовка исходных материалов и оформление заявки). Готовит предприниматель;
- предварительная оценка (экспертизы исходных материалов, сбор и анализ информации о качестве реализуемой продукции, оценка целесообразности проведения последующих этапов. Проводит сертификационный орган;
- составление методики сертификации производства (регламентация объектов и процедур проверки производства и правил принятия решения (или оценка существующей методики)). Проводит сертификационный орган;
- проверка производства (формирование группы экспертов, проверка производства в соответствии с методикой сертификации, составление акта и отчета о результатах проверки). Проводит сертификационный орган;
- оформление сертификата соответствия производству (оформление сертификата соответствия производству, внесение его в Государственный реестр, выдача сертификата на продукцию). Проводит сертификационный орган;
- инспекционный контроль за сертифицированным производством (выполнение процедур проверки стабильности качества изготовления продукции в соответствии с методикой испытаний). Проводит сертификационный орган;

Сертификаты на систему качества и производства могут быть использованы предприятием, если при обязательной сертификации продукции по системе ГОСТ Р выбирается схема 5. В этом случае для получения сертификата соответствия продукции достаточно провести испытание типа этой продукции в аккредитованном испытательном центре (лаборатории).

Сертификация систем обеспечения качества на соответствии стандартам ИСО серии 9000 широко принята в зарубежных странах. Сертификат соответствия на системы обеспечения качества дает фирме следующие преимущества:

- доказывает надежность партнера (по отношению к банкам, страховым компаниям и т.д. Сертификат на систему качества – весомый аргумент в пользу заключения контракта на поставку товара. На европейском рынке в ближайшем будущем до 95% контрактов будут заключаться при наличии у фирмы-поставщика сертификата);
- при возникновении судебных разбирательств, связанных с некачественной продукцией, сертификат на систему качества рассматривается судом как доказательство невиновности фирмы;
- возможность участия в различных тендерах (наличие сертификата на систему качества стало обязательным условием участия в тендерах);

Сертифицированная система качества предприятия характеризует способность предприятия стабильно выпускать продукцию надлежащего качества и вполне рассматривается как один из весомых факторов конкурентоспособности предприятия как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Основными принципами сертификации систем качества являются:

- добровольность;
- исключение дискриминации в доступе к системе;
- объективность и воспроизводимость результатов;
- конфиденциальность;
- воспроизводимость;
- четкая определенность области аккредитации органа по сертификации;
- проверка выполнения обязательных требований к продукции (услуге) в сфере законодательного регулирования;
- достоверность документированных доказательств заявителя о соответствии действующей системы качества установленным требованиям.

В 1995 г. Госстандартом принята программа работ по развитию систем качества в РФ. В соответствии с этой программой была разработана и принята «Система сертификации систем качества», которая называется «Регистр систем качества» (Регистр).

Функции Госстандарта сводятся к следующему: утверждение структуры Регистра; принятие принципиальных решений о его развитии; Рассмотрение основных правил и принципов функциониро-

вания Регистра; контроль за деятельностью Регистра; участие в комиссии по апелляциям (при необходимости).

Технический центр Регистра непосредственно организует, проводит и контролирует сертификацию систем качества и производств, участвует в инспекционном контроле; ведет Реестр сертифицированных систем качества и производств; участвует в аккредитации экспертов; приостанавливает или аннулирует действие сертификатов; занимается информационным обеспечением; устанавливает контакты с зарубежными национальными и международными организациями аналогичного профиля деятельности, выполняет другие оперативные и методологические задачи.

Совет по сертификации систем качества и производств имеет статус совещательного органа, который разрабатывает предложения для принятия решений, касающихся работы Регистра. Он состоит из специалистов заинтересованных организаций, представляющий изготовителей, потребителей, Технический центр Регистра и т.д.

Комиссия по апелляциям создается Техническим центром из независимых экспертов и функционирует по мере возникновения необходимости. В ее состав могут быть включены представители структурных подразделений Регистра.

Научно-методический комитет Регистра разрабатывает нормативные и методические документы; участвует в работе Совета по сертификации систем качества и производств, а также в Комиссии по апелляциям; формирует банк данных и банк нормативных документов; разрабатывает учебные программы для обучения экспертов и т.д.

Органы по сертификации систем качества и производств проводят сертификацию, оформление ее результатов и осуществляют инспекционный контроль; ведут методическую работу, взаимодействуют со всеми структурными подразделениями Регистра.

Организации с сертифицированными системами качества обеспечивают стабильность функционирования качества (производства) и представляют необходимую информацию по требованию органа по сертификации или Технического центра Регистра; принимают корректирующие меры по результатам инспекционного контроля; информируют орган по сертификации о введенных изменениях в производственный процесс и т.д.

Процедуры сертификации систем качества и производств, установлены ГОСТ Р 40.003 – 96, ГОСТ Р 40.004 – 96, ГОСТ Р 40.005 – 96. Они относятся к взаимодействию органов по сертификации и заявителей в период, предшествующий сертификации; проведению проверок, принятию решений о сертификации систем качества, оформлению сертификатов соответствия, инспекционному контролю за сертифицированными системами качества, взаимодействию органов по сертификации с Техническим центром Регистра.

Процесс сертификации систем качества проводится в три этапа:

- заочная оценка системы – это предварительная оценка, которая нужна для того, чтобы эксперт мог выявить потенциальную возможность сертификации и целесообразность проведения дальнейших мероприятий. На этом этапе заявитель представляет в орган по сертификации систем качества: заявку; документ о политике по качеству; руководство по качеству; анкету-вопросник с ответами. Если анализ этих материалов имеет положительный результат, орган по сертификации заключает с заявителем договор о проведении окончательной проверки: состояния и видов деятельности предприятия по управлению качеством; состояния производственной системы; качества выпускаемой продукции. Деятельность по управлению качеством проверяется на соответствие реально существующих на предприятии элементов обеспечения качества требованиям заявленного международного стандарта ИСО серии 9000 либо адекватного ему государственного российского стандарта.

В результате проверки могут быть сделаны следующие выводы:

- система полностью соответствует установленным требованиям. Орган по сертификации выдает предприятию сертификат на систему качества после его регистрации в Государственном реестре;
- система в целом соответствует требованиям, но обнаружены отдельные отклонения от стандарта. Предприятию назначается срок для устранения обнаруженных несоответствий, после чего по его заявке сертификация продолжается, но по упрощенной схеме.
- система не соответствует установленным требованиям. Предприятие имеет право, будучи подготовленным, на повторную сертификацию по полной программе.

Инспекционный контроль проводится в двух формах: плановый (не реже одного раза в год) и внеплановый. Основание для внепланового контроля: поступление в орган по сертификации сведений о претензиях к качеству продукции предприятия; введение существенных изменений в технологический процесс или конструкцию состава продукции; изменение организационной структуры или кадрового состава предприятия.