

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	6
<b>1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>	9
<b>1.1. Предмет метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества</b>	9
1.1.1. Определение метрологии, стандартизации и сертификации как науки	9
1.1.2. История развития метрологии, стандартизации и сертификации	11
1.1.3. Взаимосвязь метрологии, стандартизации и сертификации и их роль в повышении качества и конкурентоспособности продукции	17
1.1.4. Контрольные вопросы	18
<b>1.2. Основные термины и понятия метрологии</b>	19
1.2.1. Основные понятия, связанные с объектами измерения	19
1.2.2. Виды шкал и их особенности	23
1.2.3. Методы измерений	25
1.2.4. Классификация погрешностей измерений	27
1.2.5. Способы снижения погрешностей	35
1.2.6. Качество измерений	37
1.2.7. Контрольные вопросы	40
<b>1.3. Нормирование метрологических характеристик средств измерений</b>	41
1.3.1. Виды средств измерений	41
1.3.2. Эталоны, их классификация, перспективы развития	46
1.3.3. Метрологические свойства и метрологические характеристики средств измерений	48
1.3.4. Классы точности средств измерений	53
1.3.5. Контрольные вопросы	56
<b>1.4. Методы обработки результатов измерений</b>	57
1.4.1. Многократные прямые равноточные и неравноточные измерения	57
1.4.2. Однократные измерения	58
1.4.3. Косвенные измерения	59
1.4.4. Контрольные вопросы	60

<b>1.5. Стандартизация</b>	61
1.5.1. Основные цели, принципы и функции стандартизации	61
1.5.2. Документы по стандартизации	64
1.5.3. Объекты стандартизации	65
1.5.4. Методы стандартизации	68
1.5.5. Основные положения государственной системы стандартизации	75
1.5.6. Категории и виды стандартов	77
1.5.7. Контрольные вопросы	86
<b>1.6. Сертификация</b>	87
1.6.1. Цель и роль сертификации	87
1.6.2. Порядок проведения сертификации продукции	89
1.6.3. Участники сертификации	94
1.6.4. Контрольные вопросы	98
<b>1.7. Контроль качества</b>	99
1.7.1. Основные принципы управления качеством	99
1.7.2. Контроль качества продукции	99
1.7.3. Виды контроля	101
1.7.4. Выполнение измерения и контроля	104
1.7.5. Выбор средств измерений и контроля	105
1.7.6. Контрольные вопросы	107
<b>2. ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	108
<b>2.1. Тесты</b>	108
2.1.1. Тест к теме 1. Предмет метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества	108
2.1.2. Тест к теме 2. Основные термины и понятия метрологии	110
2.1.3. Тест к теме 3. Нормирование метрологических характеристик средств измерения	112
2.1.4. Тест к теме 4. Методы обработки результатов измерений	114
2.1.5. Тест к теме 5. Стандартизация	115
2.1.6. Тест к теме 6. Сертификация	117
2.1.7. Тест к теме 7. Контроль качества	119
<b>2.2. Задачи</b>	121
2.2.1. Вычисление абсолютных, относительных и приведенных погрешностей средств измерения	121
2.2.2. Вычисление погрешностей с учетом класса точности средств измерения	123

2.2.3. Определение среднеквадратического отклонения и доверительного интервала	126
2.2.4. Обнаружение грубых погрешностей	129
2.2.5. Нахождение погрешности косвенных измерений	130
<b>2.3. Расчетно-графическая работа</b>	<b>133</b>
<b>2.4. Вопросы итогового контроля по дисциплине</b>	<b>135</b>
<b>2.5. Словарь терминов</b>	<b>136</b>
 <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	 <b>146</b>
 <b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b>	 <b>147</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие разработано для изучения дисциплины «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества» студентами направления Строительство, профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

В практической жизни человек всюду имеет дело с измерениями. На каждом шагу встречаются и известны с незапамятных времен измерения таких величин, как длина, объем, вес, время и др. Велико значение измерений в современном обществе. Они служат не только основой научно-технических знаний, но имеют первостепенное значение для учета материальных ресурсов и планирования, для внутренней и внешней торговли, для обеспечения качества продукции, взаимозаменяемости узлов и деталей и совершенствования технологии, для обеспечения безопасности труда и других видов человеческой деятельности.

Особое место данного курса в подготовке студентов обусловлено спецификой подготовки специалистов в современных условиях хозяйствования. В этих условиях возрастает роль и ответственность персонала в грамотном применении метрологии, стандартизации и сертификации.

Соблюдение метрологических правил в различных сферах человеческой деятельности позволит свести к минимуму материальные потери от недостоверных результатов измерений.

Специфика данной дисциплины обусловлена изучением широкого аспекта федеральных законов, нормативных документов различного уровня: международных, межгосударственных, региональных и государственных. Очевидно, что для обеспечения высокого уровня образования необходимы совместные, одновременные работы по стандартизации, метрологии и подтверждению соответствия.

Целью изучения является получение студентами основных научно-практических знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации, необходимых для решения задач обеспечения единства измерений, надежности и автоматизации средств измерений в области теплогазоснабжения и вентиляции, контроля качества продукции или услуг.

Задачами изучения дисциплины являются:

- понимание сущности метрологического обеспечения и контроля единства измерений;

- определение роли стандартизации и сертификации в повышении качества продукции или услуги;
- знание основных понятий, связанных с объектами и средствами измерения, формой обработки и представления результатов измерений;
- представление о правовых основах и научной базе стандартизации;
- знание схем и систем сертификации, условий и порядка осуществления сертификации;
- умение применять полученные знания при решении конкретных задач.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать основные понятия, связанные с объектами измерения, виды погрешностей, методы их определения и устранения, методы обработки результатов измерений, а также правовую, законодательную и научную основы стандартизации и сертификации;
- уметь использовать полученные знания при решении конкретных задач в области теплогазоснабжения и вентиляции;
- владеть навыками проведения теплотехнических и технологических измерений и обработки их результатов,

Структурно пособие состоит из следующих основных частей: введения, теоретической части, практикума по дисциплине, словаря терминов, заключения и библиографического списка.

Теоретическая часть пособия включает семь разделов.

В первом разделе приведены общие сведения о метрологии, стандартизации и сертификации, их назначении в обеспечении качества. Разделы со второго по четвертый можно отнести к тематике «Метрология». В них рассматриваются основные понятия, связанные с объектами измерения, виды шкал и их особенности, методы измерений, виды средств измерений, методы обработки результатов измерений. Раздел пять посвящен рассмотрению целей, принципов и функций стандартизации. В нем приведены объекты и методы стандартизации, основные положения государственной системы стандартизации, рассмотрены категории и виды стандартов. В разделе шесть рассматриваются цели, принципы и функции сертификации, правила и порядок сертификации. В седьмом разделе изучены вопросы обеспечения качества продукции, товаров, услуг.

В практикуме по дисциплине приведены задачи и тесты по каждой теме, задание к выполнению расчетно-графической работы, содержатся методики выполнения работ.

Теоретическая и практическая части учебно-практического пособия взаимосвязаны и дополняют друг друга, что способствует закреплению у студентов теоретических знаний. Для понимания влияния различных факторов на изучаемый процесс в учебном пособии содержится достаточно большое количество формул и рисунков. Значение этой дисциплины особенно велико при широком использовании средств измерений, результатов измерений, испытаний и контроля во всех сферах деятельности.

В данном учебном пособии представлен только основной материал по дисциплине, более подробные сведения приведены в литературе [1-10].

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Предмет метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества

#### 1.1.1. Определение метрологии, стандартизации и сертификации как науки

*Метрология* (от греч. «*metron*» – мера, «*logos*» – учение) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности.

Такое определение дано в Рекомендациях РМГ 29-99 [1], устанавливающих основные термины и определения понятий в области метрологии. Рекомендации по межгосударственной стандартизации введены в действие в качестве Рекомендаций по метрологии Российской Федерации с 1 января 2001 года взамен ГОСТ 16263-70.

Метрология как наука и область практической деятельности возникла в древние времена. Основой системы мер в древнерусской практике послужили древнеегипетские единицы измерений, а они, в свою очередь, были заимствованы в Древней Греции и Риме. Естественно, что каждая система мер отличалась своими особенностями, связанными не только с эпохой, но и с национальным менталитетом. Наименования единиц и их размеры соответствовали возможности осуществления измерений «подручными» способами, не прибегая к специальным устройствам.

Указом Петра I русские меры длины были согласованы с английскими, и это, по существу, – первая ступень гармонизации российской метрологии с европейской. Метрическая система мер была введена во Франции в 1840 г. Значимость ее принятия в России подчеркнул Д.И. Менделеев, предсказав большую роль всеобщего распространения метрической системы как средства содействия «будущему желанному сближению народов».

С развитием науки и техники требовались новые измерения и новые единицы измерения, что, в свою очередь, стимулировало совершенствование фундаментальной и прикладной метрологии.

Современная метрология включает три составляющие: законодательную метрологию, научную и практическую метрологию.

*Научная метрология* занимается вопросами фундаментальных исследований, созданием системы единиц измерений, физических

постоянных, разработкой новых методов измерения. К основным задачам теоретической метрологии относятся:

- установление рациональной номенклатуры единиц физических величин;
- создание и совершенствование системы воспроизведения, хранения и передачи размеров единиц;
- установление номенклатуры, методов нормирования, оценки и контроля показателей точности результатов измерений и метрологических характеристик средств измерений;
- разработка оптимальных (в соответствии с принятыми для каждой измерительной задачи критериями оптимальности) принципов, приемов и способов обработки результатов измерения.

*Прикладная (практическая) метрология* занимается вопросами практического применения в различных сферах деятельности результатов теоретических исследований в рамках метрологии.

*Законодательная метрология* – это раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений. 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. Метрологические правила и нормы законодательной метрологии гармонизованы с рекомендациями и документами соответствующих международных организаций. Тем самым законодательная метрология способствует развитию международных экономических и торговых связей и содействует взаимопониманию в международном метрологическом сотрудничестве.

*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.

Термин «сертификация» происходит от двух латинских слов: *certum* – верно, *facere* – делать и, соответственно обозначает «испытание какого-либо объекта на соответствие государственным нормам и требованиям». Для того чтобы убедиться, что продукт «сделан верно», надо знать, каким требованиям он должен соответствовать и каким образом можно получить достоверные доказательства этого соответствия. Сертификация считается основным достоверным способом доказательства соответствия продукции (процесса, услуги) заданным требованиям.

### **1.1.2. История развития метрологии, стандартизации и сертификации**

История метрологии, стандартизации и сертификации – это часть истории развития производительных сил, государственности и торговли.

Метрология как область практической деятельности зародилась в древности. На всем пути развития человеческого общества измерения были основой отношений людей между собой, с окружающими предметами, природой. При этом вырабатывались единые представления о размерах, формах, свойствах предметов и явлений, а также правила и способы их сопоставления.

Наименования единиц измерения и их размеры появлялись в давние времена чаще всего с возможностью применения единиц и их размеров без специальных устройств, т. е. создавались с ориентацией на те единицы, что были «под руками и ногами». В Киевской Руси применялись в обиходе вершок (длина фаланги указательного пальца), пядь (расстояние между концами вытянутых большого и указательного пальцев), локоть (расстояние от локтя до конца среднего пальца), косая сажень (расстояние от подошвы левой ноги до конца среднего пальца вытянутой вверх правой руки).

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, а также о ежегодных поверках средств измерений. Так, «золотой пояс» великого князя Святослава Ярославовича служил образцовой мерой длины, а в уставе новгородского князя Всеволода «О церковных судах и о людях и о мерилах торговли» предписывалось сверять меры. Нарушитель мог быть наказан вплоть до смертной казни.

Важнейшим метрологическим документом являлась «Двинская грамота» 1560 года Ивана Грозного. В ней были регламентированы правила хранения и передачи размера новой меры сыпучих веществ – осьмины. Образцовые меры, с которых снимались первые копии, хранились централизованно в приказах Московского государства, храмах и церквях. Таким образом, можно говорить о начале создания при Иване Грозном государственной системы обеспечения единства измерений и государственной метрологической службы.

Развитие торговли и расширение внешних экономических связей требовали не только уточнения мер, но и установления их соотношения с «заморскими», а также унификации мер и более четкой организации контрольно-поверочной деятельности. Работы по надзору за мерами и их поверку проводили два столичных учреждения – Померная изба и Большая таможня. Они же разрешали конфликты, возникавшие при торговых операциях. В провинции надзор был поручен персоналу воеводских и земских изб, а также старостам и другим верным людям. Государственная дисциплина была строгой, за злоумышленную порчу контрольных мер грозило суровое наказание.

Появление вещественных мер (в виде линеек, гирь и т. п.) сделало возможным воспроизведение большого количества одинаковых мер (в том числе дольных и кратных), что открывало путь к использованию математических действий и создавало необходимые предпосылки для выделения метрологии как науки.

Реформой Петра I к обращению в России были допущены английские меры, получившие особенно широкое распространение на флоте и в кораблестроении – футы и дюймы. Для облегчения вычислений были изданы таблицы мер и соотношений между русскими и иностранными мерами. Начинают выделяться некоторые метрологические центры. Основанная в 1725 году Петербургская академия наук занялась воспроизведением угловых единиц, единиц времени и температуры.

В 1736 году по решению Сената была образована Комиссия весов и мер под председательством главного директора Монетного двора графа М.Т. Головкина. В качестве исходных мер длины комиссия изготовила медный аршин и деревянную сажень, за меру жидких веществ было принято ведро московского Каменноостовского питейного двора. Важнейшим шагом было создание русского эталонного фунта, бронзовой золоченой гири, узаконенной в качестве первичного образца (государственного эталона) русских мер веса. Этот фунт почти 100 лет

с 1747 года оставался единственным эталоном в России. В 1858 году царица Елизавета Петровна повелела: «Сделать аршины железные верные и с обеих концов заклеенные так, чтобы ни урезать, ни упиловать невозможно было».

8 мая 1790 года Учредительное собрание Франции приняло декрет о реформе системы мер и поручило Парижской академии наук разработать соответствующие предложения. На основе единственной единицы – метра – строилась вся система, получившая название метрической. За единицу площади принимался квадратный метр, за единицу объема – кубический метр, за единицу массы – килограмм – масса куб. дециметра чистой воды при температуре 4 °С. Метрическая система с самого начала была задумана как международная, ее единицы не совпали ни с какими национальными единицами.

Несмотря на очевидные преимущества, метрическая система внедрялась с большим трудом. В 30-х годах XVIII в. во Франции фактически применялись две системы мер: основная на туазе и основанная на метре. Лишь законом от 4 июля 1837 года метрическая система мер в ее первоначальном виде была объявлена обязательной для употребления во Франции с 1 января 1840 года.

Для России описываемый период характеризуется значительно возросшими темпами развития науки, техники, промышленности и торговли. В соответствии с этим развивалась и метрология: были проведены мероприятия в целях повсеместного распространения единой системы русских мер, коренным образом улучшено соотношение эталонного и образцового измерительного хозяйства, расширена номенклатура мер, организовано центральное метрологическое учреждение – Главная палата мер и весов, на территории России создаются государственные поверочные учреждения.

В 1835 года указом «О системе Российских мер и весов» были утверждены эталоны длины и массы – платиновая сажень, равная семи английским футам, и платиновый фунт, практически совпадающий с бронзовым золоченым фунтом 1727 года.

В 1841 году в Петербурге, на территории Петропавловской крепости, было построено здание для центрального метрологического учреждения – Депо образцовых мер и весов. Основными его задачами были: хранение созданных эталонов и образцов различных иностранных мер, сличение их с образцами русских мер, изготовление и поверка копий эталонов, составление сравнительных таблиц русских и иностранных мер, поверка

образцовых мер, рассылаемых в разные районы государства. После подведения такой метрологической базы и изготовления достаточного количества образцовых мер было издано Положение о весах и мерах от 4 июня 1842 года, предусматривавшее обязательное применение только русских мер во всем государстве.

В 1870 году по инициативе Петербургской Академии наук была организована в Париже Международная комиссия, рассматривавшая вопросы введения метрической системы мер в различных странах и изготовления новых прототипов метрических мер и их копий.

В 1875 году представителями 17 государств (в том числе Россией) была подписана Метрическая конвенция, которой предусматривалось изготовление международных и национальных прототипов метра и килограмма и создание международных метрологических учреждений. Принятие Международной метрической конвенции и учреждение Международного бюро мер и весов принято считать началом международной стандартизации.

Период с 1892 по 1918 годы называют менделеевским этапом развития метрологии. При Д.И. Менделееве в Главной палате был выполнен ряд работ, целью которых было максимально возможное достижение верности и единства измерений и обработки их результатов: определен ряд физических постоянных (плотность воды и воздуха, географические координаты Главной палаты, ее высота над уровнем моря и ускорение свободного падения).

Положением о мерах и весах 1899 года, основным составителем которого был Д.И. Менделеев, была предусмотрена организация специальных поверочных учреждений – поверочных палаток, которые следовало устроить в приборостроительных и торгово-промышленных центрах. В соответствии с этим первые 10 палаток были открыты в Петербурге, Москве, Варшаве, Туле, Нижнем Новгороде и др.

14 сентября 1918 года Совнарком РСФСР издал декрет «О введении Международной метрической системы мер и весов». Издание декрета знаменует «нормативный этап» в развитии отечественной метрологии. С этого момента различные установления в области метрологии вводятся нормативными актами.

В 1960 году 11 Генеральная конференция по мерам и весам приняла новую систему единиц, присвоив ей наименование «Международная система единиц». С 1981 года постановлением Государственного комитета СССР по стандартам (ГОСТ 8.417-81) в СССР установлено применение

Международной системы единиц (СИ). В 1973 году утверждена Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ), регламентирующая все стороны метрологической деятельности по обеспечению единства измерений в стране (с 2000 года ГОСТ Р 8.000-00 ГСИ).

В 1993 году принят закон РФ «Об обеспечении единства измерений» и установлена гражданско-правовая, административная, уголовная ответственность за нарушение правовых норм и обязательных требований стандартов в области единства измерений и метрологического обеспечения. В настоящее время действует новая редакция этого закона.

Подсчитано, что число средств измерений растет прямо пропорционально квадрату прироста промышленной продукции. Имеется потребность в измерении свыше 2000 физических величин и параметров, а существующие методы и средства дают возможность измерять лишь около 800 величин. Следовательно, актуальной является проблема освоения новых видов измерений, обеспечения единства и точности измерений, повышения качества и автоматизации процессов измерений.

В современных условиях роль стандартизации как важнейшего звена в системе управления техническим уровнем и качеством продукции и услуг на всех этапах проектирования, производства, испытаний и эксплуатации имеет первостепенное значение. Стандартизация имеет непосредственное отношение к совершенствованию управления производством, повышению качества всех видов товаров и услуг.

Применение единой системы мер, строительных деталей стандартного размера, различных труб стандартного диаметра и т. п. – это примеры деятельности по стандартизации, которая на современном научном языке именуется как «достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования».

В нашей стране Комитет по стандартизации при Совете труда и обороны в 1926 году разработал первые общесоюзные стандарты на селекционные сорта пшеницы, чугуна, прокат из черных металлов и на некоторые товары народного потребления. В 1940 году был создан Всесоюзный комитет по стандартизации и введена категория государственного общесоюзного стандарта (ГОСТ). В 1968 году впервые в мировой практике был разработан и утвержден комплекс государственных стандартов «Государственная система стандартизации» (ГСС).

В постановлении Правительства от 1990 года № 1340 «О совершенствовании организации работы по стандартизации» были определены задачи в условиях перевода экономики страны на рыночные отношения и интеграции ее в мировое экономическое пространство. Установлены две категории требований стандартов к качеству продукции – рекомендуемые и обязательные (определяющие безопасность, взаимозаменяемость, экологичность и совместимость продукции).

Термин «сертификация» хотя и стал известен в повседневной жизни и коммерческой практике сравнительно недавно, тем не менее, сертификация как процедура применяется давно и термин «сертификат» известен с XIX в.

В метрологии сертификация давно известна как деятельность по официальной проверке и пломбированию приборов.

Предшественницей российской сертификации была сертификация в СССР отечественной экспортируемой продукции.

Сертификация рассматривается как официальное подтверждение соответствия техническим регламентам, стандартам и во многом определяет конкурентоспособность продукции и услуг.

Образование в 1992 году СНГ потребовало поиска новых форм сотрудничества этих стран в области метрологии, стандартизации и сертификации. В соответствии с Соглашением о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации был создан Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ныне Евразийский совет – ЕАСС).

Заметным событием было принятие в 1993 году законов РФ «О стандартизации» и «О сертификации продукции и услуг», которые в 2002 году были заменены Федеральным законом «О техническом регулировании». Принятие этого закона положило начало реорганизации системы стандартизации и сертификации с целью ее гармонизации с требованиями Всемирной торговой организации (ВТО).

В настоящее время активно развивается сертификация систем качества и экологического управления предприятий на соответствие международным стандартам серий ИСО 9000 и ИСО 14000.

### **1.1.3. Взаимосвязь метрологии, стандартизации и сертификации и их роль в повышении качества и конкурентоспособности продукции**

Стандартизация, метрология и сертификация являются инструментами обеспечения качества продукции, работ и услуг – важного аспекта многогранной коммерческой деятельности.

За рубежом уже в начале 80-х годов XX века пришли к выводу, что успех бизнеса определяется главным образом качеством продукции и услуг. Отсюда вывод: овладение методами обеспечения качества, базирующимися на триаде – стандартизация, метрология, сертификация, является одним из главных условий выхода поставщика на рынок с конкурентоспособной продукцией (услугой).

Проблема качества актуальна для всех стран независимо от зрелости их рыночной экономики. Сегодня изготовитель и его торговый посредник, стремящиеся поднять репутацию торговой марки, победить в конкурентной борьбе, выйти на мировой рынок, заинтересованы в выполнении как обязательных, так и рекомендуемых требований стандарта. Таким образом, стандартизация является инструментом обеспечения не только конкурентоспособности, но и эффективного партнерства изготовителя, заказчика и продавца на всех уровнях управления.

Сегодня поставщику недостаточно строго следовать требованиям прогрессивных стандартов – надо подкреплять выпуск товара и оказание услуги сертификатом безопасности или качества. Он создает уверенность в стабильности качества, в достоверности и точности измеренных показателей качества, свидетельствует о высокой культуре процессов производства продукции и предоставления услуг.

Соблюдение правил метрологии в различных сферах коммерческой деятельности позволяет свести к минимуму материальные потери от недостоверных результатов измерений. Очень остро стоит вопрос о гармонизации отечественных правил метрологии, стандартизации и сертификации с международными правилами.

Обеспечение качества товаров и услуг – основная цель деятельности по стандартизации, метрологии и сертификации (рис. 1.1). Качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые требования (ГОСТ Р ИСО 9000-2001 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»).



Рис. 1.1. Триада методов и видов деятельности по обеспечению качества



Рис. 1.2. Пирамида качества

Пирамида (рис. 1.2) в целом охватывает все сферы управления качеством, т. е. является иллюстрацией всеохватывающего менеджмента качества, предполагающего высокое качество всей работы для достижения требуемого качества продукции.

Переход страны к рыночной экономике с присущей ей конкуренцией ставит необходимость шире использовать правила и методы метрологии, стандартизации и сертификации в практической деятельности для обеспечения высокого качества товаров и услуг.

#### 1.1.4. Контрольные вопросы

1. Что изучают метрология, стандартизация и сертификация?
2. Поясните, каковы три составляющих метрологии.
3. Назовите основные задачи теоретической метрологии.
4. Какова цель стандартизации?
5. Какова цель сертификации?



6. Поясните причины развития метрологии, стандартизации и сертификации в процессе человеческой деятельности.

7. Назовите основные этапы деятельности по развитию метрологии, стандартизации и сертификации.

8. Какова взаимосвязь метрологии, стандартизации и сертификации?

9. Что такое качество продукции, услуги?

10. Поясните триаду методов и видов деятельности по обеспечению качества.

## **1.2. Основные термины и понятия метрологии**

### **1.2.1. Основные понятия, связанные с объектами измерения**

*Метрология* – область знаний и вид деятельности, которые связаны с измерениями.

*Объектами метрологии* являются единицы величин, средства измерений, эталоны, методики выполнения измерений.

Основным объектом измерения в метрологии являются физические величины. *Физической величиной* называют одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом количественным значением. В качестве основных (таблица 1.1) величин выбирают величины, которые характеризуют фундаментальные свойства материального мира.

Величины можно разделить на два вида: реальные (физические и нефизические) и идеальные (математические).

Измеряемые величины имеют качественную и количественную характеристики.

Формализованным отражением качественного различия измеряемых величин является их *размерность*. Каждый показатель размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным, нулем. Если все показатели размерности равны нулю, величина называется безразмерной.

Количественной характеристикой измеряемой величины служит ее *размер*. Получение информации о размере физической или нефизической величины является содержанием любого измерения.

*Цель измерения* – получение значения этой величины в форме, наиболее удобной для пользования. С помощью измерительного прибора

сравнивают размер величины, информация о котором преобразуется в перемещение указателя, с единицей, хранимой шкалой этого прибора.

Таблица 1.1

Основные физические величины

Основные величины	Символ	Описание	Единица СИ
Температура	$T$	Средняя кинетическая энергия частиц объекта	кельвин (К)
Сила тока	$I$	Протекающий в единицу времени заряд	ампер (А)
Сила света	$I_v$	Количество световой энергии, излучаемой в заданном направлении в единицу времени	кандела (кд)
Масса	$m$	Величина, определяющая инерционные и гравитационные свойства тел	килограмм (кг)
Количество вещества	$n$	Количество однотипных структурных единиц, из которых состоит вещество	моль (моль)
Длина	$l$	Протяженность объекта в одном измерении	метр (м)
Время	$t$	Продолжительность события	секунда (с)

*Измерение* – совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины. Это значение называют результатом измерений.

Значение физической величины получают в результате ее измерения или вычисления в соответствии с основным уравнением измерения:

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

где  $Q$  – значение физической величины;  $X$  – числовое значение измеряемой величины в принятой единице;  $[Q]$  – выбранная для измерения единица.

Измерения различают: по способу получения информации; по характеру изменений измеряемой величины в процессе измерений; по количеству измерительной информации; по условиям, определяющим точность результата и по отношению к основным единицам.

1. По способу получения информации измерения разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

*Прямые измерения* – это непосредственное сравнение физической величины с ее мерой (измерение длины линейкой, температуры – термометром).

*Косвенные измерения* отличаются от прямых тем, что искомое значение устанавливают по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой определенной зависимостью. Примеры косвенных измерений: определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения. Косвенные измерения широко распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить прямым измерением. Встречаются случаи, когда величину можно измерить только косвенным путем, например размеры астрономического или внутриатомного порядка.

Косвенные измерения в свою очередь делятся на совокупные и совместные.

*Совокупные измерения* сопряжены с решением системы уравнений, составляемых по результатам одновременных измерений некоторых однородных величин. Решение системы уравнений дает возможность вычислить искомую величину (определение массы отдельных гирь набора по известному значению массы одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний этих гирь).

*Совместные измерения* – это измерения двух или более неоднородных физических величин для определения зависимости между ними.

2. По характеру изменения измеряемой величины в процессе измерений бывают статистические, динамические и статические измерения.

*Статистические измерения* связаны с определением характеристик случайных процессов.

*Статические измерения* имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна. Такими измерениями являются, например, измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и др.

*Динамические измерения* связаны с такими величинами, которые в процессе измерений претерпевают те или иные изменения.

3. По количеству измерительной информации различают однократные и многократные измерения.

*Однократные измерения* – это одно измерение одной величины, т. е. число измерений равно числу измеряемых величин. Практическое применение такого вида измерений всегда сопряжено с большими погрешностями, поэтому следует проводить не менее трех однократных измерений и находить конечный результат как среднее арифметическое значение.

*Многократные измерения* характеризуются превышением числа измерений количества измеряемых величин.

4. По условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на три класса.

*Измерения максимально возможной точности*, достижимой при существующем уровне техники. В этот класс включены все высокоточные измерения и в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин. Сюда относятся также измерения физических констант, прежде всего универсальных, например, измерение абсолютного значения ускорения свободного падения.

*Контрольно-поверочные* измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения. В этот класс включены измерения, выполняемые лабораториями государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов, а также состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями. Эти измерения гарантируют погрешность результата с определенной вероятностью, не превышающей некоторого, заранее заданного значения.

*Технические измерения*, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на промышленных предприятиях, в сфере услуг и др.

5. По отношению к основным единицам измерения делят на абсолютные и относительные.

*Абсолютными измерениями* называют такие, при которых используются прямое измерение одной (иногда нескольких) основной величины и физическая константа. Примерами абсолютных измерений являются: определение длины в метрах, силы электрического тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на секунду в квадрате.

*Относительные измерения* базируются на установлении отношения измеряемой величины к однородной величине, применяемой в качестве единицы. Искомое значение при таком измерении, зависит от используемой единицы измерения. Примерами относительных измерений являются: измерение диаметра обечайки по числу оборотов мерного ролика, измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в  $1 \text{ м}^3$  воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает  $1 \text{ м}^3$  воздуха при данной температуре.

С измерениями связано такое понятие, как «шкала измерений».

### **1.2.2. Виды шкал и их особенности**

*Шкала измерений* – это упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая основой для ее измерения. Поясним это понятие на примере температурных шкал. В шкале Цельсия за начало отсчета принята температура таяния льда, а в качестве основного интервала (опорной точки) – температура кипения воды. Одна сотая часть этого интервала является единицей температуры (градус Цельсия).

В метрологической практике известны несколько разновидностей шкал: шкала наименований, шкала порядка, шкала интервалов, шкала отношений и др.

*Шкала наименований* – это своего рода качественная, а не количественная шкала, она не содержит нуля и единиц измерений. Это самый простой тип шкал, основанный на приписывании качественным свойствам объектов чисел, играющих роль имен. Примером может служить атлас цветов (шкала цветов), предназначенная для идентификации цвета. Процесс измерения заключается в визуальном сравнении окрашенного предмета с образцами цветов. В бытовом плане шкалами наименований являются шкала фамилий, шкала личных номеров в документах, адреса, номера экзаменационных билетов, номера ссылок на литературные источники.

*Шкала порядка* характеризует значение измеряемой величины в баллах. Она является монотонно возрастающей или убывающей и позволяет установить отношение больше/меньше между величинами, характеризующими указанное свойство. В шкалах порядка существует или не существует нуль, но принципиально нельзя ввести единицы измерения, так как для них не установлено отношение пропорциональности и соответственно нет возможности судить, во сколько раз больше или

меньше конкретные проявления свойства. Для обеспечения измерений по шкале порядка некоторые точки на ней можно зафиксировать в качестве опорных (реперных). Точкам шкалы могут быть присвоены цифры, часто называемые баллами. Можно привести такие примеры использования шкал порядка в метрологии, как шкалы твердости, ранжированные классы точности приборов, разряды эталонных средств измерений, упорядоченные по возрастанию или по убыванию ряды результатов измерений или отклонений от базового значения и т. д. Недостатком шкал порядка является неопределенность интервалов между точками.

*Шкала интервалов (разностей)* имеет условные нулевые значения, а интервалы устанавливаются по согласованию. Такими шкалами являются шкалы времени, длины, разности потенциалов. По шкале интервалов можно судить не только о том, что один размер больше другого, но и о том, на сколько больше. Однако по шкале интервалов нельзя оценить, во сколько раз один размер больше другого. Это обусловлено тем, что на шкале интервалов известен только масштаб, а начало отсчета может быть выбрано произвольно. К таким шкалам относится, например, летоисчисление по различным календарям. Температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта также являются шкалами интервалов.

*Шкала отношений* является наиболее совершенной. Она имеет естественное нулевое значение, а единица измерений устанавливается по согласованию. Примером такой шкалы является шкала термодинамической температуры. По шкале отношений можно определить не только, на сколько один размер больше или меньше другого, но и во сколько раз больше или меньше. Шкалы большинства физических величин (длина, масса, сила, давление, скорость и др.) также являются шкалами отношений.

*Абсолютные шкалы* обладают всеми признаками шкал отношений, кроме того, дополнительно имеют естественное однозначное определение единицы измерения и не зависят от принятой системы единиц измерения. Такие шкалы соответствуют относительным величинам, например шкала коэффициента полезного действия, шкала относительной влажности и другие им подобные.

Следует отметить, что шкалы наименований и порядка называют неметрическими (концептуальными), а шкалы интервалов и отношений – метрическими (материальными). Абсолютные и метрические шкалы относятся к разряду линейных.

### 1.2.3. Методы измерений

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

Методы измерений классифицируют по нескольким признакам.

1. По общим приемам получения результатов измерений различают: прямой и косвенный методы измерений. Первый реализуется при прямом измерении, второй – при косвенном измерении, которые описаны выше.

2. По условиям измерения различают контактный и бесконтактный методы измерений.

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

*Бесконтактный метод измерений* основан на том, что чувствительный элемент прибора не приводится в контакт с объектом измерения.

3. По способу сравнения измеряемой величины с ее единицей различают метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

*При методе непосредственной оценки* (рис. 1.3) определяют значение величины непосредственно по отсчетному устройству показывающего средства измерения. Мера, отражающая единицу измерения, в измерении не участвует. Ее роль играет шкала, проградуированная при его производстве с помощью достаточно точных средств измерений. Измерения с помощью этого метода проводятся очень быстро, просто и не требуют высокой квалификации оператора, поскольку не нужно создавать специальные измерительные установки и выполнять какие-либо сложные вычисления. Однако точность измерений чаще всего оказывается невысокой из-за погрешностей, связанных с необходимостью градуировки шкал приборов и воздействием влияющих величин (непостоянство температуры, нестабильность источников питания и пр.).

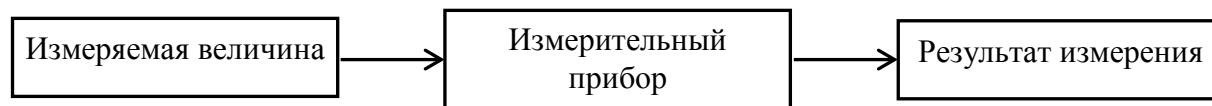


Рис. 1.3. Метод непосредственной оценки

*При методе сравнения с мерой* измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Отличительной чертой методов

сравнения является непосредственное участие меры в процедуре измерения, в то время как в методе непосредственной оценки мера в явном виде при измерении не присутствует, а ее размеры перенесены на отсчетное устройство (шкалу) средства измерения заранее, при его градуировке. Обязательным в методе сравнения является наличие сравнивающего устройства.

Метод сравнения с мерой имеет несколько разновидностей: нулевой метод, дифференциальный метод, метод замещения и метод совпадения.

*Нулевой метод* (или метод полного уравнивания) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводится к нулю.

*Пример:* измерение массы на равноплечных весах, когда воздействие на весы массы  $m_x$  полностью уравнивается массой гирь  $m_0$ .

При *дифференциальном методе* полное уравнивание не производят, а разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, отсчитывается по шкале прибора.

*Пример:* измерение массы на равноплечных весах, когда воздействие массы  $m_x$  на весы частично уравнивается массой гирь  $m_0$ , а разность масс отсчитывается по шкале весов, градуированных в единицах массы; в этом случае значение измеряемой величины  $m_x = m_0 + \Delta m$ , где  $\Delta m$  – показания весов.

*Метод замещения* – метод сравнения с мерой, в которой измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой.

*Пример:* взвешивание на пружинных весах; измерение производят в два приема, вначале на чашу весов помещают взвешиваемую массу и отмечают положение указателя весов, затем массу  $m_x$  замещают массой гирь  $m_0$ , подбирая ее так, чтобы указатель весов установился точно в том же положении, что и в первом случае.

В *методе совпадений* разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

*Пример:* измерение числа оборотов вала с помощью стробоскопа – вал периодически освещается вспышками света, и частоту вспышек подбирают так, чтобы метка, нанесенная на вал, казалась наблюдателю неподвижной.



#### 1.2.4. Классификация погрешностей измерения

Отклонение результата измерений от действительного (истинного) значения измеряемой величины называют *погрешностью измерений*. При этом следует иметь в виду, что истинное значение физической величины считается неизвестным и применяется в теоретических исследованиях. Действительное значение физической величины устанавливается экспериментальным путем в предположении, что результат эксперимента (измерения) в максимальной степени приближается к истинному значению.

Погрешности измерений приводятся обычно в технической документации на средства измерения или в нормативных документах. Но если учесть, что погрешность зависит еще и от условий, в которых проводится само измерение, от экспериментальной ошибки методики и субъективных особенностей человека в случаях, где он непосредственно участвует в измерениях, то можно говорить о нескольких составляющих погрешности измерений либо о суммарной погрешности.

При практическом использовании тех или иных измерений важно оценить их точность. Термин «точность измерений», т. е. степень приближения результатов измерения к некому действительному значению, не имеет строгого определения и используется для качественного сравнения измерительных операций. Для количественной оценки используется понятие «погрешность измерений». Оценка погрешности измерений – одно из важных мероприятий по обеспечению единства измерений.

Количество факторов, влияющих на точность измерений, достаточно велико, и любая классификация погрешностей измерения в известной мере условна (рис. 1.4).

Следует различать погрешность средств измерений и погрешность результата измерения этим же средством измерения. Погрешности измерений зависят от метрологических характеристик используемых средств измерений, совершенства выбранного метода измерений, внешних условий, а также от свойств объекта измерения и измеряемой величины. Погрешности измерений обычно превышают погрешности используемых средств измерений, однако, используя специальные методы устранения ряда погрешностей и статистическую обработку многократных наблюдений, можно в некоторых случаях получить погрешность измерения меньше погрешности используемых средств измерений.



Рис. 1.4. Классификация погрешностей измерения

Погрешность измерений  $\Delta x_{изм}$  определяется формулой

$$\Delta x_{изм} = x - x_{\partial}, \quad (1.2)$$

где  $x$  – результат измерений;  $x_{\partial}$  – действительное значение измеряемой величины.

Остановимся подробнее на классификации погрешностей.

1. В зависимости от формы выражения различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности измерения.

*Абсолютная погрешность* определяется как разность  $\Delta = x - x_{\partial}$ , (1.3)

*относительная* – как отношение  $\delta = \pm \frac{\Delta}{x_0} 100\%$ , (1.4)

*приведенная погрешность*  $\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} 100\%$ , (1.5)

где  $x_N$  – нормирующее значение измеряемой величины, т. е. некоторое установленное значение, по отношению к которому рассчитывается погрешность. Это может быть верхний предел измерений средств измерений (если шкала односторонняя), диапазон измерений (если шкала прибора двухсторонняя). Для многих средств измерений по приведенной погрешности устанавливается класс точности прибора.

В качестве действительного значения при многократных измерениях параметра принимается среднее арифметическое значение  $\bar{x}$

$$x_0 \approx \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1.6)$$

Для оценки возможных отклонений величины  $x$  от  $x_0$  определяют опытное среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (1.7)$$

Для оценки рассеяния отдельных результатов  $x_i$  измерения относительно среднего  $\bar{x}$  определяют среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{при } n \geq 20$$

или

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{при } n < 20. \quad (1.8)$$

Формулы (1.4) и (1.5) соответствуют центральной предельной теореме теории вероятностей, согласно которой

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}. \quad (1.9)$$

Среднее арифметическое из ряда измерений всегда имеет меньшую погрешность, чем погрешность каждого определенного измерения. Это отражает и формула (1.9), определяющая фундаментальный закон теории погрешностей. Из него следует, что если необходимо повысить точность результата (при исключении систематической погрешности) в 2 раза, то

число измерений нужно увеличить в 4 раза, если требуется увеличить точность в 3 раза, то число измерений увеличивают в 9 раз.

Нужно четко разграничивать применение  $\sigma_{\bar{x}}$  и  $\sigma_x$ : величина  $\sigma_{\bar{x}}$  используется при оценке окончательного результата, а  $\sigma_x$  – при оценке погрешности метода измерений.

Другая классификация – по закономерностям проявления.

2. В зависимости от характера проявления, причин возникновения и возможностей устранения различают систематическую и случайную составляющие погрешности измерений, а также грубые погрешности (промахи).

*Систематическая составляющая*  $\Delta_c$  остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одного и того же параметра.

*Случайная составляющая*  $\overset{o}{\Delta}$  изменяется при повторном изменении одного и того же параметра случайным образом.

*Грубые погрешности (промахи)* возникают из-за ошибочных действий оператора, неисправности средств измерения или резких изменений условий измерений. Как правило, грубые погрешности выявляются в результате обработки результатов измерений с помощью специальных критериев.

Случайная и систематическая составляющие погрешности проявляются одновременно, так что общая погрешность при их независимости  $\Delta = \Delta_c + \overset{o}{\Delta}$  или через среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_{\Delta_c}^2 + \sigma_{\overset{o}{\Delta}}^2}$$

При многократных измерениях одной и той же величины и наличии случайных погрешностей результаты измерений также являются случайными величинами.

Они будут полностью описаны с вероятностной точки зрения, если задана *функция распределения вероятностей*  $F(x)$ , характеризующая вероятность  $P$  появления тех или иных значений  $x$

$$F(x) = P[x_i \leq x]. \quad (1.10)$$

Часто для характеристики случайной величины используется производная функции распределения, называемая *плотностью распределения*

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}. \quad (1.11)$$

Случайные погрешности нельзя исключить полностью, но их влияние может быть уменьшено путем обработки результатов измерений. Для этого должны быть известны вероятностные и статистические характеристики (закон распределения, закон математического ожидания, среднее квадратическое отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал). Часто для предварительной оценки закона распределения параметра используют относительную величину среднее квадратическое отклонение – коэффициент вариации  $\nu_x$ :

$$\nu_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}. \quad (1.12)$$

Например, при  $\nu_x \leq 0,33 \dots 0,35$  можно считать, что распределение случайной величины подчиняется нормальному закону.

Если  $P$  означает вероятность  $\alpha$  того, что  $\bar{x}$  результата измерений отличается от действительного на величину не более чем  $\overset{o}{\Delta}$ , т. е.

$$P = \alpha \left\{ \bar{x} - \overset{o}{\Delta} < x_u < \bar{x} + \overset{o}{\Delta} \right\}, \quad (1.13)$$

то в этом случае  $P$  – *доверительная вероятность*, а указанный интервал – *доверительный интервал*.

Таким образом, для характеристики случайной погрешности необходимо задать два числа – величину самой погрешности (или доверительный интервал) и доверительную вероятность. При нормальном распределении случайных погрешностей 68 погрешностей из ста ( $P=0,68$ ) по модулю меньше  $\sigma_x$ , 95 погрешностей ( $P=0,95$ ) меньше  $2\sigma_x$  и только три погрешности из тысячи ( $P=0,997$ ) будут иметь значения больше  $3\sigma_x$ .

Доверительная вероятность по формуле (1.13) характеризует вероятность того, что отдельное значение  $x_i$  не будет отклоняться от истинного значения более чем на  $\overset{o}{\Delta}$ . Безусловно, важнее знать отклонение от истинного значения среднего арифметического ряда измерений.

До сих пор рассматривались оценки среднее квадратическое отклонения по «необходимому» (достаточно большому) числу измерений. В этом случае  $\sigma^2$  называется *генеральной дисперсией*. При малом числе измерений (менее 10-20) получают так называемую *выборочную*

дисперсию  $\sigma^2$ . Причем  $\sigma^2 \rightarrow \sigma^2$  лишь при  $n \rightarrow \infty$ .

При ограниченном числе измерений  $n$  вводят коэффициент Стьюдента  $t_p$ , определяемый по специальным таблицам в зависимости от числа измерений и принятой доверительной вероятности  $P$ .

Тогда средний результат измерений находится с заданной вероятностью  $P$  в интервале

$$\bar{x} \pm \frac{t_p \sigma_x}{\sqrt{n}}. \quad (1.14)$$

Для уменьшения случайной погрешности есть два пути: повышение точности измерений (уменьшение  $\sigma_x$ ) и увеличение числа измерений  $n$  с целью использования соотношения (1.5). Считая, что все возможности совершенствования техники измерений использованы, рассмотрим второй путь. При этом следует отметить, что уменьшать случайную составляющую погрешности целесообразно лишь до тех пор, пока общая погрешность измерений не будет полностью определяться систематической составляющей  $\Delta$ . Если систематическая погрешность определяется классом точности средства измерения, то необходимо, чтобы доверительный интервал  $\pm \frac{t_p \sigma_x}{\sqrt{n}}$  был существенно меньше  $\Delta_c$ .

Обычно принимают от  $\Delta \leq \frac{\Delta_c}{2}$  до  $\Delta \leq \frac{\Delta_c}{10}$  при  $P=0,95$ . В случае невозможности выполнить эти соотношения необходимо коренным образом изменить методику измерения. Для сравнения случайных погрешностей с различными законами распределения обязательно использование показателей, сводящих плотность распределения к одному или нескольким числам. В качестве таких чисел и выступают среднеквадратическое отклонение, доверительный интервал и доверительная вероятность.

Как правило, считают, что систематические погрешности могут быть обнаружены и исключены. Однако в реальных условиях полностью исключить систематическую составляющую погрешности невозможно. Всегда остаются какие-то неисключенные остатки, которые и нужно учитывать, чтобы оценить их границы. Это и будет систематическая погрешность измерения. В отличие от случайной погрешности, выявленной в целом вне зависимости от ее источников, систематическая погрешность рассматривается по составляющим в зависимости от источников ее возникновения, причем различают методическую,

инструментальную и субъективные составляющие погрешности.

*Субъективные систематические погрешности* связаны с индивидуальными особенностями оператора. Как правило, эта погрешность возникает из-за ошибки в отсчете показаний (примерно 0,1 деления шкалы) и неопытности оператора. В основном же систематические погрешности возникают из-за методической и инструментальной составляющих.

*Методическая составляющая погрешности* обусловлена несовершенством метода измерений, приемами использования средства измерений, некорректностью расчетных формул и округления результатов.

*Инструментальная составляющая* возникает из-за собственной погрешности средства измерения, определяемой классом точности, влиянием средства измерения на результат и ограниченной разрешающей способности средства измерения.

Грубые погрешности измерений (промахи) могут сильно исказить среднее значение  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  и доверительный интервал, поэтому их исключение из серии измерений обязательно. Обычно они сразу видны в ряду полученных результатов, но в каждом конкретном случае это необходимо доказать. Существует ряд критериев для оценки промахов.

1. Критерий  $3\sigma$ . В этом случае считается, что результат, возникаемый с вероятностью  $P \leq 0,003$ , малореален и его можно квалифицировать промахом, т. е. сомнительный результат  $x_i$  отбрасывается, если

$$\left| \bar{x} - x_i \right| > 3\sigma, \quad (1.15)$$

где  $\bar{x}$  и  $\sigma$  находятся без учета сомнительного результата.

Данный критерий надежен при числе измерений  $n \geq 20, \dots, 50$ .

2. Критерий Романовского (при  $n < 20$ ).

При этом вычисляют отношение

$$\left| \frac{\bar{x} - x_i}{\sigma} \right| = \beta, \quad (1.16)$$

полученное значение  $\beta$  сравнивается с табличным  $\beta_m$  (таблица 2.3) при выбранном уровне значимости  $P$ .

3. Критерий Шовене (при  $n < 10$ ). В этом случае промахом считается

результат  $x_i$ , если разность  $\left| \bar{x} - x_i \right|$  превышает значения  $\sigma$ , приведенные ниже в зависимости от числа измерений:

$$\left| \bar{x} - x_i \right| > \begin{cases} 1,6\sigma & n = 3 \\ 1,7\sigma & n = 6 \\ 1,9\sigma & n = 8 \\ 2,0\sigma & n = 10 \end{cases} \text{ при } . \quad (1.17)$$

Все виды составляющих погрешности нужно анализировать и выявлять в отдельности, а затем суммировать их в зависимости от характера проявления, что является основной задачей при разработке и аттестации методик выполнения измерений.

При установлении модели погрешности возникают типовые статистические задачи: оценка параметров закона распределения, проверка гипотез, планирование эксперимента и др.

Точность измерений должна выражаться одним из способов:

- интервалом, в котором с установленной вероятностью  $P$  находится суммарная погрешность измерения;

- интервалом, в котором с установленной вероятностью находится систематическая составляющая погрешности измерений;

- стандартной аппроксимацией функции распределения случайной составляющей погрешности измерения и среднеквадратическим отклонением случайной составляющей погрешности измерения;

- стандартными аппроксимациями функций распределения систематической и случайной составляющих погрешности измерения и их среднеквадратическими отклонениями и функциями распределения систематической и случайной составляющих погрешности измерения.

В инженерной практике применяется в основном первый способ ( $x = a \pm \Delta$  или от  $\Delta_{\min}$  до  $\Delta_{\max}$ ,  $P=0,9$ ). Система допусков, например, построена на понятии предельной погрешности  $\Delta_n = \pm 2\sigma$  при  $P=0,95$ ). Числовое значение результата измерения должно заканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности  $\Delta$ .

Для оценки погрешности измерений необходимо установить вид модели погрешности с ее характерными свойствами, определить характеристики этой модели, оценить показатели точности измерений по характеристикам модели.



### 1.2.5. Способы снижения погрешностей

В ряде случаев погрешность может быть исключена за счет устранения источников погрешности до начала измерений (профилактика погрешности), в процессе измерений и при обработке результатов измерений.

*Профилактика погрешности* – наиболее рациональный способ ее снижения и в устранении влияния, например, температуры (термостатированием и термоизоляцией), магнитных полей (магнитными экранами), вибрации и т. п. Сюда же относятся регулировка, ремонт и поверка средств измерений. Перед измерением объект измерения должен быть изучен для корректного выбора его модели и средств измерений, проанализированы возможные источники систематических погрешностей для снижения влияния дополнительных погрешностей на результат измерения, приняты возможные меры для устранения влияния источников погрешностей.

Удалить источники значительных инструментальных погрешностей возможно при ремонте и регулировке, необходимость проведения которых выявляется при очередных и внеочередных поверках средств измерений.

*Исключение погрешностей в процессе измерения* – экспериментальное исключение погрешностей. При этом не применяются какие-либо специальные установки и приспособления. Как правило, это методы и приемы измерений, позволяющие исключить или существенно снизить систематические погрешности измерений. Следует отметить, что исключению погрешностей в процессе измерений поддаются, в основном, инструментальные погрешности, погрешности установки и погрешности, вызванные влиянием внешних условий.

Используются методы замещения, компенсации погрешности по знаку, противопоставления, симметричных наблюдений. Характерным признаком используемых методов является необходимость проведения повторных измерений, поэтому они применимы, в основном, при определении стабильных погрешностей либо погрешностей, изменяющихся по известным законам.

*Метод замещения* является разновидностью метода сравнения с мерой. Суть этого метода состоит в замене измеряемой величины величиной, известной с большой точностью. Причем последняя должна находиться в тех же условиях, что и измеряемая физическая величина. Если в результате замены не происходит изменений режимов работы, то

делается вывод, что измеряемая величина равна значению меры. Это позволяет исключить остаточную погрешность мостовых цепей, ошибки градуировки шкал и т.д.

*Метод компенсации погрешности по знаку* предусматривает измерение с двумя наблюдениями, выполненными так, чтобы постоянная систематическая погрешность, известная по природе, но неизвестная по величине, входила в результат каждого из них с противоположными знаками. Погрешность исключается при вычислении среднего арифметического значения измеренной величины. Метод может применяться лишь в случае погрешностей, источники которых имеют направленное действие. Пользуясь этим методом, устраняют влияние на результат измерения погрешностей, вызванных влиянием постоянных магнитных полей, термо-ЭДС и т.д.

*Метод противопоставления* – метод, при котором измерение проводится с двумя наблюдениями, проводимыми так, чтобы возникновение постоянной погрешности оказывало разные, но известные по закономерности воздействия на результаты наблюдений. Метод противопоставления фактически является разновидностью метода компенсации погрешности по знаку. Метод противопоставления применяется, в основном, для исключения погрешности при сравнении измеряемой величины с мерой примерно равного значения.

*Метод симметричных наблюдений* состоит в том, что несколько наблюдений выполняют через равные интервалы времени и затем вычисляют среднее арифметическое значение симметрично расположенных наблюдений. Используется для выявления и исключения прогрессивной погрешности, являющейся линейной функцией времени или другой величины.

Хорошие результаты дает использование *метода рандомизации*, состоящего в переводе систематических погрешностей в случайные. Для этого необходимо выполнить наблюдения так, чтобы погрешности наблюдений были разнообразными и похожими на случайные.

*Внесение известных поправок в результат измерения* – исключение погрешностей вычислением.

Поправка по величине равна систематической погрешности и противоположна ей по знаку.

$$q = -\Delta_c. \quad (1.18)$$

При учете поправки  $q$  за действительное значение измеряемой величины принимают исправленное среднее

$$x_{\partial} = \bar{x} + q. \quad (1.19)$$

Величину поправки можно определить, в частности, используя метод сличения, сравнивая показания средства измерения с показаниями образцового прибора либо со значением меры в условиях, аналогичных условиям проведения измерения.

Некоторые систематические погрешности могут быть рассчитаны, если известны характер и особенности использованных средств и методов измерений. В частности, погрешность от влияния температуры может быть рассчитана на основании известных температурных зависимостей параметров средств измерений.

### 1.2.6. Качество измерений

Под качеством измерений понимают совокупность свойств, обуславливающих получение результатов с требуемыми точностными характеристиками, в необходимом виде и в установленные сроки. Качество измерений характеризуется такими показателями, как точность, правильность и достоверность.

Понятие *точность измерений* характеризует степень приближения погрешности измерений к нулю, т. е. полученного при измерении значения к истинному значению измеряемой величины.

*Правильность измерений* определяется близостью к нулю систематической погрешности.

*Достоверность измерений* говорит о том, что погрешность не выходит за пределы отклонений, заданных в соответствии с поставленной целью измерений.

Эти показатели должны определяться по оценкам, к которым предъявляются требования состоятельности, несмещенности и эффективности.

Если систематическая составляющая исключена, то  $x = \bar{x}$ , а точность результата измерений  $\bar{x}$  характеризуется степенью рассеяния его значения, т. е. дисперсией. На рис. 1.5 заштрихованная площадь относится к плотности вероятности распределения среднего значения.

Однако из-за ограниченного числа измерений  $\bar{x}$  точно определить невозможно. Можно лишь с определенной вероятностью указать границы интервала, в котором оно находится.

Оценку среднего значения числовой характеристики закона распределения  $x$ , изображаемую точкой на числовой оси, называют точечной оценкой. Оценки являются случайными величинами, их значение зависит от числа наблюдений  $n$ .

*Состоятельной* называют оценку, которая сводится по вероятности к оцениваемой величине, т.е.  $\bar{x} \rightarrow x$  при  $n \rightarrow \infty$ .

*Несмещенной* является оценка, математическое ожидание которой равно оцениваемой величине, т.е.  $x = \bar{x}$ .

*Эффективной* называют такую оценку, которая имеет наименьшую дисперсию  $\sigma_x^2 = \min$

Перечисленным требованиям удовлетворяет среднее арифметическое  $\bar{x}$  результатов  $n$  наблюдений.

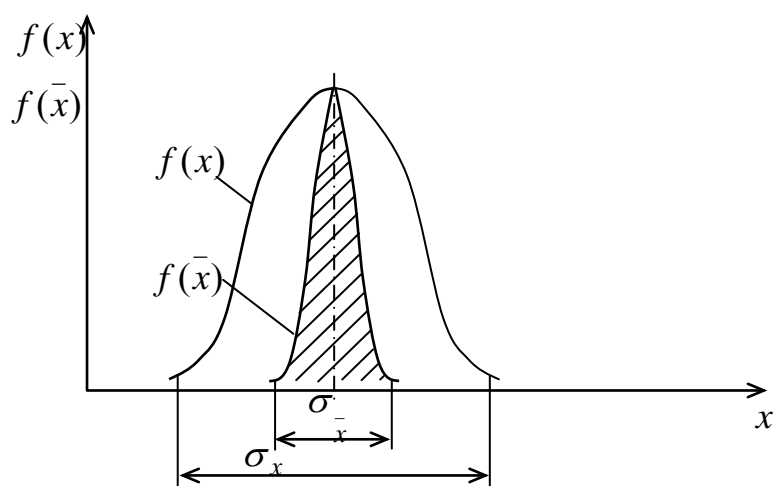


Рис. 1.5. Плотность распределения отдельного и суммарного результата измерения

Достоверность измерений зависит от степени доверия к результату и характеризуется вероятностью того, что истинное значение измеряемой величины лежит в указанных окрестностях действительного. Другими словами, достоверность измерения – это близость к нулю случайной или неисключенной систематической погрешности.

Для количественной оценки качества измерений рассмотрим влияние параметров измерений на погрешность их результатов.

При планировании измерений и оценке их результатов задаются определенной моделью погрешностей: предполагают наличие тех или иных составляющих погрешности, закон их распределения и др. В этой связи необходимо знать влияние на погрешность результатов измерений:

- числа наблюдений и доверительной вероятности, с которой должны быть известны вероятностные характеристики результатов;
- степени исправленности наблюдений, т. е. наличия неисключенной составляющей погрешности наблюдений;
- вида и формы закона распределения погрешностей.

Следует отметить, что результаты измерений, не обладающие достоверностью, т. е. степенью уверенности в их правильности, не представляют ценности.

Наряду с перечисленными показателями качество измерительных операций характеризуется также сходимостью и воспроизводимостью результатов. Эти показатели наиболее распространены при оценке качества испытаний и характеризуют точность испытаний.

Очевидно, что два испытания одного и того же объекта одинаковым методом не дают идентичных результатов. Объективной мерой их могут служить статистически обоснованные оценки ожидаемой близости двух или более числа результатов, полученных при строгом соблюдении методики испытаний.

*Сходимость* – это близость результатов двух испытаний, полученных одним методом, на идентичных установках, в одной лаборатории.

*Воспроизводимость* отличается от сходимости тем, что оба результата должны быть получены в разных лабораториях.

Обобщает все эти положения современное понятие *единство измерений* – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы.

Как выше отмечалось, мероприятия по реальному обеспечению единства измерений в большинстве стран мира установлены законами и входят в функции законодательной метрологии.

Итак, первым условием обеспечения единства измерений является представление результатов измерений в узаконенных единицах, которые были бы одними и теми же всюду, где проводятся измерения и используются их результаты. В России, как и большинстве других стран, узаконенными единицами являются единицы величины Международной системы единиц. Второе условие единства измерений – погрешность измерений не превышает (с заданной вероятностью) установленных пределов. Главным нормативным актом по обеспечению единства измерений является закон РФ «Об обеспечении единства измерений».

### 1.2.7. Контрольные вопросы

1. Что такое измерение?
2. Назовите основные объекты измерений.
3. Назовите качественную и количественную характеристики измеряемой величины.
4. Запишите основное уравнение измерения.
5. Приведите классификацию измерений.
6. Какие бывают измерения по способу получения и количеству измерительной информации?
7. Какие бывают измерения по характеру изменения измеряемой величины?
8. Что такое шкала измерений? Назовите основные виды шкал.
9. Назовите существенные признаки каждого вида шкал.
10. Что такое метод измерений?
11. Какие основные разновидности имеет метод сравнения с мерой?
12. Поясните понятие «единство измерений». В чем заключаются условия обеспечения единства измерений?
13. Что представляет собой погрешность измерений?
14. Приведите классификацию погрешностей.
15. Запишите формулы для определения абсолютной, относительной и приведенной погрешностей измерения.
16. Какая величина принимается за действительную величину при многократных измерениях?
17. Сформулируйте фундаментальный закон теории погрешностей.
18. Какие составляющие погрешности различают в зависимости от характера проявления, причин возникновения и возможностей устранения?
19. Как может быть уменьшено влияние случайных погрешностей?
20. Что такое доверительная вероятность и доверительный интервал?
21. Что такое генеральная и выборочная дисперсии?
22. Как выражается точность измерений?
23. Что представляет собой грубая погрешность (промах)? Какие существуют критерии для оценки промахов?

### 1.3. Нормирование метрологических характеристик средств измерения

#### 1.3.1. Виды средств измерений

*Средством измерения* называют техническое средство (или их комплекс), используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики. Средства измерения позволяют не только обнаружить физическую величину, но и измерить ее, т. е. сопоставить неизвестный размер с известным.

Если физическая величина известного размера есть в наличии, то она непосредственно используется для сравнения. Если же такой физической величины в наличии нет, то сравнивается реакция (отклик) прибора на воздействие измеряемой величины с проявившейся ранее реакцией на воздействие той же величины, но известного размера. Для облегчения сравнения еще на стадии изготовления прибора отклик на известное воздействие фиксируют на шкале отсчетного устройства, после чего наносят на шкалу деления в кратном и дольном отношении. Описанная процедура называется *градуировкой шкалы*. При измерении она позволяет по положению указателя получать результат сравнением непосредственно по шкале отношений.

Итак, средство измерения в простейшем случае производит две операции: обнаружение физической величины и сравнение неизвестного размера с известным, или сравнение откликов на воздействие известного и неизвестного размеров.

Другими отличительными признаками средств измерений являются, во-первых, «умение» хранить (или воспроизводить) единицу физической величины; во-вторых, неизменность размера хранимой единицы. Измерять можно только тогда, когда техническое средство, предназначенное для этой цели, может хранить единицу, достаточно неизменную по размеру (во времени).

Средства измерений можно классифицировать по многим признакам (рис. 1.6). Рассмотрим классификацию по двум основным признакам: конструктивное исполнение и метрологическое назначение.

*По конструктивному исполнению* средства измерений подразделяются на меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы; измерительные установки; измерительные системы.

*Меры физической величины* – средства измерений, предназначенные

для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров. Различают меры:

- однозначные, воспроизводящие физическую величину одного размера (гиря 1 кг, конденсатор постоянной емкости, образцы твердости, шероховатости);

- многозначные, воспроизводящие физическую величину разных размеров (масштабная линейка, конденсатор переменной емкости);

- набор мер – комплект мер разного размера одной и той же физической величины, предназначенных для применения на практике как в отдельности, так и в различных сочетаниях (набор гирь, набор калибров);

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

К однозначным мерам можно отнести *стандартные образцы*. Существуют стандартные образцы состава и стандартные образцы свойств.

Стандартные образцы состава вещества (материала) – стандартный образец с установленными значениями величин, характеризующих содержание определенных компонентов в веществе (материале).

Стандартный образец свойств веществ (материалов) – стандартный образец с установленными значениями величин, характеризующих физические, химические, биологические и другие свойства.

Новые стандартные образцы допускаются к использованию при условии прохождения ими метрологической аттестации. Метрологическая аттестация проводится органами метрологической службы.

*Измерительные преобразователи* – средства измерений, служащие для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, но не доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Это термопары, преобразователи давления и т. д.

По характеру преобразования различают аналоговые, цифро-аналоговые, аналого-цифровые преобразователи.

По месту в измерительной цепи различают первичные и промежуточные преобразователи.

Если преобразователи не входят в измерительную цепь и их метрологические свойства не нормированы, то они не относятся к измерительным.

*Измерительный прибор* – средство измерений, предназначенное для



получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Прибор, как правило, содержит устройство для преобразования измеряемой величины и ее индикации в форме, наиболее доступной для восприятия. Во многих случаях устройство для индикации имеет шкалу со стрелкой или другим устройством, диаграмму с пером или цифроуказатель, с помощью которых могут быть произведены отсчет или регистрация значений физической величины.

Различают приборы прямого действия и приборы сравнения.

Приборы прямого действия отображают измеряемую величину на показывающем устройстве, имеющем соответствующую градуировку в единицах этой величины (амперметры, вольтметры, манометры). Изменения рода физической величины при этом не происходит. Приборы сравнения предназначены для сравнения измеряемых величин с величинами, значения которых известны (компараторы).

По степени индикации значений измеряемой величины измерительные приборы подразделяются на показывающие и регистрирующие.

Показывающий прибор допускает только отсчитывание показаний измеряемой величины (микрометр, аналоговый или цифровой вольтметр).

В регистрирующем приборе предусмотрена регистрация показаний – в форме диаграммы, путем печатания показаний (термограф, разрывная машина с пишущим элементом, измерительный прибор, сопряженный с ЭВМ, дисплеем и устройством для печатания показаний).

*Измерительная установка* – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких физических величин и расположенных в одном месте. Примером являются установка для измерения удельного сопротивления электротехнических материалов, установка для испытаний магнитных материалов. Измерительную установку, предназначенную для испытаний каких-либо изделий, иногда называют испытательным стендом. Измерительная установка позволяет предусмотреть определенный метод измерения и заранее оценить погрешность измерения.

*Измерительная система* – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого пространства с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому пространству.

Примером может служить радионавигационная система для определения местоположения судов, состоящая из ряда измерительных комплексов, разнесенных в пространстве на значительном расстоянии друг от друга.

*По метрологическому назначению* все средства измерений подразделяются на два вида – рабочие и эталоны.

*Рабочие средства измерений* предназначены для проведения технических измерений. По условиям применения они могут быть: лабораторными, используемыми при научных исследованиях, проектировании технических устройств, медицинских измерениях; производственными, используемыми для контроля характеристик технологических процессов, контроля качества готовой продукции, контроля отпуска товаров; полевыми.

К каждому виду предъявляются специфические требования: к лабораторным – повышенная точность и чувствительность; к производственным – повышенная стойкость к ударно-вибрационным нагрузкам, высоким и низким температурам; к полевым – повышенная стабильность в условиях резкого перепада температур, высокой влажности.

Особым средством измерений является эталон.

*Эталоны* являются высокоточными средствами измерений, а поэтому используются для проведения метрологических измерений в качестве средств передачи информации о размере единицы. Передача размера осуществляется в процессе поверки средства измерения. Целью поверки является установление пригодности его к применению.

Многообразие средств измерений обуславливает необходимость применения специальных мер по обеспечению единства измерений.

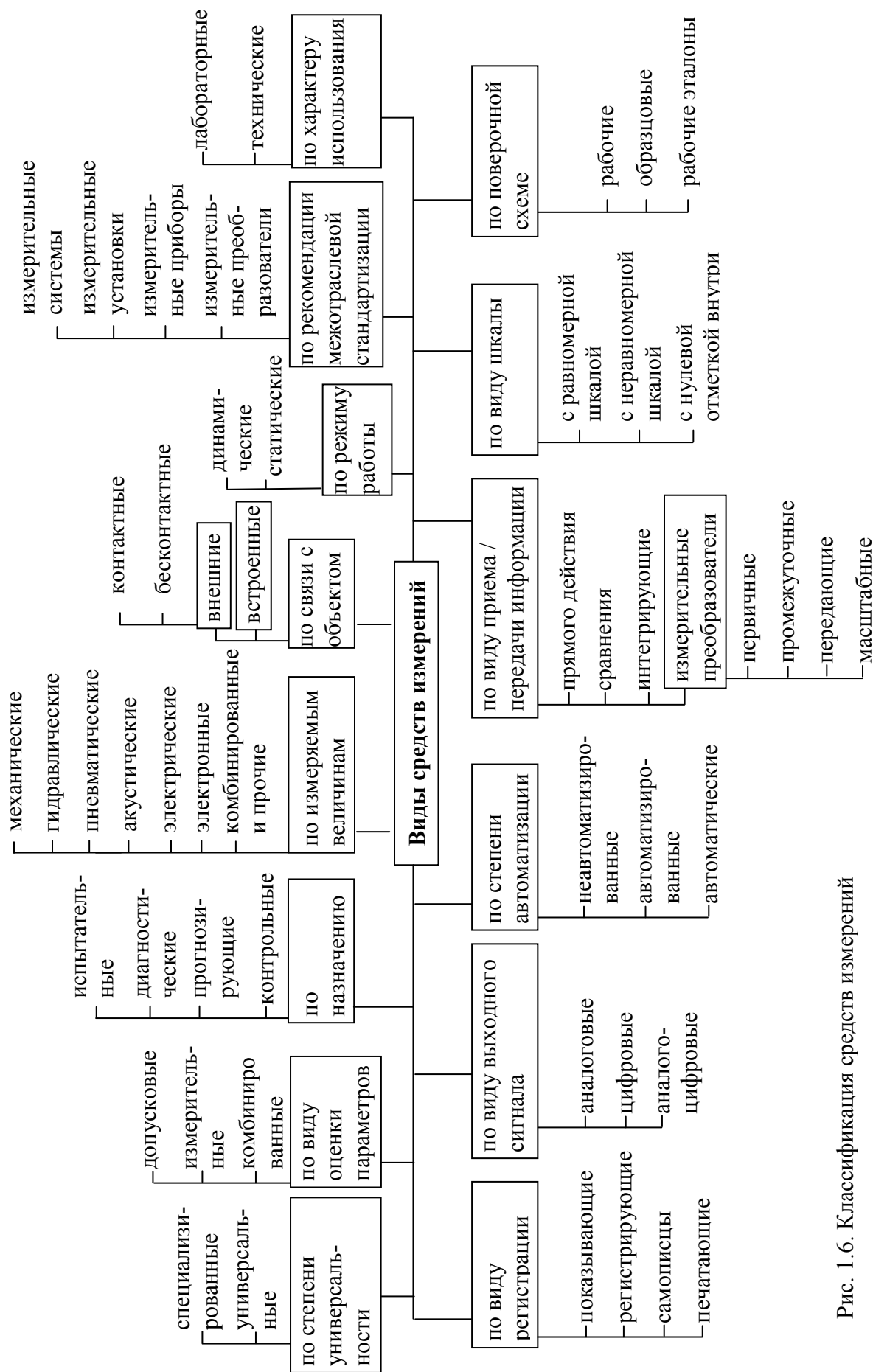


Рис. 1.6. Классификация средств измерений

### 1.3.2. Эталоны, их классификация, перспективы развития

*Эталон* – это высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений.

Эталон должен обладать, по крайней мере, тремя тесно связанными друг с другом существенными признаками: неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.

*Неизменность* – свойство эталона поддерживать неизменный размер воспроизводимой им единицы физической величины длительное время.

*Воспроизводимость* – возможность воспроизведения единицы физической величины с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники.

*Сличаемость* – возможность обеспечения сличения с эталоном других средств измерений, нижестоящих по поверочной схеме.

Эталоны классифицируют следующим образом.

*Первичный эталон* – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью. *Государственный первичный эталон* – первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории государства. Пример: государственные эталоны метра, килограмма, секунды, ампера, кельвина, канделы, ньютона, паскаля, вольта, беккереля.

При хранении первичного эталона выполняют регулярные его исследования, включая сличения с национальными эталонами других стран с целью повышения точности воспроизведения единицы и совершенствования методов передачи ее размера.

Для руководства работ по хранению государственных эталонов устанавливают специальную категорию должностных лиц – ученых хранителей государственных эталонов, назначаемых из числа ведущих в данной области специалистов-метрологов.

*Вторичный эталон* – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы. К вторичным эталонам относят эталоны-копии, рабочие эталоны и эталоны сравнения.

*Эталон-копия* – вторичный эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим эталонам и заменяющий в обоснованных случаях первичный эталон.

*Рабочий эталон* – вторичный эталон, предназначенный для передачи

размера единицы образцовым и наиболее точным рабочим средствам измерений.

*Международный эталон* – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами. Пример: международный прототип килограмма, хранимый в Международном бюро мер и весов, утвержден 1-й Генеральной конференцией по мерам и весам.

Самыми первыми официально утвержденными эталонами стали прототипы метра и килограмма, изготовленные во Франции, которые в 1799 г. были переданы на хранение в Национальный архив Франции, поэтому их стали называть «метр Архива» и «килограмм Архива». Постоянно проводятся уточнения принятых эталонов. В 1983 г. за эталон метра было принято расстояние, проходимое светом в вакууме за  $1/299792\,458$  долю секунды. Данное определение метра было законодательно закреплено в декабре 1985 г. после утвержденных эталонов времени, частоты и длины.

При становлении метрической системы мер в качестве единицы массы приняли массу одного кубического дециметра чистой воды при температуре ее наибольшей плотности ( $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Изготовленный при этом первый прототип килограмма представляет собой платиноиридиевую цилиндрическую гирю высотой и диаметром 39 мм. Данное определение эталона килограмма действует до сих пор. За 100 с лишним лет существования описанного прототипа килограмм были попытки создать более современный эталон на основе фундаментальных физических констант масс различных атомных частиц. Однако на современном уровне научно-технического прогресса пока не удалось воспроизвести этим новейшим методом массу килограмма с меньшей погрешностью, чем существующая.

Число эталонов не является постоянным, а изменяется в зависимости от потребностей экономики страны. Обычно прослеживается увеличение их числа во времени, что обусловлено постоянным развитием рабочих средств измерений.

В течение двух последних лет утверждено несколько государственных эталонов. Среди них – первичные эталоны твердости, единицы энергетической яркости инфракрасного излучения, единицы электрического напряжения, единицы линейного ускорения и плоского угла при угловом перемещении твердого тела. Последние представляют

собой комплекс аппаратуры, который не имеет аналогов в мировой практике и по праву может считаться уникальным. Кроме того, созданы и внедрены государственные эталоны для электрохимических измерений.

За последние годы получены высокие результаты точности и надежности эталонов, создаваемых на основе использования квантовых эффектов, что позволяет предположить возможность создания эталонов в недалеком будущем. С использованием квантовых эталонов был создан эталон Ампера и Ома. Квантовые эталоны характеризуются высокой степенью стабильности значений погрешности воспроизведения единиц величин. С помощью новых методов и средств измерений уточняются фундаментальные физические константы, поэтому точность квантовых эталонов будет возрастать.

Ученые полагают, что квантовые эталоны можно будет считать «вечными мерами», так как способность воспроизведения единиц физических величин у таких эталонов не подвержена влиянию внешних условий, географического местонахождения и времени.

Ожидается появление возможности создания сравнительно недорогих квантовых эталонов и рабочих средств измерений на основе практического использования эффекта высокотемпературной сверхпроводимости, что послужит началом нового периода в развитии фундаментальной и практической метрологии.

В настоящее время эталонная база России имеет в своем составе 114 государственных эталонов и более 250 вторичных эталонов единиц физических величин.

### **1.3.3. Метрологические свойства и метрологические характеристики средств измерений**

*Метрологические свойства средств измерений* – это свойства, влияющие на результат измерений и его погрешность. Показатели метрологических свойств являются их количественной характеристикой и называются *метрологическими характеристиками*.

Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативными документами, называют нормируемыми метрологическими характеристиками.

Все метрологические свойства средств измерения можно разделить на две группы:

- 1) свойства, определяющие область применения;
- 2) свойства, определяющие качество измерения.

К основным метрологическим характеристикам, определяющим свойства первой группы, относятся диапазон измерений и порог чувствительности.

*Диапазон измерений* – область значений величины, в пределах которых нормированы допускаемые пределы погрешности. Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу или сверху (слева и справа), называют соответственно нижним или верхним пределом измерений.

*Порог чувствительности* – наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала.

К метрологическим свойствам второй группы относятся три главных свойства, определяющих качество измерений: точность, сходимость и воспроизводимость измерений.

Наиболее широко в метрологической практике используется первое свойство – точность измерений. Точность измерений определяется погрешностью средства измерения.

*Погрешность* – это разность между показаниями средства измерения и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Классификация погрешностей средств измерений приведена на рис. 1.7.

Все погрешности средств измерений в зависимости от внешних условий делятся на основные и дополнительные.

*Основная погрешность* – это погрешность средств измерений при нормальных условиях эксплуатации.

В рабочих условиях, зачастую отличающихся от нормальных более широким диапазоном влияющих величин, при необходимости нормируется *дополнительная погрешность средств измерений*.

Существуют три способа нормирования основной погрешности средства измерения:

- нормирование пределов допускаемой абсолютной ( $\pm \Delta$ ) или приведенной ( $\pm \gamma$ ) погрешностей, постоянных во всем диапазоне измерения;
- нормирование пределов допускаемой абсолютной ( $\pm \Delta$ ) или относительной ( $\pm \sigma$ ) погрешностей в функции измеряемой величины;
- нормирование постоянных пределов допускаемой основной

погрешности, различных для всего диапазона измерений одного или нескольких участков.

В качестве предела допускаемой погрешности принимается наибольшая погрешность, вызываемая изменением влияющей величины, при которой средство измерения по техническим требованиям может быть допущено к применению. То же самое относится и к дополнительной погрешности. При этом исходят из следующих положений:

- дополнительная погрешность имеет такой же вид, что и основная (абсолютная, относительная, приведенная);
- дополнительные погрешности, вызванные различными влияющими факторами, должны нормироваться отдельно.

В общем виде суммарная абсолютная погрешность средств измерений

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_0 + \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}, \quad (1.20)$$

где  $\Delta_0$  – основная погрешность СИ;  $\Delta_i$  – дополнительная погрешность, вызванная изменением  $i$ -го влияющего фактора.

Вследствие сложности разделения дополнительных и основных погрешностей поверку СИ выполняют только при нормальных условиях (т. е. дополнительные погрешности исключены).

*Систематическая погрешность средства измерения* – это составляющая общей погрешности, которая остается постоянной или закономерно изменяется при многократных измерениях одной и той же величины.

*Случайной погрешностью* называют составляющую, изменяющуюся при повторных измерениях одной и той же величины случайным образом.

Для пределов допускаемой основной и дополнительной погрешностей предусмотрены различные способы выражения в виде абсолютной, относительной и приведенной погрешностей.

*Абсолютная погрешность* – разность между показанием  $x$  средства измерения и действительным значением  $x_0$  измеряемой величины

$$\Delta = |x - x_0|. \quad (1.21)$$

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой физической величины и может быть задана (рис. 1.8):

- либо одним числом (линия 1):  $\Delta = \pm a$ ;
- либо в виде функции линейной зависимости (линии 2 и 3):  $\Delta = \pm bx$ ;  
 $\Delta = \pm(a + bx)$ ;
- в виде функции  $\Delta = f(x)$  или графика, таблицы.



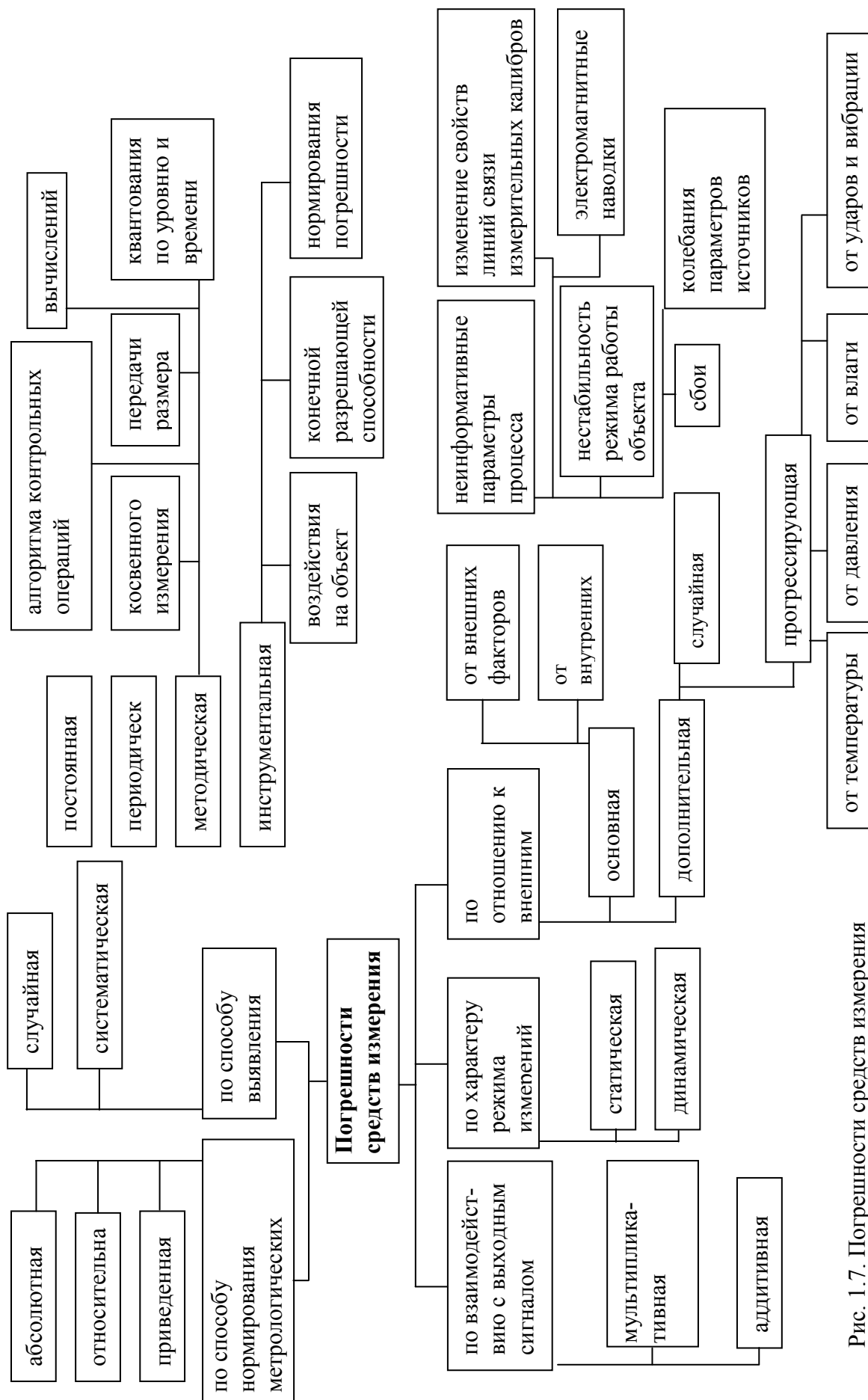


Рис. 1.7. Погрешности средств измерения

Если значение погрешности не изменяется во всем диапазоне измерения (линия 1), то такая погрешность называется *аддитивной*. Если погрешность изменяется пропорционально измеряемой величине (линия 2), то ее называют *мультипликативной*. В большинстве случаев аддитивная и мультипликативная составляющие присутствуют одновременно (линия 3).

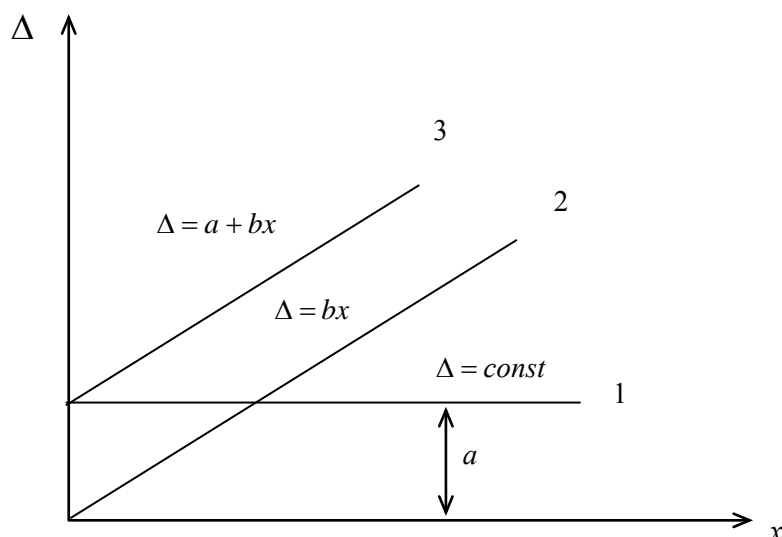


Рис. 1.8. Формирование аддитивной и мультипликативной составляющих погрешностей

Поскольку абсолютная погрешность выражается в абсолютных единицах физической величины, то это не дает возможность сравнивать средства измерения, измеряющие разные физические величины. Для этой цели можно использовать *относительные погрешности*  $\delta$  как отношение абсолютной погрешности к действительному значению  $x_\delta$ , выраженные в процентах:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x_\delta} 100\%. \quad (1.22)$$

Указание только абсолютной погрешности не позволяет сравнивать между собой по точности средства измерений с разным пределом измерений, а указание относительной погрешности также ограничено из-за непостоянства величины. Поэтому получило большое распространение нормирование *приведенной погрешности* как отношение  $\Delta$  к нормируемому значению  $x_N$

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} 100\%. \quad (1.23)$$

Нормирующее значение  $x_N$  выбирают в зависимости от вида и характера шкалы прибора.

Обычно метрологические характеристики нормируют отдельно для нормальных и рабочих условий применения средств измерения. Нормальными считаются условия, при которых изменением характеристик под воздействием внешних факторов (температура, влажность и пр.) принято пренебрегать. Так, для многих типов приборов нормальными условиями применения являются температура  $(293 \pm 5)$  К, атмосферное давление  $(100 \pm 4)$  кПа, относительная влажность  $(65 \pm 15)\%$ , электрическое напряжение в сети питания  $220 \text{ В} \pm 10\%$ . Рабочие условия отличаются от нормальных более широкими диапазонами изменения влияющих величин. И те, и другие метрологические характеристики указываются в нормативных документах.

Выше были подробно рассмотрены характеристики точности результатов измерений. Рассмотрим два других свойства, определяющих качество измерений, – сходимость и воспроизводимость результатов измерений.

*Сходимость результатов измерений* – характеристика качества измерений, отражающая близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом, в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

Высокая сходимость результатов измерения очень важна при оценке показателей качества товаров, приобретаемых потребителем в виде партии.

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

#### **1.3.4. Классы точности средств измерений**

Приведенная выше номенклатура метрологических характеристик предполагает строгое нормирование характеристик для средства измерения, используемых при высокоточных лабораторных измерениях и метрологической аттестации.

У средств измерения, применяемых для высокоточных измерений, нормируется до десятка и более метрологических характеристик в стандартах технических требований. Нормы на основные метрологические характеристики приводятся в эксплуатационной документации на средство измерения.

При технических измерениях, когда не предусмотрено выделение случайных и систематических составляющих, когда не существенна динамическая погрешность и т. п., можно пользоваться более грубым нормированием – присвоением средствам измерения определенного класса точности.

*Класс точности средства измерения* – это обобщенная метрологическая характеристика, определяющая различные свойства средства измерения. Класс точности уже включает систематическую и случайную погрешности, однако он не является непосредственной характеристикой точности измерений, выполняемых с помощью этих средств, поскольку точность измерений зависит и от метода измерения, взаимодействия с объектом, условий измерения и т.д.

В частности, чтобы измерить величину с точностью до 1 %, недостаточно выбрать средство измерения с погрешностью 1 %. Выбранное средство должно обладать гораздо меньшей погрешностью, т. к. нужно учесть как минимум еще погрешность метода.

Присваиваются классы точности средства измерения при их разработке (по результатам приемочных испытаний). Если оно предназначено для измерения одной и той же физической величины, но в разных диапазонах, или – для измерения разных физических величин, то этим средствам могут присваиваться разные классы точности, как по диапазонам, так и по измеряемым физическим величинам. В связи с тем, что при эксплуатации их метрологические характеристики обычно ухудшаются, допускается понижать класс точности по результатам поверки (калибровки).

В качестве основных устанавливается три вида классов точности средств измерения:

- для пределов допускаемой абсолютной погрешности в единицах измеряемых величин или делениях шкалы;
- для пределов допускаемой относительной погрешности в виде ряда чисел;
- для пределов допускаемой приведенной погрешности в виде того же ряда чисел.

Классы точности, выраженные через абсолютные погрешности, обозначают прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. При этом, чем дальше буква или цифра от начала алфавита, тем больше значения допускаемой абсолютной погрешности.

Класс точности через относительную погрешность обозначается двумя способами:

- если погрешности средства измерения имеет в основном мультипликативную составляющую, то пределы допускаемой основной относительной погрешности устанавливают по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} 100\%, \quad (1.24)$$

- если СИ имеют как мультипликативную, так и аддитивную составляющие, то класс точности обозначается двумя цифрами, соответствующие значениям  $c$  и  $d$  формулы

$$\delta = \pm [c + d(\left| \frac{x_0}{x} \right| - 1)]. \quad (1.25)$$

Например, класс точности 0,02/0,01 означает, что  $c = 0,02$ , а  $d = 0,01$ , т. е. значение относительной погрешности в начале диапазона измерения равно 0,02 %, а в конце диапазона – 0,01 %. Значение  $x$  – текущее значение измеряемой величины;  $x_0$  – верхний предел измерений.

Наиболее широкое распространение получило нормирование класса точности по приведенной погрешности:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} 100\%. \quad (1.26)$$



Условное обозначение класса точности в этом случае зависит от шкалы измерительного средства. Например, класс точности 1,5 означает, что  $\gamma = 1,5\%$ .

Примеры обозначения классов точности в документах и на приборах приведены в таблице 1.2.

Итак, класс точности позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность измерений этого класса. Это важно знать при выборе средства измерения в зависимости от заданной точности измерений.

Таблица 1.2

**Формулы вычисления погрешностей и обозначение классов точности  
средств измерения**

Обозначение класса точности		Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Примечание
на средстве измерения	в документации			
0,5	Класс точности 0,5	Приведенная	$\gamma = \pm 0,5$	Нормирующее значение выражено в единицах измеряемой величины
	Класс точности 0,5		$\gamma = \pm 0,5$	нормирующее значение принято равным длине шкалы или ее части
	Класс точности 0,5	Относительная	$\delta = \pm 0,5$	
0,02/0,01	Класс точности 0,02/0,01		$\delta = \pm [c + d(\frac{ x_0 }{x} - 1)]$	

### 1.3.5. Контрольные вопросы

1. Что такое средство измерений?
2. Назовите признаки, позволяющие выполнять классификацию средств измерения.
3. Какие меры бывают?
4. Что представляют собой измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы?
5. Дайте определение понятия эталона и назовите основные признаки эталона.
6. Какие существуют типы эталонов?
7. Назовите метрологические свойства и характеристики средств измерения.
8. Дайте определения диапазону измерений и порогу чувствительности.
9. Что такое точность, сходимость и воспроизводимость измерений?

10. Чем определяется точность измерений?
11. Приведите классификацию погрешностей средств измерения.
12. Запишите формулу для определения суммарной абсолютной погрешности средств измерений.
13. Что такое аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности?
14. Что такое класс точности СИ?

## 1.4. Методы обработки результатов измерений

### 1.4.1. Многократные прямые равноточные и неравноточные измерения

Необходимость многократных измерений некоторой физической величины возникает при наличии в процессе измерений значительных случайных погрешностей. В этом случае задача состоит в том, чтобы по результатам измерений найти наилучшую оценку истинного значения и интервал, в котором находится истинная величина с заданной вероятностью. Решение задачи выполняется методом статической обработки результатов измерений. Методика обработки результатов измерений используется применительно к прямым измерениям с многократными независимыми и равноточными измерениями.

Последовательность обработки результатов измерений включает следующие этапы:

- исправление результатов наблюдений исключением (если это возможно) систематической погрешности;
- исключение промахов;
- вычисление среднего арифметического значения  $\bar{x}$  по формуле (1.6);
- вычисление выборочного среднеквадратического отклонения  $\sigma_{\bar{x}}$  от значения погрешности измерений по формуле (1.7);
- определение закона распределения случайной составляющей;
- определение при заданном значении доверительной вероятности  $P$  и числе измерений  $n$  коэффициента Стьюдента  $t_p$ ;
- нахождение границ доверительного интервала для случайной погрешности  $\Delta = \pm t_p \sigma_{\bar{x}}$ ;
- если величина  $\Delta$  сравнима с абсолютным значением погрешности

средства измерения, то величина  $\Delta_{СИ}$  считается неисключенной систематической составляющей;

- окончательный результат представляется в виде  $\bar{x} = x \pm \Delta_{\Sigma}$  при вероятности  $P$ .

При планировании измерительных операций и обработке их результатов зачастую приходится пользоваться неравноточными измерениями (т.е. измерениями одной и той же физической величины, выполненными с различной точностью, разными приборами, в различных условиях, различными исследователями и т. д.). Вероятность  $\alpha$  того, что  $x_0$  лежит в пределах равноточных измерений ( $\bar{x}_0 \pm \Delta \bar{x}_0$ ), определяется вышеприведенным методом для равноточных измерений. Точность измерений тем выше, чем меньше систематическая составляющая их погрешности.

#### 1.4.2. Однократные измерения

Прямые статистические измерения в большей степени относятся к лабораторным (исследовательским) измерениям, например, при разработке и аттестации методики, когда погрешность измерений выявляется в процессе проведения и обработки экспериментальных данных.

Для производственных процессов более характерны однократные прямые или косвенные измерения. Здесь процедура измерений регламентируется заранее с тем, чтобы при известной точности средства измерения и условиях измерения погрешность не превышала определенное значение. Поскольку измерения выполняются без повторных наблюдений, то нельзя отделить случайную составляющую от систематической. Поэтому для оценки погрешности дают лишь ее границы с учетом возможных влияющих величин. На практике дополнительные погрешности, как правило, не учитываются, так как измерения осуществляют в основном в нормальных условиях, а субъективные погрешности также весьма малы.

Результатом прямого однократного измерения физической величины является показание, снятое непосредственно с используемого измерительного прибора.

Однократные измерения достаточны, если неисключенная



систематическая погрешность (например, класс точности средства измерения) заведомо больше случайной. Тогда результат измерения записывают в виде

$$x = x_{\text{ср.изм}} \pm \Delta_{\Sigma} \text{ при вероятности } P = 0,95,$$

где  $x_{\text{ср.изм.}}$  – результат, зафиксированный средством измерения;  
 $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{ср.изм}}^2 + \Delta_{\text{мет}}^2}$  – суммарная погрешность измерения, определяемая классом точности средства измерения  $\Delta_{\text{ср.изм}}$  и методической погрешностью  $\Delta_{\text{мет}}$ .

Практически при однократных измерениях, чтобы избежать промахов, делают 2-3 измерения и за результат принимают среднее значение. Предельная погрешность однократных измерений в основном определяется классом точности. При этом, как правило, систематическая составляющая не превосходит  $\Delta_c \leq 0,3\Delta_{\text{ср.изм.}}$ , а случайная  $\overset{o}{\Delta} \leq 0,4\Delta_{\text{ср.изм.}}$ , поэтому, учитывая, что  $\Delta_{\text{изм}} = \pm(\Delta_c + \overset{o}{\Delta})$ , погрешность результата однократного измерения можно принять равной  $\Delta_{\text{изм}} = 0,7\Delta_{\text{ср.изм.}}$ .

### 1.4.3. Косвенные измерения

Косвенные измерения предполагают наличие функциональной связи:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Очевидно, погрешность в оценке  $Y$  зависит от погрешностей при измерениях аргументов. Для повышения точности косвенных измерений, прежде всего нужно стремиться снизить наибольшие погрешности отдельных аргументов.

Методы строгого анализа погрешности косвенных измерений отличаются значительной сложностью, поэтому используется упрощенный порядок расчета погрешностей.

Для технических измерений существует подход, основанный на методе математического программирования, сводящий аналитическую задачу к вычислительной. При этом в информации о законе распределения аргумента нет необходимости. В качестве оценки  $\bar{Y}$  принимается полусумма максимального и минимального значений функции  $Y$ , а оценки абсолютной погрешности – полуразность этих значений:

$$\bar{Y} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}; \Delta \bar{Y} = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{2}. \quad (1.27)$$

Тогда относительная погрешность

$$\delta_{\bar{Y}} = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max} + Y_{\min}} 100\%. \quad (1.28)$$

Одновременные измерения двух или нескольких величин называются *совместными*, если уравнения измерения для этих величин образуют систему линейных независимых уравнений. Например, для двух измеряемых величин  $x$  и  $y$ :

$$f_1(x, y; \alpha_1, \beta_1; \dots; a_1, b_1; \dots) = 0;$$

$$f_2(x, y; \alpha_2, \beta_2; \dots; a_2, b_2; \dots) = 0.$$

где  $\alpha_1, \beta_1; \dots; \alpha_2, \beta_2; \dots$  – результаты прямых или косвенных измерений;  $a_1, b_1; \dots; a_2, b_2; \dots$  – физические константы.

Если число уравнений превышает число неизвестных, то полученную систему решают методом наименьших квадратов и находят оценки  $x$  и  $y$  и их среднеквадратическое отклонение. Доверительные интервалы для истинных значений  $x$  и  $y$  строят на основе распределения Стьюдента. При нормальном распределении погрешностей метод наименьших квадратов приводит к наиболее вероятным оценкам.

*Совокупные* измерения отличаются от совместных только тем, что при совокупных измерениях одновременно измеряют несколько одноименных величин, а при совместных – разноименных. Математический аппарат у этих видов измерений один. Учитывая характер измеряемых величин, совместные измерения можно рассматривать как обобщение косвенных измерений, а совокупные – как обобщение прямых.

#### 1.4.4. Контрольные вопросы

1. Какие измерения называются прямыми?
2. Какие измерения называются косвенными?
3. Назовите этапы обработки результатов многократных прямых равноточных измерений.
4. В чем сущность неравноточных измерений?
5. Когда применяются однократные измерения?
6. Как определяют результат при однократных измерениях?
7. Какие измерения называются косвенными?
8. Какую функциональную связь предполагают косвенные измерения?

## 1.5. Стандартизация

### 1.5.1. Основные цели, принципы и функции стандартизации

*Стандартизация* – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач (*Руководство ИСО/МЭК 2:2004*).

26 июня 2014 года на заседании Правительства Российской Федерации рассмотрен проект Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» и принято решение о внесении законопроекта в Государственную Думу.

Согласно проекту Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» *целями стандартизации являются:*

- 1) содействие научно-техническому прогрессу, модернизации экономики Российской Федерации и ее устойчивому развитию;
- 2) содействие интеграции Российской Федерации в мировую экономику и международные системы стандартизации в качестве равноправного партнера;
- 3) снижение технических барьеров в торговле;
- 4) содействие улучшению качества жизни населения страны;
- 5) установление требований к продукции, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда;
- 6) обеспечение необходимого уровня обороноспособности, мобилизационной готовности и безопасности государства;
- 7) оптимизация и унификация номенклатуры продукции, обеспечение ее совместимости и взаимозаменяемости, сокращение сроков ее создания, освоения в производстве, а также затрат на эксплуатацию и утилизацию;
- 8) обеспечение национальной безопасности Российской Федерации, в том числе общественной, экономической, экологической, промышленной, транспортной, продовольственной, информационной, а также безопасности при использовании атомной энергии;
- 9) повышение конкурентоспособности отечественной продукции (работ, услуг);
- 10) обеспечение безопасности жизни, здоровья и имущества людей, животных, растений, охраны окружающей среды, а также содействие

развитию систем жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях;

11) предупреждение действий, вводящих потребителя в заблуждение;

12) содействие развитию субъектов малого и среднего предпринимательства;

13) обеспечение исполнения договорных обязательств сторон по поставке товаров, выполнению работ и оказанию услуг, в том числе при осуществлении закупок для государственных (муниципальных) нужд путем использования стандартных показателей, требований, условных обозначений и терминологии, касающихся технических и качественных характеристик объекта закупки, установленных национальными стандартами;

14) обеспечение единства измерений и сопоставимости их результатов;

15) рациональное использование ресурсов, в том числе повышение энергоэффективности и снижение энергопотребления;

16) обеспечение соответствия национальной системы стандартизации положениям Соглашения по техническим барьерам в торговле Всемирной торговой организации и нормативным правовым актам Таможенного союза и Единого экономического пространства в сфере технического регулирования;

17) содействие экономической интеграции государств – членов Таможенного союза, Евразийского экономического сообщества, Содружества Независимых Государств;

18) содействие трансферу технологий и наилучших лабораторных практик;

19) активизация работы в международных и региональных организациях по стандартизации;

20) расширение применения информационных технологий в сфере стандартизации;

21) координация разработки международных, региональных и национальных стандартов с участием российских специалистов и технических комитетов по стандартизации.

*Принципы стандартизации.* Стандартизация как наука и как вид деятельности базируется на определенных исходных положениях – принципах. Принципы стандартизации отражают основные закономерности процесса разработки стандартов, обосновывают ее необходимость в управлении народным хозяйством, определяют условия эффективной реализации и тенденции развития.

Стандартизация в Российской Федерации основывается на принципах:

1) добровольности применения национальных стандартов, если иное не установлено законодательством Российской Федерации;

2) обязательности применения и исполнения документов по стандартизации в отношении продукции (работ, услуг);

3) недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, оказанию услуг и выполнению работ в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей, указанных выше;

4) открытости процессов разработки документов национальной системы стандартизации и соблюдения прав интеллектуальной собственности;

5) обеспечения права участия всех заинтересованных сторон в разработке документов по стандартизации;

6) достижения при разработке и утверждении национальных стандартов согласия заинтересованных сторон;

7) соответствия документов по стандартизации законодательству Российской Федерации;

8) унификации процессов разработки, хранения стандартов, внесения в них изменений, а также обеспечения доступа к документам национальной системы стандартизации;

9) обеспечения системности и комплексности стандартизации, в том числе обеспечивающей необходимый уровень обороноспособности, мобилизационной готовности и безопасности государства;

10) обеспечения преемственности деятельности по стандартизации;

11) обоснованности разработки документов по стандартизации;

12) обеспечения соответствия требований (правил, общих принципов, характеристик), включаемых в документы национальной системы стандартизации, современному уровню научно-технического развития техники и технологий, передовому отечественному и зарубежному опыту;

13) гармонизации документов по стандартизации с международными и региональными стандартами;

14) применения в установленном порядке на территории Российской Федерации международных стандартов и региональных стандартов, региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств;

15) непротиворечивости национальных стандартов друг другу;

16) установления в документах по стандартизации требований, обеспечивающих возможность контроля их выполнения;

17) доступности информации о документах по стандартизации с учетом ограничений, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации в области защиты сведений, составляющих государственную тайну или относимых к охраняемой в соответствии с законодательством Российской Федерации иной информации ограниченного доступа.

### **1.5.2. Документы по стандартизации**

К документам по стандартизации в соответствии с Федеральным законом относятся:

- 1) документы национальной системы стандартизации;
- 2) стандарты организаций;
- 3) технические условия;
- 4) своды правил;
- 5) документы по стандартизации, которые устанавливают обязательные требования в отношении оборонной продукции (работ, услуг).

*Национальные основополагающие стандарты и правила стандартизации* разрабатываются и принимаются национальным органом Российской Федерации по стандартизации и являются обязательными для применения при разработке документов национальной системы стандартизации.

Принятие национальных основополагающих стандартов и правил стандартизации осуществляется при условии их публичного обсуждения и обеспечения процедур консенсуса.

*Стандарты организаций*, в том числе стандарты общественных и научных организаций, саморегулируемых организаций, объединений юридических лиц, разрабатываются и утверждаются такими организациями самостоятельно исходя из необходимости их применения для обеспечения целей, установленных настоящим Федеральным законом.

Стандарты организаций разрабатываются также:

- 1) для совершенствования процессов производства и обеспечения показателей качества продукции, процессов менеджмента, оказания услуг, выполнения работ;

2) для совершенствования системы измерений (включая методы, методики исследований и измерений) для оценки (подтверждения) соответствия выпускаемой в обращение продукции;

3) для распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний, измерений) и разработок.

*Технические условия* разрабатываются по решению изготовителя продукции (исполнителя работы, услуги) или требованию заказчика (потребителя) продукции (работы, услуги).

Технические условия разрабатываются на конкретную продукцию, выполняемую работу или оказываемую услугу. Требования, установленные в технических условиях, не могут противоречить требованиям национальных стандартов, которые распространяются на такую продукцию (работы, услуги).

Порядок разработки, утверждения, учета, изменения и отмены стандартов организаций и технических условий устанавливается организациями самостоятельно с учетом принципов, изложенных выше.

Проект стандарта организации, а также проект технических условий перед их утверждением при необходимости представляется разработчиком в соответствующий технический комитет по стандартизации для проведения экспертизы, по результатам которой готовится соответствующее заключение. Оно направляется разработчику проекта стандарта организации или проекта технических условий.

### **1.5.3. Объекты стандартизации**

Объектами стандартизации являются конкретная продукция, нормы, правила, требования, методы, термины, обозначения и т. д., имеющие перспективу многократного применения в науке, технике, промышленном и сельскохозяйственном производстве, строительстве, на транспорте, в культуре, здравоохранении и международной торговле. Стандартизация может касаться либо объекта в целом, либо отдельных составляющих (характеристик).

Для более четкого понимания деятельности в области стандартизации следует разделить нормы и нормативные документы на две группы: повторяющиеся объекты нормотворчества и неповторяющиеся объекты нормотворчества.

Последние под действия стандартизации не попадают (годовой план

предприятия, приказ военачальника, указ президента и т. д.) Повторяющиеся объекты нормотворчества также подразделяются на две группы: традиционно относящиеся к стандартизации или тяготеющие к ней и традиционно не относящиеся к стандартизации, имеющие свои особые механизмы оптимизации и принятия решений, оформления нормативного документа (с особыми названиями) и его управления. Это очень большая группа норм и нормативных документов, намного превышающая возможное число действующих стандартов в государстве, многие из которых обладают большей силой, чем стандарты, и оказывают большее влияние на судьбы людей. Это государственные законы, юридические кодексы, военные уставы, планы и т. д.

На примере модели конкретного объекта рассмотрим механизм стандартизации (рис. 1.9). Можно выделить четыре этапа работ по стандартизации.

### 1. Отбор объектов стандартизации

Существует определенная совокупность объектов и действий с ними: А; Б; В; Г; Д; Ж; З; И; К...

Допустим, в учреждении используется определенный набор типов организационно-распорядительных документов – приказов, докладных записок и т. д. некоторые из них составляются систематически, другие – в разовом порядке: А; Б; В; Г; Б; Д; А; Ж; Б; З; А; Б; Б...

Объектом стандартизации становятся повторяющиеся объекты – Б и А, в нашем примере – отдельные типы документов.

### 2. Моделирование объекта стандартизации (например, объекта Б).

Нужно учесть, что процессу стандартизации подвергаются не сами объекты как материальные предметы, а информация о них, отражающая их существенные стороны (признаки, свойства), т.е. абстрактная модель реального объекта. Например, для организационно-распорядительного документа такими признаками являются: состав реквизитов [1) наименование организации, 2) наименование документа...]; оформление реквизитов [1) форма, 2) содержание, ..., n) месторасположение]; требования к документу [1) к учету, 2) к использованию, ..., n) к хранению].

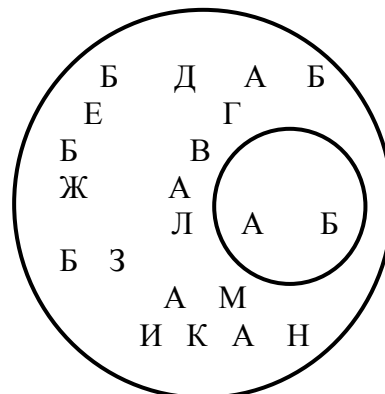
### 3. Оптимизация модели.

В разных организациях варианты исполнения объекта, т. е. документа Б, могут быть разными:  $B_1, B_2, B_3 \dots B_n$ . В частности, возможны разный состав реквизитов, различное их оформление, использование разных бланков и т.д. Задача – унифицировать документ, отобрав наилучший

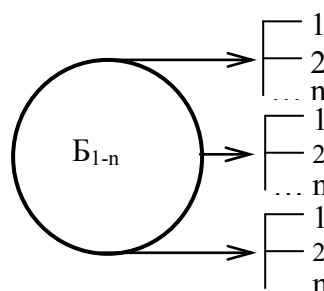


вариант состава реквизитов, необходимый уровень оформления, оптимальный формат бланка. Оптимальное решение достигается общенаучными методами и методами стандартизации (симплификация, типизация и пр.). В результате преобразования получается оптимальная модель стандартизируемого объекта.

1. Отбор объектов  
стандартизации



2. Моделирование объекта  
стандартизации



3. Оптимизация модели

4. Стандартизация

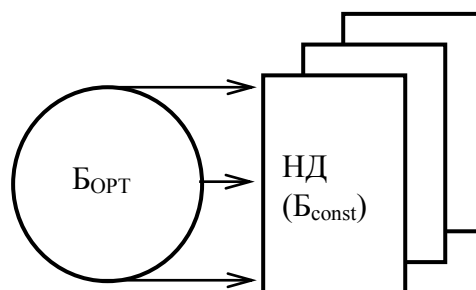


Рис. 1.9. Механизм стандартизации

#### 4. Стандартизации модели.

На заключительном этапе осуществляется собственно стандартизация: разработка нормативного документа на базе унифицированной модели.

Из рассмотренного механизма становится понятна сущность стандартизации, которая отражена в следующем стандартизированном определении. *Стандартизация* – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного

использования в отношении реально существующих или возможных задач.

Непосредственным результатом стандартизации является, прежде всего, нормативный документ. Применение нормативного документа является способом упорядочения в определенной области. Отсюда нормативный документ – средство стандартизации.

#### **1.5.4. Методы стандартизации**

Выше была дана характеристика стандартизации как вида деятельности. Но стандартизация – одновременно и комплекс методов, необходимых для установления оптимального решения повторяющихся задач и узаконивания его в качестве норм и правил.

Метод стандартизации – это прием или совокупность приемов, с помощью которых достигаются цели стандартизации.

Стандартизация базируется на общенаучных и специфических методах. Ниже рассматриваются широко применяемые в работах по стандартизации методы: 1) упорядочение объектов стандартизации; 2) параметрическая стандартизация; 3) унификация продукции; 4) агрегатирование; 5) комплексная стандартизация; 6) опережающая стандартизация.

***Упорядочение объектов стандартизации*** – универсальный метод в области стандартизации продукции, процессов и услуг. Упорядочение как управление многообразием связано, прежде всего, с сокращением многообразия. Результатом работ по упорядочению являются, например, ограничительные перечни комплектующих изделий для конечной готовой продукции; альбомы типов конструкций изделий; типовые формы технических, управленческих и прочих документов. Упорядочение, как универсальный метод, состоит из отдельных методов: систематизации, селекции, симплификации, типизации и оптимизации.

***Систематизация*** объектов стандартизации заключается в научно обоснованном последовательном классифицировании и ранжировании совокупности конкретных объектов стандартизации. Примером результата работы по систематизации продукции может служить Общероссийский классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции, который систематизирует всю товарную продукцию в виде различных классификационных группировок и конкретных наименований продукции.

***Селекция объектов стандартизации*** – деятельность, заключающаяся в отборе таких конкретных объектов, которые признаются

целесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве.

*Симплификация* – деятельность, заключающаяся в отборе таких конкретных объектов, которые признаются нецелесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве.

Процессы селекции и симплификации осуществляются параллельно. Им предшествуют классификация, ранжирование объектов и специальный анализ перспективности и сопоставления объектов с будущими потребностями.

*Типизация объектов стандартизации* – деятельность по созданию типовых (образцовых) объектов – конструкций, технологических правил, форм документации. В отличие от селекции, отобранные конкретные объекты подвергают каким-либо техническим преобразованиям, направленным на повышение их качества и универсальности.

*Оптимизация объектов стандартизации* заключается в нахождении оптимальных главных параметров (параметров назначения), а также значений всех других показателей качества и экономичности.

В отличие от работ по селекции и симплификации, базирующихся на несложных методах оценки и обоснования принимаемых решений, оптимизацию объектов стандартизации осуществляют путем применения специальных экономико-математических методов и моделей оптимизации. Целью оптимизации является достижение оптимальной степени упорядочения и максимально возможной эффективности по выбранному критерию.

Пример выбора оптимального значения одного из параметров стандартизируемых изделий иллюстрирует рис. 1.10.

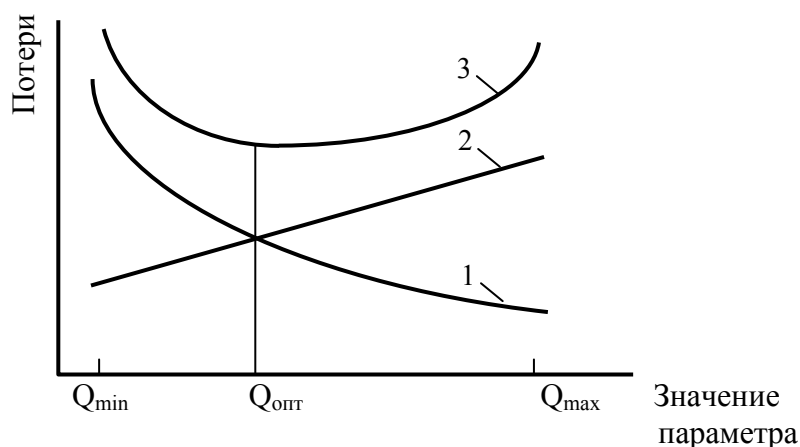


Рис. 1.10. Пример выбора оптимального значения одного из параметров стандартизируемых изделий: 1 – максимально возможное значение параметра; 2 – минимальный параметр; 3 – средние суммарные потери

Кривая 1 показывает зависимость функции потерь в случае, когда при стандартизации выбрано максимально возможное значение параметра; на кривой 2 – аналогичный случай, но в качестве стандартного выбран минимальный параметр; кривая 3 – средние суммарные потери. Оптимальное значение может быть выбрано при минимальном значении суммарной функции потерь.

**Параметрическая стандартизация.** Для уяснения сущности метода рассмотрим подробнее понятие параметра. *Параметр* продукции – это количественная характеристика ее свойств.

Наиболее важными параметрами являются характеристики, определяющие назначение продукции и условия ее использования:

- размерные параметры;
- весовые параметры;
- параметры, характеризующие производительность машин и приборов;
- энергетические параметры.

Продукция определенного назначения, принципа действия и конструкции, т.е. продукция определенного типа, характеризуется рядом параметров. Набор установленных значений параметров называется параметрическим рядом. Разновидностью параметрического ряда является размерный ряд.

Процесс стандартизации параметрических рядов – параметрическая стандартизация – заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численного значения параметров. Решается эта задача с помощью методов математической статистики.

Параметрические ряды приборов рекомендуется строить согласно системе предпочтительных чисел, изменяющихся в геометрической прогрессии. Смысл этой системы заключается в выборе лишь тех значений параметров, которые подчиняются строго определенной закономерности, а не любых значений, принимаемых в результате расчетов или в порядке волевого решения.

При выборе того или иного ряда учитывают интересы не только потребителей продукции, но и изготовителей. Частота параметрического ряда должна быть оптимальной: слишком «густой» ряд позволяет максимально удовлетворить нужды потребителей (предприятий, индивидуальных покупателей), но, с другой стороны, чрезмерно расширяется номенклатурный ряд продукции, распыляется ее производство, что приводит к большим производственным затратам.

Применение системы предпочтительных чисел позволяет не только унифицировать параметры продукции определенного типа, но и увязать по параметрам продукцию различных видов – детали, изделия, транспортные средства и технологическое оборудование.

**Унификация продукции.** Деятельность по рациональному сокращению числа типов изделий одинакового функционального назначения называется унификацией продукции. Она базируется на классификации и ранжировании, селекции и симплификации, типизации и оптимизации элементов готовой продукции. Основными направлениями унификации являются:

- разработка параметрических и типоразмерных рядов изделий, машин, оборудования, приборов, узлов и деталей;
- разработка типовых изделий в целях создания унифицированных групп однородной продукции;
- разработка унифицированных технологических процессов, включая технологические процессы для специализированных производств продукции межотраслевого применения;
- ограничение целесообразным минимумом номенклатуры разрешаемых к применению изделий и материалов.

В зависимости от методических принципов осуществления унификации она может быть:

- внутритиповой (внутривидовой) – унификация семейств одностипных изделий;
- межтиповой (межпроектной) – унификация деталей, узлов, агрегатов разнотипных изделий.

В зависимости от области проведения унификация изделий может быть:

- заводская, которая охватывает номенклатуру изделий, выпускаемых только одним предприятием или объединением;
- отраслевая (ведомственная) – унификация изделий или их элементов изготавливаемых одной отраслью промышленности (например, унификация телевизоров и т.п.);
- межотраслевая (межведомственная) – охватывает изделия, которые находят применение в разных отраслях промышленности (например, сборочные единицы и детали общемашиностроительные: муфты, редукторы, соединения трубопроводов и т. д.).

Основными количественными показателями уровня унификации изделий являются:

- коэффициент унификации  $K_y$ ;
- коэффициент применяемости  $K_{np}$ ;
- коэффициент повторяемости  $K_n$ ;
- коэффициент межпроектной (взаимной) унификации  $K_{му}$ .

Степень унификации характеризуется уровнем унификации продукции – насыщенностью продукции унифицированными, в том числе стандартизированными, деталями и сборочными единицами. Одним из показателей уровня унификации является коэффициент применяемости  $K_{np}$ , который вычисляют по формуле

$$K_{np} = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100\%, \quad (1.30)$$

где  $n$  – общее число деталей в изделии, шт.;  $n_0$  – число оригинальных деталей (разработанных впервые), шт.

Коэффициенты применяемости могут быть рассчитаны для одного изделия, для группы изделий, составляющих типоразмерный (параметрический) ряд; для конструктивно-унифицированного ряда.

**Агрегатирование.** Агрегатирование – это метод создания приборов и оборудования из отдельных стандартных унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости.

Агрегатирование очень широко применяется в машиностроение и радиоэлектронике. Оно позволяет специализировать изготовление агрегатов как самостоятельных изделий, работу которого можно проверить независимо от всего изделия.

Расчленение изделий на конструктивно законченные агрегаты явилось первой предпосылкой развития метода агрегатирования. Степень уменьшения числа элементарно-нового исполнения при агрегатировании оценивается коэффициентом агрегатирования:

$$K_a = 1 - \frac{J}{M}, \quad (1.31)$$

где  $J$  – число элементов в агрегатированном состоянии;  $M$  – общее число элементов в исполнении.

Выделение агрегатов выполняют на основе кинематического анализа машин и их составных частей с учетом применения их и в других машинах. При этом стремятся, чтобы из минимального числа типоразмеров автономных агрегатов можно было создать максимальное число компоновок оборудования.

Таким образом, агрегатирование – это создание объектов на базе универсальных структурных составляющих. Агрегатирование является дальнейшим развитием метода унификации.

Важнейшими признаками агрегатированного оборудования являются:

- функциональная законченность составных частей;
- конструктивная обратимость, т. е. возможность повторного использования составных частей;
- изменение функциональных свойств агрегатированного изделия при перестановке составных частей.

Большое распространение метод агрегатирования получил в станкостроении. Агрегатные станки при смене объекта производства можно легко разобрать и из тех же агрегатов собрать новые станки для обработки других деталей. Метод агрегатирования получил дальнейшее развитие в станколиниях и в гибких автоматизированных производствах.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что при частой сменяемости или модернизации изготавливаемых изделий агрегатирование является наиболее прогрессивным методом конструирования. Принцип унификации и агрегатирования является обязательным при разработке стандартов на все новое оборудование.

**Комплексная стандартизация.** При комплексной стандартизации осуществляются целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимоувязанных требований как к самому объекту комплексной стандартизации в целом, так и к его основным элементам в целях оптимального решения конкретной проблемы. Применительно к продукции – это установление и применение взаимосвязанных по своему уровню требований к качеству готовых изделий, необходимых для их изготовления материалов и комплектующих узлов, а также условий сохранения и потребления (эксплуатации).

Своеобразной формой комплексной стандартизации является комплексная сертификация.

Показатель степени комплексной стандартизации – интегральный коэффициент охвата изделий стандартизацией  $K_{инт}$ , получаемый перемножением частных коэффициентов, характеризующих уровень стандартизации сырья, полуфабрикатов, частей и деталей конструкций, комплектующих изделий, оснащения, методов испытаний, готовой продукции и др.:

$$K_{инт} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_i,$$

где  $K_1, \dots, K_i$  – частные коэффициенты стандартизации каждого элемента

конструкции, компонента, входящего в изделие.

Частный коэффициент  $K_i$  представляет собой отношение количества разработанных нормативно-технических документов на стандартизированные элементы конструкции  $K_{ct}$  к общему количеству нормативно-технических документов, необходимых для выпуска данной продукции  $K_{общ}$ , т. е.

$$K_i = \frac{K_{ct}}{K_{общ}} \cdot 100.$$

Частные коэффициенты стандартизации делятся на группы по их отношению к орудиям труда (оборудование, оснастка, инструмент и т. п.), к предметам труда (сырье, материалы, полуфабрикаты и т. п.).

При вынесении окончательного решения учитывается необходимость разработки и реализации программ комплексной стандартизации для нормативно-технического обеспечения ранее запланированных целевых комплексных программ.

**Опережающая стандартизация.** Метод опережающей стандартизации заключается в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм и требований к объектам стандартизации, которые согласно прогнозам будут оптимальными в последующее время.

Стандарты не могут только фиксировать достигнутый уровень развития науки и техники, так как из-за высоких темпов морального старения многих видов продукции они могут стать тормозом технического прогресса. Для того чтобы стандарты не тормозили технический прогресс, они должны устанавливать перспективные показатели качества с указанием сроков их обеспечения промышленным производством. Опережающие стандарты должны стандартизировать перспективные виды продукции, серийное производство которых еще не начато или находится в начальной стадии.

Процесс опережающей стандартизации должен быть непрерывным – после ввода в действие опережающего стандарта сразу же приступают к разработке нового стандарта, который должен заменить предыдущий.

Научно-техническую основу опережающей стандартизации составляют:

- достижения фундаментальных и прикладных научных исследований;
- научные идеи, открытия и изобретения;
- проектные решения;



- методы оптимизации параметров объектов стандартизации, ориентированные на высшие достижения;
- долгосрочное прогнозирование технического прогресса и рост потребностей экономики и общества.

### **1.5.5. Основные положения государственной системы стандартизации**

#### *Национальная система стандартизации*

Участники работ по стандартизации, документы национальной системы стандартизации, а также Федеральный информационный фонд стандартов образуют национальную систему стандартизации Российской Федерации.

Участниками работ по стандартизации являются:

- 1) федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере стандартизации;
- 2) национальный орган Российской Федерации по стандартизации;
- 3) федеральные органы исполнительной власти, Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» и иные государственные корпорации в соответствии с установленными полномочиями в сфере стандартизации;
- 4) технические и проектные технические комитеты по стандартизации;
- 5) общественный совет при национальном органе Российской Федерации по стандартизации, а также отраслевые и межотраслевые советы в сфере стандартизации;
- 6) юридические или физические лица, общественные объединения, осуществляющие разработку документов по стандартизации;
- 7) любые заинтересованные лица.

Национальная система стандартизации представляет собой взаимосвязанную совокупность организационно-функциональных элементов, документов в области стандартизации, определяющих, в том числе, правила и процедуры стандартизации для осуществления деятельности по установлению требований и характеристик в целях их добровольного многократного использования. Документы в области стандартизации направлены на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции, повышение конкурентоспособности

продукции (работ, услуг) и реализацию иных целей и задач стандартизации.

Стандартизация является одним из ключевых факторов, влияющих на модернизацию, технологическое и социально-экономическое развитие России, а также на повышение обороноспособности государства.

Национальная система стандартизации включает в себя комплекс общетехнических стандартов и стандартов по отраслям экономики, стандарты безопасности труда и охраны здоровья, стандарты безопасности при чрезвычайных ситуациях и другие подсистемы стандартизации, а также участников работ по стандартизации, в том числе по стандартизации оборонной продукции (работ, услуг), и документы по стандартизации такой продукции. Документы по стандартизации оборонной продукции (работ, услуг) увязаны с национальными стандартами за счет комплексности стандартизации, обеспечивающей проведение работ по стандартизации взаимосвязанных объектов. Деятельность по стандартизации оборонной продукции (работ, услуг) обеспечивается за счет взаимосогласованных процедур планирования, разработки, принятия, пересмотра и отмены документов по стандартизации оборонной продукции (работ, услуг), а также национальных стандартов и общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации, применяемых при разработке, производстве, эксплуатации и утилизации оборонной продукции (работ, услуг) и внесения в них изменений.

*Федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере стандартизации, разрабатывает и реализует единую государственную политику в сфере стандартизации.*

Основными функциями *национального органа Российской Федерации по стандартизации* являются:

- разработка и утверждение программы по стандартизации;
- организация работ по стандартизации в национальной системе стандартизации, по международной и региональной стандартизации;
- организация проведения научных исследований в области стандартизации;
- обеспечение размещения информации о продукции (работах, услугах), маркированной знаком национальной системы стандартизации;
- определение порядка и условий применения международных стандартов, межгосударственных стандартов, региональных стандартов,

а также стандартов иностранных государств в качестве национальных стандартов;

- создание Федерального информационного фонда стандартов и т. п.

*Федеральные органы исполнительной власти и иные государственные корпорации* определяют потребности и направления развития стандартизации в установленной сфере деятельности; организуют работы по стандартизации в соответствии с установленными полномочиями; участвуют в работе технических комитетов по стандартизации и проектных технических комитетов по стандартизации; осуществляют разработку и утверждение сводов правил в установленной сфере деятельности.

*Технические комитеты* по стандартизации в Российской Федерации создаются в целях организации проведения работ по стандартизации в соответствии с установленной компетенцией. Технический комитет по стандартизации обеспечивает соответствие разрабатываемых национальных стандартов и предварительных национальных стандартов интересам национальной экономики и уровню развития материально-технической базы.

*Отраслевые и межотраслевые советы в сфере стандартизации* формируются при общероссийских общественных организациях на условиях равного представительства из специалистов научных организаций, представителей профессиональных союзов, общественных объединений, организаций промышленности, образовательных организаций и технических комитетов по стандартизации.

### **1.5.6. Категории и виды стандартов**

Стандарт – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов проектирования, производства, хранения, утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

Категории и виды стандартов разрабатываются на основе и по результатам научно-исследовательских, опытно-конструкторских, технологических и проектных работ с учетом лучших отечественных и зарубежных достижений в соответствующих областях науки и техники, требований международных, региональных и прогрессивных

национальных стандартов других стран и предусматривают оптимальные решения для экономического и социального развития страны.

*Государственные стандарты* (ГОСТ Р) обязательны для всех предприятий, организаций и учреждений страны, независимо от форм собственности и подчинения, граждан, занимающихся индивидуально-трудовой деятельностью, министерств (ведомств), других организаций государственного управления Российской Федерации, а также органов местного управления в пределах сферы их деятельности. Государственные стандарты РФ устанавливают преимущественно на продукцию массового и крупносерийного производства, изделия, прошедшие государственную аттестацию, экспортные товары, а также на нормы, правила, требования, понятия, обозначения и другие объекты межотраслевого применения, которые необходимы для обеспечения оптимального качества продукции, единства и взаимосвязи различных отраслей науки, техники, производства и др.

В государственные стандарты Российской Федерации включают:

- обязательные требования к качеству продукции, работ и услуг, обеспечивающие безопасность для жизни, здоровья и имущества человека, охрану окружающей среды, обязательные требования техники безопасности и производственной санитарии;
- обязательные требования по совместимости и взаимозаменяемости продукции;
- обязательные методы контроля (измерения, испытания, анализа) требований к качеству продукции, работ и услуг;
- параметрические ряды и типовые конструкции изделий;
- основные потребительские (эксплуатационные) свойства продукции, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению и утилизации продукции;
- положения, обеспечивающие техническое единство при разработке, производстве, эксплуатации (применении) продукции и оказании услуг;
- правила оформления технической документации, допуски и посадки, общие правила обеспечения качества продукции, сохранения и рационального использования всех ресурсов, термины, определения и обозначения, метрологические и другие общетехнические правила и нормы.

Государственные стандарты РФ утверждаются Росстандартом (в советский период – ГОССТАНДАРТ, созданный 15 сентября 1925 года; в 2004-2010 годах – Ростехрегулирование; с июня 2010 года – Росстандарт).

Это федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии. С 2004 года находится в ведении Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.)

Перед утверждением стандарта проводится их проверка на соответствие требованиям законодательства, действующим государственным стандартам Российской Федерации, метрологическим правилам и нормам применяемой терминологии, правилам построения и изложения стандартов. При утверждении стандарта устанавливают дату его введения в действие с учетом мероприятий, необходимых для внедрения стандарта. Срок действия стандарта, как правило, не устанавливают. После утверждения ему присваивается индекс ГОСТ Р, номер стандарта и год утверждения или пересмотра.

*Например, ГОСТ Р 1.12-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения».*

Государственную регистрацию стандарта осуществляет в настоящее время Росстандарт в установленном порядке.

*Отраслевые стандарты (ОСТ)* разрабатывают в случаях, когда на объекты стандартизации отсутствуют государственные стандарты Российской Федерации или при необходимости установления требований, превышающих требования государственных стандартов Российской Федерации (требования отраслевых стандартов не должны противоречить обязательным требованиям государственных стандартов). Отраслевые стандарты используют все предприятия и организации данной отрасли (например, станкостроительной, автотракторной и т. д.), а также другие предприятия и организации (независимо от их ведомственной принадлежности и вида собственности), разрабатывающие, изготавливающие и применяющие изделия, которые относятся к номенклатуре, закрепленной за соответствующим министерством. Отраслевые стандарты устанавливают требования к продукции, не относящейся к объектам государственной стандартизации, технологической оснастке, инструменту, специфическим для отрасли, а также на нормы, правила, термины и обозначения, регламентация которых необходима для обеспечения взаимосвязи в производственно-технической деятельности предприятий и организаций отрасли и для достижения оптимального уровня качества продукции.

Отраслевые стандарты обязательны для предприятий и организаций данной отрасли, а также для предприятий и организаций других отраслей (заказчиков), применяющих или потребляющих продукцию этой отрасли.

Обозначение отраслевого стандарта в соответствии с ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, оформления и обозначения» содержит индекс ОСТ; условное обозначение министерства (ведомства), выпустившего стандарт; регистрационный номер, присваиваемый в порядке, установленном в министерстве (ведомстве); а также через короткое тире после регистрационного номера две (для ОСТ, принятых до 2000 года) или четыре (для ОСТ, принятых после 2000 года) последние цифры года принятия стандарта.

*Например:* ОСТ 37.001.417-90 «Фильтры тонкой очистки масла автомобильных, тракторных и комбайновых двигателей»

Технические условия (ТУ) разрабатывают предприятия, организации и другие субъекты хозяйственной деятельности, когда государственный или отраслевой стандарт создавать нецелесообразно или необходимо дополнить те требования, которые установлены в существующих ГОСТах или ОСТах.

Технические условия являются техническим документом, который разрабатывается по решению разработчика и/или изготовителя или по требованию заказчика (потребителя) продукции. Технические условия являются неотъемлемой частью комплекта технической документации на продукцию, а при отсутствии документации должны содержать полный комплекс требований к продукции, ее изготовлению, контролю и приемке.

Технические условия разрабатывают на одно конкретное изделие, материал, вещество или несколько конкретных изделий, материалов, веществ и т. п. Требования, установленные техническими условиями, не должны противоречить обязательным требованиям государственных или межгосударственных стандартов, распространяющихся на данную продукцию.

Технические условия применяют на территории Российской Федерации предприятия, независимо от форм собственности и подчинения, и граждане, занимающиеся индивидуально-трудовой деятельностью, в соответствии с договорными обязательствами и (или) лицензиями на право производства и реализации продукции или оказания услуг.

В технических условиях содержатся технические требования, определяющие показатели качества в соответствии с условиями и режимом эксплуатации продукции, в том числе требования, предусматривающие различные удобства для обслуживания и ремонта изделий, повышение их безопасности.

Технические условия утверждает предприятие-изготовитель (разработчик технических условий), как правило, без ограничения срока действия. Ограничение срока действия технического условия устанавливается по согласованию с предприятием-заказчиком (потребителем).

Обозначения техническим условиям присваивает предприятие-разработчик продукции в соответствии с принятым порядком обозначения технических условий.

Сведения о технических условиях публикуются в ежемесячных изданиях Госстандарта Российской Федерации.

*Стандарты предприятий* (СТП) разрабатывают и утверждают предприятия и объединения на создаваемые и применяемые только на данном предприятии продукцию, процессы и услуги. Действуют эти стандарты исключительно в пределах предприятия, которым были установлены эти стандарты. На товары органического пользования и разового производства подобные требования не распространяются. Стандарты организации не могут противоречить техническому регламенту, ГОСТам и стандартам международного уровня.

Процесс приема и отмены стандартов проводит непосредственно сама организация, так как несет ответственность за качество выпускаемой продукции. Срок действия стандарт не имеет.

Объектом стандартизации внутри предприятия (компании) может выступать:

- процесс управления и организации производством;
- процесс управления персоналом;
- технологическая оснастка и инструментарий;
- технологический процесс, а также общие технологические нормы с учетом обеспечения полной безопасности окружающей среды и граждан;
- метод и методика проектирования, проведения, измерений, испытаний или анализа;
- номенклатура материалов, сырья и комплектующих изделий, которые могут применяться в компании.

Разработка стандартов организации преследует цели:

- усовершенствование процесса производства;
- максимизация качества продукции и предоставляемых услуг;
- распространение и использование на практике знаний и результатов исследований.

В качестве стандарта предприятия допускается применение международных, региональных и национальных стандартов других стран на основе международных соглашений (договоров) о сотрудничестве или с разрешения соответствующих региональных организаций и национальных органов, если их требования удовлетворяют потребностям народного хозяйства и отсутствуют разработанные на их основе государственные и отраслевые стандарты.

*Стандарты общественных объединений, научно-технических и инженерных обществ (СТО)* разрабатывают и утверждают, как правило, на принципиально новые виды продукции, услуг или процессов, передовые методы контроля, измерений, испытаний и анализа, а также на нетрадиционные технологии и принципы управления производством. Общественные объединения, занимающиеся этими проблемами, преследуют цель распространять через свои стандарты перспективные результаты и мировые научно-технические, фундаментальные и прикладные исследования. Эти категории стандартов учитываются и применяются субъектами хозяйственной деятельности для динамического использования полученных в различных областях знаний результатов исследований и разработок, а также служат важным источником информации о передовых достижениях. По решению самого предприятия или организации они принимаются на добровольной основе для использования отдельных положений при разработке ОСТов и стандартов предприятия.

*Международный стандарт (ИСО)* разрабатывает и выпускает международная организация по стандартизации. Она создана в 1946 году 25-ю национальными организациями по стандартизации. Фактически ее работа началась с 1947 года. СССР был одним из основателей организации, постоянным членом руководящих органов, дважды представитель Госстандарта избирался председателем организации. Россия стала членом ИСО как правопреемник СССР. 23 сентября 2005 года Россия вошла в Совет ИСО.

При создании организации и выборе ее названия учитывалась необходимость того, чтобы аббревиатура наименования звучала одинаково на всех языках. Для этого было решено использовать греческое слово,



обозначающее равный, вот почему на всех языках мира Международная организация по стандартизации имеет краткое название «исо».

Сфера деятельности ИСО касается стандартизации во всех областях, кроме электротехники и электроники, относящихся к компетенции Международной электротехнической комиссии (МЭК). Некоторые виды работ выполняются совместными усилиями этих организаций. Кроме стандартизации ИСО занимается проблемами сертификации.

ИСО определяет свои задачи следующим образом: содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности в мире с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развития сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях.

Официальными языками являются: английский, французский и русский.

Наряду с категориями стандартов в России действуют несколько видов стандартов, которые отличаются спецификой объекта стандартизации:

- стандарты основополагающие;
- стандарты на продукцию, услуги;
- стандарты на процессы;
- стандарты на методы контроля, измерений, испытаний, анализа и др.

*Стандарты основополагающие* разрабатывают с целью содействия взаимопонимания, технического единства и взаимосвязи деятельности в различных областях науки, техники и производства. Этот вид стандартов устанавливает такие организационные принципы и положения, требования, правила и нормы, которые рассматриваются как общие для этих сфер и должны способствовать выполнению целей, общих как для науки, так и для производства. В целом они обеспечивают их взаимодействие при разработке, создании и эксплуатации продукта или услуг таким образом, чтобы выполнялись требования по охране окружающей среды, безопасности продукта или процесса для жизни, здоровья и имущества человека, а также ресурсосбережению и другим общетехническим нормам, предусмотренным государственными стандартами на продукцию.

Это говорит о том, что основополагающие стандарты должны быть в основном комплексными стандартами, объединяющими взаимосвязанные стандарты, если они имеют общую целевую направленность, устанавливают согласованные требования

к взаимосвязанным объектам стандартизации. Эти стандарты, по существу являясь объединением взаимосвязанных нормативных документов, носящих методический характер, содержат положения, направленные на то, чтобы стандарты, применяемые на разных уровнях управления, не противоречили друг другу и законодательству, обеспечивали достижение общей цели и выполнение обязательных требований к продукции, процессам, услугам. Примером основополагающих стандартов могут быть комплексные стандарты (ЕСКД, ЕСТД, ЕСДП, нормативные документы по организации Государственной системы стандартизации в России и др.).

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

Примером стандартов на продукцию, услуги могут быть: стандарты общих технических требований; стандарты параметров и (или) размеров; стандарты типов конструкции, размера, марки, сортамента; стандарты правил приемки и др.

Стандарты общих технических требований регламентируют общие для группы однородной продукции нормы и требования, обеспечивающие оптимальный уровень качества, который должен быть заложен при проектировании и задан при изготовлении конкретных видов продукции, входящих в данную группу.

В зависимости от вида и назначения продукции могут устанавливаться требования к ее физико-механическим свойствам (прочности, твердости, упругости, износоустойчивости и др.); надежности и долговечности; технической эстетике (окраске, удобству пользования, отделке и др.); исходным материалам, применяемому при изготовлении данной продукции сырью, полуфабрикатам и др.

*Стандарты на процессы* устанавливают требования к конкретным процессам, которые осуществляются на разных стадиях жизненного цикла продукции (проектирования, производства, потребления (эксплуатации), хранения, транспортирования, ремонта, утилизации).

Стандарты на процессы включают следующие нормативы: требования к методам автоматизированного проектирования продукции, модульного конструирования; схемы технологического процесса изготовления продукции; требования к технологическим режимам и влияющим на них факторам; правила потребления (эксплуатации); общие требования к хранению, транспортированию, ремонту и утилизации; требования безопасности для жизни и здоровья людей и т. д.

Особое место занимают экологические требования. При проведении технологических операций стандартизации подлежат предельно допустимые нормы различного рода воздействий технологий на природную среду. Эти воздействия могут носить химический (выброс вредных химикатов), физический (радиационное излучение), биологический (заражение микроорганизмами) и механический (разрушение) характер, опасный в экологическом отношении.

Экологические требования включают условия применения определенных материалов и сырья, потенциально вредных для окружающей среды.

*Стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа)* устанавливают порядок отбора проб (образцов) для испытаний, методы испытаний (контроля, анализа, измерения) потребительских (эксплуатационных) характеристик определенной группы продукции с целью обеспечения единства оценки показателей качества.

Стандарты на методы контроля рекомендуют применять методики контроля, испытаний, измерений, анализа, в наибольшей степени обеспечивающие объективность оценки обязательных требований к качеству продукции, которые содержатся в стандарте.

Необходимо пользоваться именно стандартизованными методами контроля, испытаний, измерений и анализа, так как они базируются на международном опыте и передовых достижениях. Каждый метод имеет свою специфику, связанную с конкретным объектом контроля, но в то же время можно выделить и общие положения, подлежащие стандартизации:

- средства контроля и вспомогательные устройства;
- порядок подготовки и проведения контроля;
- правила обработки и оформления результатов;
- допустимая погрешность метода.

Стандарт обычно рекомендует несколько методик контроля, испытания, анализа применительно к одному показателю качества продукции. Это нужно для того, чтобы одна из методик при необходимости была выбрана в качестве арбитражной. Кроме того, надо иметь в виду, что не всегда методики полностью взаимозаменяемы. Для таких случаев стандарт приводит либо четкую рекомендацию по условиям выбора того или иного метода, либо данные по их отличительным характеристикам.

Методы испытаний выбираются в зависимости от вида продукции для обеспечения надлежащего ее качества. В стандартах предусмотрены

различные виды испытаний: повседневные для контроля качества выпускаемой продукции; типовые, производимые предприятием-поставщиком при освоении производства новых изделий; периодические, проводимые для проверки соответствия выпускаемой продукции предъявляемым к ней требованиям.

### **1.5.7. Контрольные вопросы**

1. Назовите цели стандартизации.
2. Какие принципы стандартизации вы знаете?
3. Каковы функции стандартизации?
4. Какие объекты подлежат стандартизации?
5. Назовите основные этапы работ по стандартизации.
6. Назовите основные методы стандартизации.
7. Какие основные положения государственной системы стандартизации вы знаете?
8. Назовите основные службы стандартизации РФ.
9. Приведите классификацию существующих стандартов.
10. Какие стандарты являются основополагающими?

## **1.6. Основные цели, задачи и объекты сертификации**

### **1.6.1. Цель и роль сертификации**

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.

Сертификация направлена на достижение следующих целей:

- содействие потребителям в компетентном выборе продукции (услуги);
- защита потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);
- контроль безопасности продукции (услуги, работы) для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- подтверждение показателей качества продукции (услуги, работы), заявленных изготовителем (исполнителем);
- создание условий для деятельности организаций и предпринимателей на едином товарном рынке России, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле.

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

Объектами сертификации являются продукция, работы (услуги), системы менеджмента и персонал.

*Сертификация продукции* – процедура подтверждения качества, посредством которой независимая от изготовителя (продавца, исполнителя) и потребителя (покупателя) организация удостоверяет в письменной форме, что продукция соответствует установленным требованиям.

Правила сертификации продукции регламентируются Постановлением Госстандарта РФ от 21.09.1994 №15 «Об утверждении Порядка проведения сертификации продукции в Российской Федерации».

В качестве требований при сертификации продукции могут являться законодательные акты Российской Федерации и государственные стандарты (в том числе признанные в Российской Федерации

межгосударственные и международные стандарты), санитарные нормы и правила, строительные нормы и правила, нормы по безопасности, а также другие документы, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации устанавливают обязательные требования к продукции.

*Сертификация услуг (работ)* – это независимое подтверждение соответствия утвержденным требованиям с целью соблюдения «Закона о защите прав потребителей» поставщиком работ и услуг на территории Российской Федерации.

Правила сертификации услуг (работ) регламентируются Постановлением Госстандарта РФ от 05.08.1997 №17 «О принятии и введении в действие Правил сертификации».

В качестве требований при сертификации услуг (работ) могут являться:

- технические регламенты таможенного союза, технические регламенты ЕврАзЭС, технические регламенты РФ;
- законодательные акты Российской Федерации;
- правила выполнения отдельных видов работ и оказания отдельных видов услуг, утвержденные постановлениями Правительства Российской Федерации;
- государственные стандарты, санитарные правила и нормы, строительные нормы и правила и другие документы, которые в соответствии с законами Российской Федерации устанавливают обязательные требования к работам и услугам.

*Сертификация систем менеджмента* – это процедура подтверждения степени соответствия и результативности определенной системы менеджмента, требованиям стандарта на данную систему менеджмента.

Основные сертифицируемые системы менеджмента:

- Система менеджмента качества (сертифицируется на соответствие требованиям стандарта ГОСТ ISO 19011-2013);
- Система экологического менеджмента (сертифицируется на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-2011);
- Систем менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда (сертифицируется на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001-2007);
- Система менеджмента информационной безопасности (сертифицируется на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО /МЭК 27001-2013);

- Система менеджмента безопасности пищевой продукции (сертифицируется на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 22000-2011).

Сертификация может быть как обязательной, так и добровольной.

Обязательная сертификация осуществляется органами по сертификации, аккредитованным в порядке, установленном Правительством Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 19 июня 2012 г. №602).

Объектами добровольной сертификации могут быть продукция (в том числе подлежащая обязательной сертификации), работы (услуги), системы менеджмента, персонал. Прохождение добровольной сертификации продукции, подлежащей обязательной сертификации, не отменяет ее обязательную сертификацию.

Деятельность Российских систем сертификации в Российской Федерации регламентируется Федеральным законом от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании». Регистрация Российских систем добровольной сертификации возложена на Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Каждая система имеет свой отличительный знак соответствия системы и утвержденные формы сертификатов.

### **1.6.2. 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 отмечалось, 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.

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.);
- отбираемые характеристики должны полностью 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.

Порядок проведения сертификации устанавливает последовательность действий, составляющих совокупную процедуру сертификации.

*1. Подача заявки на сертификацию.* Заявитель направляет заявку в соответствующий орган по сертификации, а при его отсутствии – в Госстандарт РФ или другой орган Федерального управления. Орган по сертификации рассматривает заявку в установленном порядке сертификации однородной продукции срок и сообщает заявителю решение, которое в числе различных сведений, необходимых заявителю, указывает, какие органы и испытательные лаборатории может выбрать заявитель.

*2. Отбор, идентификация образцов и их испытания.* Образцы для испытаний отбирает, как правило, испытательная лаборатория или другая организация по ее поручению. Образцы, прошедшие испытания, хранятся в течение срока, предусмотренного правилами сертификации конкретной продукции. Протоколы испытаний представляются заявителю и в орган по сертификации, их хранение соответствует сроку действия сертификата.

Систематическую проверку степени соответствия заданным требованиям принято называть *оценкой соответствия*. Более частным понятием оценки соответствия считают *контроль*, который рассматривают как оценку соответствия путем измерения конкретных характеристик продукта.

Под *испытанием* понимается техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по установленным правилам.



Испытания для сертификации проводятся в испытательных лабораториях, аккредитованных на проведение тех испытаний, которые предусмотрены в нормативных документах, используемых при сертификации данной продукции.

При отсутствии испытательной лаборатории, аккредитованной на компетентность и независимость, или значительной ее удаленности, что усложняет транспортирование образцов, увеличивает стоимость испытаний и недопустимо удлиняет их сроки, допускается проводить испытания для целей сертификации в испытательных лабораториях, аккредитованных только на компетентность, под контролем представителей органа по сертификации конкретной продукции. Объективность таких испытаний наряду с испытательной лабораторией обеспечивает орган по сертификации, поручивший испытательной лаборатории их проведение. Протокол испытаний в этом случае подписывают уполномоченные специалисты испытательной лаборатории и органа по сертификации.

Протоколы испытаний представляются заявителю и в орган по сертификации. Копии протоколов испытаний подлежат хранению не менее срока действия сертификата. Конкретные сроки хранения копий протоколов (в том числе и для случая, когда заявителю не может быть выдан сертификат, ввиду несоответствия продукции установленным требованиям) устанавливаются в системе сертификации однородной продукции и в документах испытательной лаборатории.

Заявитель может представить в орган по сертификации протоколы испытаний с учетом сроков их действия, проведенных при разработке и постановке продукции на производство, или документы об испытаниях, выполненных испытательными лабораториями, аккредитованными или признанными в системе сертификации.

После проверки представленных документов, в том числе: соответствия содержащихся в них результатов действующим нормативным документам, сроков их выдачи, внесенных изменений в конструкцию (состав), материалы, технологию, – орган по сертификации может принять решение о выдаче сертификата соответствия или о сокращении объема испытаний, или проведении недостающих испытаний, что отражается в соответствующих документах.

*3. 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.

*4. 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.

Сертификат может иметь приложение, содержащее перечень конкретной продукции, на которую распространяется его действие, если требуется детализировать состав:

- группы однородной продукции, выпускаемой одним изготовителем и сертифицированной по одним и тем же требованиям;

- изделия (комплекса, комплекта) установленной комплектации составных частей и (или) запасных частей, применяемых для технического обслуживания и ремонта изделия(комплекса, комплекта), указанного в сертификате.

Процесс сертификации может длиться от 5 до 8 дней. На длительность данного процесса влияет вид сертифицируемой продукции.

Если заключение эксперта отрицательное, орган по сертификации выдает заявителю решение об отказе с указанием причин.

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. Срок действия сертификата на партию продукции или изделие не устанавливаются.

Для продукции, реализуемой изготовителем в течение срока действия сертификата на серийно выпускаемую продукцию (серийный выпуск), сертификат действителен при ее поставке, продаже в течение срока годности (службы), установленного в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации для предъявления требований по поводу недостатков продукции. В течение этих же сроков действителен и сертификат на партию продукции или изделие.

*5. Применение знака соответствия.* Изготовитель получает право маркировки сертифицированной продукции знаком соответствия, получив лицензию от органа сертификации. Обычно в каждой системе принят свой знак.

Продукция, на которую выдан сертификат, маркируется знаком соответствия, принятым в системе. Маркирование продукции знаком соответствия осуществляет изготовитель (продавец) на основании сертификата или декларации о соответствии, зарегистрированной в органе по сертификации.

Знак соответствия ставится на изделие и (или) тару, упаковку, сопроводительную техническую документацию.

Знак соответствия наносят на несъемную часть каждой единицы сертифицированной продукции, при нанесении на упаковку – на каждую упаковочную единицу этой продукции. Он может быть нанесен рядом с товарным знаком.

Знак соответствия наносят на тару или упаковку при невозможности нанесения знака соответствия непосредственно на продукцию (например, для газообразных, жидких и сыпучих материалов и веществ). При необходимости используют специальные технические средства, такие как ярлыки, ленты, выполненные как встроенная часть продукции (для канатов, кабелей и т. д.).

Правила нанесения знака соответствия на конкретную продукцию устанавливаются порядком сертификации однородной продукции.

Исполнение знака соответствия должно быть контрастным на фоне поверхности, на которую он нанесен.

Маркирование продукции знаком соответствия следует осуществлять способами, обеспечивающими четкое изображение этих знаков, их стойкость к внешним воздействующим факторам, а также долговечность в течение установленного срока службы или годности продукции.

*6. 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.

Внеплановые проверки назначаются органом по сертификации в случаях поступления информации о претензии к качеству продукции.

Инспекционный контроль, как правило, содержит следующие виды работ:

- анализ поступающей информации о сертифицированной продукции;
- создание комиссии для проведения контроля;
- проведение испытаний и анализ их результатов;
- оформление результатов контроля и принятие решений.

Результаты инспекционного контроля оформляются актом, который хранится в органе по сертификации.

По результатам инспекционного контроля орган по сертификации может приостановить или отменить действие сертификата в случае несоответствия продукции требованиям нормативных документов, контролируемых при сертификации, а также в случаях изменения нормативного документа на продукцию или метода испытаний; изменения конструкции (состава), комплектности продукции; изменения организации и (или) технологии производства; изменения (невыполнения) требований технологии, методов контроля и испытаний, системы обеспечения качества – если перечисленные изменения могут вызвать несоответствие продукции требованиям, контролируемым при сертификации.

*7. Корректирующие мероприятия* назначаются в случаях нарушения соответствия продукции установленным требованиям и правил применения знака соответствия.

При проведении корректирующих мероприятий орган по сертификации:

- приостанавливает действие сертификата;
- информирует заинтересованных участников сертификации;
- устанавливает срок выполнения корректирующих мероприятий;
- контролирует выполнение изготовителем (продавцом) корректирующих мероприятий.

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.

### **1.6.3. Участники сертификации**

На сегодняшний день сертификация охватывает более 75 % наименований производимой в стране продукции. Если учесть, что

номенклатура потенциально опасной продукции, т. е. подлежащей обязательной сертификации, по данным Росстандарта составляет около 90 %, то можно сказать, что дальнейшее расширение сертификационной деятельности – так же одна из актуальных задач.

Сертификация в России осуществляется на следующих принципах:

- обеспечение достоверности информации об объекте сертификации;
- объективность и независимость от изготовителя и потребителя;
- профессиональность испытаний;
- исключение дискриминации по отношению к иностранным заявителям;
- право заявителя выбирать орган по сертификации и испытательную лабораторию; ответственность участников сертификации;
- открытость информации о результатах сертификации или о прекращении срока (отмене) сертификата (знака) соответствия;
- многообразие методов испытаний с учетом особенностей объекта сертификации, его производства и потребления;
- использование в деятельности по сертификации рекомендаций и правил региональных организаций, положений международных стандартов и других международных документов;
- признание аккредитации зарубежных органов по сертификации и испытательных лабораторий, сертификатов и знаков соответствия в РФ на основе многосторонних и двусторонних соглашений, в которых участвует Россия;
- соблюдение конфиденциальности информации, составляющей коммерческую тайну;
- привлечение в необходимых случаях к работам по сертификации обществ потребителей.

На выполнение указанных выше целей и соблюдение принципов направлены правила и порядок сертификации, утвержденные Росстандартом.

Участниками сертификации являются организации, осуществляющие работы по подтверждению соответствия. Можно выделить пять уровней организаций:

1 уровень: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) – специально уполномоченный Федеральный орган исполнительной власти в области технического регулирования; иные федеральные органы исполнительной власти, уполномоченные проводить работы по сертификации.

- 2 уровень: Центральный орган по сертификации системы;
- 3 уровень: Органы по сертификации;
- 4 уровень: Аккредитованные испытательные лаборатории или центры;
- 5 уровень: изготовители (продавцы, исполнители);

В соответствии с соглашением федеральный орган может:

- проводить сертификацию вне системы ГОСТ Р по своим правилам с выдачей соответствующих сертификатов и знаков соответствия;
- входить в систему ГОСТ Р и осуществлять деятельность в полном соответствии с ее правилами.

Центральный орган системы сертификации:

- организует, координирует работу и устанавливает правила процедуры и управления в возглавляемой им системе сертификации;
- рассматривает апелляции заявителей по поводу действий органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров).

Орган по сертификации – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

Орган по сертификации выполняет следующие функции:

- привлекает на договорной основе для проведения исследований (испытаний) и измерений испытательные лаборатории (центры), аккредитованные в порядке, установленном Правительством Российской Федерации;
- осуществляет контроль за объектами сертификации, если такой контроль предусмотрен соответствующей схемой обязательной сертификации и договором;
- ведет реестр выданных им сертификатов соответствия;
- информирует соответствующие органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов о продукции, поступившей на сертификацию, но не прошедшей ее;
- приостанавливает или прекращает действие выданного им сертификата соответствия;
- обеспечивает предоставление заявителям информации о порядке проведения обязательной сертификации;
- устанавливает стоимость работ по сертификации на основе утвержденной Правительством Российской Федерации методики определения стоимости таких работ.

Эксперт (лицо, аттестованное на право проведения одного или нескольких видов работ в области сертификации) – главный участник

работ по сертификации. От его знаний, опыта, личных качеств, т. е. компетентности, зависят объективность и достоверность решения о возможности выдачи сертификата.

Исследования (испытания) и измерения продукции при осуществлении обязательной сертификации проводятся аккредитованными испытательными лабораториями (центрами).

Аккредитованные испытательные лаборатории (центры) проводят исследования (испытания) и измерения продукции в пределах своей области аккредитации на условиях договоров с органами по сертификации. Органы по сертификации не вправе предоставлять аккредитованным испытательным лабораториям (центрам) сведения о заявителе. Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) оформляет результаты исследований (испытаний) и измерений соответствующими протоколами, на основании которых орган по сертификации принимает решение о выдаче или об отказе в выдаче сертификата соответствия. Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) обязана обеспечить достоверность результатов исследований (испытаний) и измерений.

Заявитель вправе:

- выбирать форму и схему подтверждения соответствия, предусмотренные для определенных видов продукции соответствующим техническим регламентом;
- обращаться для осуществления обязательной сертификации в любой орган по сертификации, область аккредитации которого распространяется на продукцию, которую заявитель намеревается сертифицировать;
- обращаться в орган по аккредитации, с жалобами на неправомерные действия органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров) в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Заявитель обязан:

- обеспечивать соответствие продукции требованиям технических регламентов и других нормативных документов;
- выпускать в обращение продукцию, только после осуществления подтверждения соответствия;
- указывать в сопроводительной технической документации и при маркировке продукции сведения о сертификате соответствия или декларации о соответствии;
- предъявлять в органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов, а также

заинтересованным лицам документы, свидетельствующие о подтверждении соответствия продукции требованиям технических регламентов (декларацию о соответствии, сертификат соответствия или их копии);

- приостанавливать или прекращать реализацию продукции, если срок действия сертификата соответствия или декларации о соответствии истек либо действие сертификата соответствия или декларации приостановлено либо прекращено;

- извещать орган по сертификации об изменениях, вносимых в техническую документацию или технологические процессы производства сертифицированной продукции;

- приостанавливать производство продукции, которая прошла подтверждение соответствия и не соответствует требованиям технических регламентов, на основании решений органов государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

#### **1.6.4. Контрольные вопросы**

1. Что такое сертификация?
2. Назовите цели сертификации.
3. На каких принципах базируется сертификация?
4. Приведите правила сертификации.
5. Какой существует порядок сертификации продукции?
6. Назовите государственные органы сертификации.
7. Какие функции возложены на каждого из участников сертификации?
8. Как выбираются характеристики товара, подлежащего сертификации?
9. Приведите порядок проведения сертификации.
10. Какой срок действия имеет сертификат на продукцию?



## **1.7. Контроль качества**

### **1.7.1. Основные принципы управления качеством**

Все основные принципы управления качеством можно обобщить следующими положениями.

1. Работа, направленная на повышение качества, должна выступать обязательной составной частью стратегии предприятия. Процесс повышения качества осуществляется на основе конкретных программ. В частности, каждым предприятием могут быть разработаны свои критерии оценки эффективности работы в области качества, которые нашли бы выражение в следующих показателях: количество дефектов на один миллион поступающих деталей; количество дефектов на 100 готовых изделий (для потребителей); процент оборудования, установленного без дефектов.

2. В управлении качеством главное не контроль, а бездефектная работа. Высокое качество продукции, как показывает опыт, обеспечивается, главным образом, путем налаживания бездефектного производства, а не через контроль уже готовой продукции. Предполагается, что все возможные дефекты устраняются на промежуточных стадиях изготовления продукта, а не в готовом изделии. Использование такой системы позволяет ликвидировать возможные потери времени и материалов, резко сократить расходы на аппарат управления, обнаруживать дефекты в ходе производства и устранять их сразу же на месте, обеспечить работу всех подразделений при минимальных затратах.

3. Поставщики должны быть партнерами.

4. Необходимо создание системы информации о качестве продукции.

5. Необходимо создание системы управления по качеству.

Продукция, к которой государственными стандартами предъявляются требования по обеспечению безопасности жизни и здоровья людей и охране окружающей среды, подлежит обязательной сертификации.

### **1.7.2. Контроль качества продукции**

*Качество продукции* – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

*Контроль качества* – это процесс получения и обработки информации об объекте с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах. Процесс контроля заключается в установлении соответствия действительных значений физических величин установленным предельным значениям. Контроль должен ответить на вопрос: находится ли контролируемая физическая величина в поле допуска или выходит за его пределы?

Контроль параметров и характеристик объекта, связанный с нахождением действительных значений физических величин, называется *измерительным контролем*.

В тех случаях, когда нет необходимости определять числовые значения физических величин, а требуется установить только факт нахождения параметра в поле допуска или выхода из него, производится качественная оценка параметров объекта, т. е. осуществляется *качественный контроль*. Качественный контроль в отличие от измерительного контроля называют просто *контролем*.

Вся продукция подразделяется на четыре группы, принадлежность к каждой из которых определяет уровень качества:

- высший;
- конкурентоспособный;
- пониженный;
- низкий (неконкурентоспособный).

Продукция высшего качества превосходит по своим технико-экономическим показателям аналогичные товары-конкуренты. Как правило, это принципиально новая продукция.

Конкурентоспособная продукция в основном соответствует высокому уровню качества, но может иметь средний уровень качества среди аналогичных товаров на рынке. Конкурентоспособность такой продукции достигается за счет более эффективных маркетинговых мероприятий по рекламе, а стимулирование продаж будет зависеть от следующих факторов: ценообразования, гарантийного обслуживания, рекламы, выбора каналов сбыта и т. д.

Продукция с пониженным уровнем качества имеет худшие потребительские свойства, чем продукция большинства конкурентов. Для сохранения своих позиций на рынке производитель может прибегнуть к стратегии снижения цен.

Продукция с низким уровнем качества обычно неконкурентоспособна. Такая продукция либо не найдет покупателей, либо может быть реализована по очень низкой цене.

Поскольку качество выражает свойства продукции в определенной степени удовлетворять ту или иную потребность, то очевидно, что если эта потребность не удовлетворяется, ни о каком качестве говорить нельзя. Понятие качества применимо к продукции, пригодной для потребления, т.е. продукции, параметры которой соответствуют всем требованиям действующей нормативно-технической документации.

Продукцией, не пригодной к потреблению, считают ту, которая изготовлена с отступлениями от требований стандартов, технических условий и других требований.

### **1.7.3. Виды контроля**

Классификация видов контроля основана на различных признаках: время проведения и место контроля в технологическом цикле, управляющее воздействие контроля, объект контроля и др. Рассмотрим наиболее распространенные виды контроля.

Контроль может быть *разрушающий и неразрушающий*.

При *разрушающем контроле* для выполнения контрольных операций необходимо разрушить изделие и дальнейшее его использование становится не возможным. Примером разрушающего контроля, когда определение соответствия контролируемого параметра установленным предельным отклонениям сопровождается разрушением объекта, является проверка изделия на прочность.

При *неразрушающем контроле* соответствие контролируемого параметра установленным предельным отклонениям определяется по результатам полученной информации об объекте контроля. Взаимодействие органов средства контроля с объектом контроля не вызывает разрушения объекта и не изменяет его свойств. Примерами неразрушающего контроля являются: контроль размеров деталей, отклонений формы и расположения поверхностей, давления, температуры и др. Результаты контроля можно использовать для воздействия на ход производственного процесса.

В зависимости от характера воздействия контроль может быть *активным и пассивным*.

*Активный контроль* объекта осуществляется непосредственно в ходе технологического процесса формирования изделия, например обработки детали на станке. Текущие результаты активного контроля дают информацию о необходимости изменения режимов обработки или корректировке параметров технологического оборудования, например необходимость изменения положения между режущим инструментом и деталью.

Активный контроль может быть *ручным*, при котором режимами и остановкой станка в процессе изготовления изделия управляет оператор, наблюдающий за показаниями приборов, или *автоматическим*, когда управление станком осуществляется с помощью команд, выдаваемых установленным на станке или вне станка устройством. Применение активного контроля позволяет повысить производительность труда, улучшить качество изготовления, вести одновременное обслуживание нескольких единиц технологического оборудования, получать высокую точность изделий, использовать на этих работах операторов относительно невысокой квалификации. Перспективным является создание устройств активного контроля, работающих без настройки по образцовым объектам. В качестве образцовых могут быть как материальные объекты (например, образцовые детали), так и соответствующее программное обеспечение.

В отличие от активного *пассивный контроль* осуществляется после завершения отдельной технологической операции или всего технологического цикла изготовления объекта (детали или изделия). На стадиях жизненного цикла изделия, в том числе технологического процесса изготовления, производимый контроль имеет различное назначение и протяженность во времени.

Различают *входной, операционный и приемочный контроль, а также непрерывный, периодический и летучий контроль*.

*Входному контролю* подвергают сырье, исходные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, техническую документацию и т. д. Контроль производится по ряду параметров, среди которых: *визуальный и инструментальный контроль* геометрии продукции, соответствие отгрузочным документам, наличие дефектов и др. С входного контроля начинается формирование качества изделия при производстве на предприятии.

*Операционный контроль или межоперационный контроль* проводится на различных стадиях производственного процесса. Назначение и порядок

его проведения определяется технологической документацией – маршрутными и операционными картами.

*Приемочный контроль* состоит в проверке готовых изделий и наиболее ответственных узлов. Контролю подвергаются: взаимное расположение элементов изделия, качество выполненных соединений (сила и момент затяжки резьбовых соединений, качество пригонки стыкуемых поверхностей и др.), правильность постановки и наличие деталей в соединениях, масса узлов и изделия в целом, уравновешенность вращающихся частей изделия и т.д.

*Непрерывный и периодический контроль* состоит либо в непрерывной проверке соответствия контролируемых параметров нормам точности либо соответственно в периодической проверке через установленные интервалы времени.

В произвольные моменты времени могут проводить *летучий контроль*.

Контроль осуществляется сверху донизу, объекты *государственной, региональной и международной* значимости подвергаются государственному контролю (надзору). Это относится, например, к объектам, на которые распространяются требования технических регламентов, к государственному надзору за измерительной техникой, к надзору за применением законодательно установленной системы единиц физических величин и др.

Другой уровень – *инспекционный контроль*, он может быть *ведомственным, межведомственным, вневедомственным*.

Далее – *контроль на производстве, контроль отделом технического контроля (ОТК) предприятия, цеховой контроль мастером и личный контроль на рабочем месте*.

В зависимости от места проведения различают *подвижный и стационарный контроль*.

Большинство видов контроля проводится непосредственно на рабочих местах: у станка, на производственных участках, в цехах и т. п., такой контроль называют *подвижным*. Однако осуществить такой контроль не всегда возможно, т. к. возникает необходимость применения специальных средств контроля, требующих отдельно расположенных контрольных участков, стендов, лабораторий, а иногда отдельно стоящих сооружений, как например радиационный контроль, такой контроль называют *стационарным*.

#### 1.7.4. Выполнение измерений и контроля

Основным требованием при проведении контроля в процессе производства продукции является *обеспечение точности*. Точность измерения зависит от множества факторов, главными из которых являются: *предельные погрешности* применяемых средств измерения и контроля, *метрологические принципы* их конструктивного исполнения, *точность принятых методов* измерения, влияние внешних факторов.

Большое значение имеет разработка и принятие *методики измерения и контроля*. Под методикой выполнения измерений понимают совокупность методов, средств, процедур, условий подготовки и проведения измерений, а также *правил обработки* экспериментальных данных при выполнении конкретных измерений.

Измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками. Разработка методик выполнения измерений должна включать:

- анализ технических требований к точности объекта измерений;
- определение необходимых условий проведения измерений;
- выбор средств измерений;
- разработку средств дополнительного метрологического оснащения;
- испытание средств измерения и контроля;
- планирование процессов измерения и контроля;
- разработку и выбор алгоритма обработки результатов наблюдений;
- разработку правил оформления и представления результатов измерения.

Нормативно-техническими документами, регламентирующими методику выполнения измерений, являются:

- государственные стандарты и методические указания по методикам выполнения измерений. Стандарты разрабатываются в том случае, если применяемые средства измерений внесены в Государственный реестр средств измерений;

- отраслевые методики выполнения измерений, используемые в одной отрасли;

- стандарты предприятий на методики выполнения измерений, используемые на данном предприятии. В методиках выполнения измерений предусматриваются: нормы точности измерений; функциональные особенности измеряемой величины; необходимость автоматизация

измерений; применение программного обеспечения для обработки данных и др.

Методики выполнения измерений перед их вводом в действие должны быть *аттестованы или стандартизованы*.

Аттестацию методик выполнения измерений проводят государственные и ведомственные метрологические службы. При этом государственные метрологические службы проводят аттестацию методик особо точных, ответственных измерений.

Стандартизация методик применяется для измерений, широко используемых на предприятиях. Методики выполнения измерений периодически пересматриваются с целью их усовершенствования.

Объектами контроля являются: производимая продукция; техническая, товарная и сопроводительная документация; параметры технологического процесса; средства технологического оснащения; документация по прохождению рекламаций; правила соблюдения условий эксплуатации, а также технологическая дисциплина и квалификация исполнителей.

В зависимости от объема производства отличают *однократный и многократный контроль*.

По способу отбора изделий, подвергаемых контролю, отличают *сплошной и выборочный контроль*. Сплошной (сто процентный) контроль всех без исключения изготовленных изделий применяется при индивидуальном и мелкосерийном производстве.

При крупносерийном и массовом производстве применяются статистические методы контроля.

### **1.7.5. Выбор средств измерений и контроля**

Выбор средств измерения и контроля предусматривает решение вопросов, связанных с выбором организационно-технических форм контроля, целесообразностью контроля данных параметров и производительности этих средств.

Одну и ту же метрологическую задачу можно решить с помощью различных измерительных средств, имеющих разную стоимость и разные метрологические характеристики. Совокупность метрологических, эксплуатационных и экономических показателей должна рассматриваться во взаимной связи.

Метрологическими показателями, которые в первую очередь необходимо учитывать, являются:

- *предельная погрешность,*
- *цена деления шкалы,*
- *измерительное усилие,*
- *пределы измерения.*

Эксплуатационными и экономическими показателям являются: стоимость и надежность измерительных средств, продолжительность работы до ремонта, время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения, масса, габаритные размеры и др.

В большинстве случаев, чем выше требуемая точность средства измерения, тем оно массивнее и дороже, тем выше требования, предъявляемые к условиям его использования.

Отклонение параметров происходит, как правило, под действием большого числа случайных факторов, поэтому появление брака и причин, его определяющих, является случайным, и их анализ требует применения специальных статистических методов обработки информации, характеризующих протекание технологического процесса производства продукции.

Выделим следующие статистические методы контроля качества продукции.

1. Гистограмма. Метод гистограмм является эффективным инструментом обработки данных и предназначен для текущего контроля качества в процессе производства, изучения возможностей технологических процессов, анализа работы отдельных исполнителей и агрегатов. Гистограмма — это графический метод представления данных, сгруппированных по частоте попадания в определенный интервал.

2. Расслаивание. Этот метод, основанный только на достоверных данных, применяется для получения конкретной информации, выявления причинно-следственных связей.

3. Контрольные карты графически отражают динамику процесса, т. е. изменение показателей во времени. На карте отмечен диапазон неизбежного рассеивания, который лежит в пределах верхней и нижней границ. С помощью этого метода можно оперативно проследить начало дрейфа параметров по какому-либо показателю качества в ходе технологического процесса, для того чтобы проводить предупредительные меры и не допускать брака готовой продукции. Контрольные карты



применяются в тех случаях, когда нужно проконтролировать качество продукции или услуг в процессе производства.

В контрольные карты заносятся сведения о технологическом процессе. Вариантов записи очень много. Это зависит от вида продукции и целей производства. Цель заключается в том, чтобы обнаружить, когда процесс производства уходит из-под контроля, и сразу же принять необходимые меры по корректировке процесса.

#### **1.7.6. Контрольные вопросы**

1. Назовите принципы управления качеством.
2. Что такое контроль качества?
3. Какие уровни качества вы знаете?
4. Виды контроля.
5. Как разрабатываются методики выполнения измерений?
6. Статистические методы контроля качества.
7. Когда применяются контрольные карты?
8. Как выбираются средства измерения?

## **2. ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **2.1. Тесты**

#### **2.1.1. Тест к теме 1. Предмет метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества**

1. Метрология – это:
  - а) наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности;
  - б) основной достоверный способ доказательства соответствия продукции (процесса, услуги) заданным требованиям;
  - в) деятельность по официальной поверке и пломбированию приборов;
  - г) наука о многообразии средств измерения.
2. Началом развития стандартизации в нашей стране следует считать:
  - а) новый этап развития науки и техники;
  - б) разработку стандартов отраслей производства;
  - в) введение метрической системы мер и весов;
  - г) применение единой системы мер и строительных деталей стандартного размера.
3. Теоретическая метрология занимается:
  - а) вопросами практического применения результатов различных исследований;
  - б) государственным регулированием метрологической деятельности;
  - в) вопросами фундаментальных исследований, созданием системы единиц измерений, физических постоянных, разработкой новых методов измерения;
  - г) приведением средств измерений к единообразию.
4. К деятельности законодательной метрологии относятся:
  - а) обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений;
  - б) разработка новых методов измерения;
  - в) создание метрической системы мер;
  - г) фундаментальные исследования в области метрологии.
5. Предметом прикладной метрологии является:
  - а) вопросы практического применения разработок метрологии;

б) установление обязательных требований по применению единиц физических величин, методов и средств измерений;

в) узаконивание требований по применению эталонов, направленных на обеспечение требуемой точности измерений.

6. К задачам теоретической метрологии можно отнести:

а) рассмотрение вопросов, нуждающихся в регламентации и контроле со стороны государства;

б) создание и совершенствование системы воспроизведения, хранения и передачи размеров единиц;

в) разработка принципов, приемов и способов обработки результатов измерения;

г) упорядочение продукции, товаров и услуг в той или иной сфере деятельности.

7. Основным достоверным способом доказательства соответствия продукции заданным требованиям является:

а) сертификация;

б) практическая метрология;

в) метрическая система мер;

г) стандартизация.

8. Качеством называется:

а) процесс удовлетворения человеческих потребностей;

б) установленный способ осуществления деятельности;

в) совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые требования.

г) высокий уровень рассматриваемого объекта.

9. Положением о мерах и весах 1899 года было разработано:

а) Д.И. Менделеевым;

б) Петром I;

в) М.В. Ломоносовым;

г) А.Д. Альтшулем.

10. Что было подписано в 1875 г. представителями 17 государств (в том числе Россией)?

а) Метрическая конвенция;

б) Положение о мерах и весах;

в) Положение о создании Депо образцовых мер и весов;

г) Положение о создании метрологии.

### 2.1.2. Тест к теме 2. Основные термины и понятия метрологии

1. Измерение – это:

- а) совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины;
- б) определение качественного различия измеряемых величин;
- в) формализованное отражение качественного различия измеряемых величин;
- г) определение погрешности измеряемой величины.

2. Косвенные измерения – это такие измерения, при которых:

- а) искомое значение устанавливается по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой определенной зависимостью;
- б) искомое значение устанавливается непосредственным сравнением физической величины с ее мерой;
- в) осуществляется измерение нескольких неоднородных физических величин и определяется зависимость между ними;
- г) осуществляется измерение ряда косвенных величин, непосредственно влияющих на прямую величину.

3. Измерение, при котором используются прямое измерение одной (иногда нескольких) основной величины и физическая константа, называется:

- а) относительным;
- б) абсолютным;
- в) совокупным;
- г) прямым.

4. Основное уравнение измерения имеет вид:

- а)  $Q = X[Q]$ ;
- б)  $[Q] = XQ$ ;
- в)  $Q = [Q]$ ;
- г)  $Q = 2XQ$ ,

где  $Q$  – значение физической величины;  $X$  – числовое значение измеряемой величины в принятой единице;  $[Q]$  – выбранная для измерения единица.

5. Значение измеряемой величины в баллах можно получить при использовании:

- а) шкалы наименований;

- б) шкалы интервалов;
- в) шкалы порядка;
- г) шкалы отношений.

6. Тип шкал, основанный на приписывании качественным свойствам объектов чисел, играющих роль имен, называется:

- а) шкалой отношений;
- б) шкалой наименований;
- в) шкала порядка;
- г) абсолютной шкалой.

7. Примером шкалы интервалов может служить:

- а) шкала Цельсия;
- б) шкала идентификации цвета (атлас цветов);
- в) шкала Мооса для оценки твердости минералов;
- г) шкала летоисчисления.

8. Состояние измерений, при котором их результаты выражены в законенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы, это:

- а) единство измерений;
- б) достоверность измерений;
- в) точность измерений;
- г) определенность измерений.

9. Во сколько раз необходимо увеличить число измерений (согласно фундаментальному закону теории погрешностей), чтобы повысить точность результата в 5 раз:

- а) 25 раз;
- б) 5 раз;
- в) 125 раз;
- г) 10 раз.

10. Для оценки промахов измерений используют:

- а) критерий Романовского;
- б) критерий Рейнольдса;
- в) критерий Шовине;
- г) критерий погрешности.

### **2.1.3. Тест к теме 3. Нормирование метрологических характеристик средств измерения**

1. По конструктивному исполнению средства измерений подразделяются на:

- а) измерительные приборы;
- б) эталоны;
- в) образцы;
- г) меры.

2. Примером многозначной меры, воспроизводящей физическую величину разных размеров, может являться:

- а) гиря массой 1 кг;
- б) набор гирь;
- в) масштабная линейка;
- г) образец для определения твердости материала.

3. Измерительная установка – это:

а) совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких физических величин и расположенных в разных точках исследуемого пространства;

б) средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне;

в) средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера;

г) совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких физических величин и расположенных в одном месте.

4. К признакам эталона можно отнести:

- а) неизменность;
- б) порог чувствительности;
- в) сходимость;
- г) устойчивость.

5. Порог чувствительности средства измерений – это:

а) разность между истинным и измеренным значением физической величины;

б) наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала;

в) близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом, в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью;

г) минимально заметное изменение выходного сигнала.

6. Сличаемостью называется:

а) свойство эталона поддерживать неизменный размер воспроизводимой им единицы физической величины длительное время;

б) возможность воспроизведения эталоном единицы физической величины с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники;

в) характеристика качества измерений, выполненных с помощью эталона, отражающая близость друг к другу результатов повторных измерений одной и той же величины;

г) свойство эталона воспроизводить единицу величины с наибольшей точностью.

7. Поверку выполняют:

а) при стандартных условиях;

б) при нормальных условиях;

в) при рабочих условиях;

г) при любых условиях.

8. Абсолютная погрешность средства измерения  $\Delta$  может быть задана:

а) одним числом:  $\Delta = \pm a$ ;

б) в виде функции линейной зависимости:  $\Delta = \pm bx$ ;

в) в виде функции:  $\Delta = f(x)$ ;

г) в виде графика.

9. Качество измерений определяется:

а) сходимостью измерений;

б) воспроизводимостью измерений;

в) диапазоном измерений;

г) точностью измерений.

10. Сравнивать средство измерения, измеряющие разные физические величины, можно с помощью:

а) абсолютной погрешности;

б) относительной погрешности;

в) приведенной погрешности.

#### 2.1.4. Тест к теме 4. Методы обработки результатов измерений

1. Неравноточные измерения – это:
  - а) измерения одной и той же физической величины, выполненные с различной точностью, разными приборами, в различных условиях;
  - б) измерения разных физических величин, выполненные с различной точностью, разными приборами, в различных условиях;
  - в) измерения одной и той же физической величины, выполненные с одинаковой точностью, одинаковыми приборами, в сходных условиях;
  - г) измерения одной и той же физической величины, выполненные с одинаковой точностью, разными приборами, в различных условиях.
2. Для производственных процессов более характерны:
  - а) многократные прямые равноточные измерения;
  - б) многократные прямые неравноточные измерения;
  - в) однократные прямые измерения;
  - г) однократные косвенные измерения.
3. Чтобы избежать промахов при однократных измерениях:
  - а) выполняется одно измерение, которое принимается за истинный результат;
  - б) выполняются 2-3 измерения, и за результат принимается среднее значение;
  - в) выполняется большое множество измерений и за результат принимается среднее значение.
4. Наличие функциональной связи  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  характерно для:
  - а) многократных прямых равноточных измерений;
  - б) многократных прямых неравноточных измерений;
  - в) однократных прямых измерений;
  - г) однократных косвенных измерений.
5. В качестве оценки абсолютной погрешности косвенных измерений принимается:
  - а) полуразность максимального и минимального значений функции;
  - б) полусумма максимального и минимального значений функции;
  - в) разность максимального и минимального значений функции;
  - г) сумма максимального и минимального значений функции.
6. Одновременные измерения двух или нескольких разноименных величин называются ... (вставьте пропущенное слово).
7. При совокупных измерениях одновременно измеряют:
  - а) несколько одноименных величин;



- б) несколько разноименных величин;
  - в) одноименные и разноименные величины.
8. Многократные прямые равноточные измерения можно назвать:
- а) динамическими;
  - б) статистическими;
  - в) статическими.
9. Для повышения точности косвенных измерений нужно стремиться:
- а) повысить класс точности средства измерения;
  - б) уменьшить количество отдельных аргументов;
  - в) снизить погрешности отдельных аргументов;
  - г) понизить класс точности средства измерения.
10. При каких измерениях искомые величины находят методом наименьших квадратов?
- а) При многократных прямых равноточных измерениях;
  - б) однократных прямых измерениях;
  - в) совместных измерениях;
  - г) совокупных измерениях.

### **2.1.5. Тест к теме 5. Стандартизация**

1. Стандартизация направлена на достижение:
- а) безопасности продукции для окружающей среды, жизни и здоровья;
  - б) правильности измерений с помощью технического средства;
  - в) единства измерений;
  - г) качества применяемых средств измерений.
2. Динамичность стандартизации обеспечивается:
- а) периодической проверкой стандартов;
  - б) отменой устаревших нормативных документов;
  - в) совместимостью всех элементов системы стандартизации;
  - г) рассмотрением объекта стандартизации как части сложной системы.
3. Функция упорядочения стандартизации направлена:
- а) на преодоление многообразия объектов;
  - б) на ограничение расходования ресурсов;
  - в) на повышение качества продукции;
  - г) на узаконивание требований к объектам стандартизации.
4. Этапы работ по стандартизации:

- а) отбор объектов стандартизации;
- б) моделирование объектов стандартизации;
- в) стандартизация;
- г) заключение.

5. Деятельность, заключающаяся в отборе таких объектов, которые признаются целесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве:

- а) селекция;
- б) симплификация;
- в) систематизация;
- г) типизация.

6. Деятельность, заключающаяся в отборе таких объектов, которые признаются нецелесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве:

- а) селекция;
- б) симплификация;
- в) систематизация;
- г) типизация.

7. Параметрическая стандартизация:

а) заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численного значения параметров;

б) заключается в нахождении оптимальных главных параметров (параметров назначения), а также значений всех других показателей качества и экономичности;

в) заключается в создании типовых (образцовых) объектов – конструкций, технологических правил, форм документации;

г) заключается в научно обоснованном последовательном классифицировании и ранжировании совокупности конкретных объектов стандартизации.

8. Деятельность по рациональному сокращению числа типов изделий одинакового функционального назначения называется:

- а) упорядочением;
- б) унификацией;
- в) исключением;
- г) симплификацией.

9. Метод создания приборов и оборудования из отдельных стандартных унифицированных узлов на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости называется:

- а) агрегатированием;
- б) типизацией;
- в) упорядочением;
- г) унификацией.

10. Метод стандартизации, заключающийся в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм и требований к объектам стандартизации, называется:

- а) методом опережающей стандартизации;
- б) методом комплексной стандартизации;
- в) методом будущей стандартизации.

### **2.1.6. Тест к теме 6. Сертификация**

1. Сертификация – это:

- а) способ доказательства соответствия объекта заданным требованиям;
- б) способ установления номенклатуры, методов нормирования, оценки и контроля показателей точности результатов измерений и характеристик средств измерений;
- в) достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной области;
- г) деятельность, направленная на развитие международных экономических и торговых связей и содействующая взаимопониманию в международном метрологическом сотрудничестве.

2. Техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по установленным правилам, называется:

- а) экспериментом;
- б) калибровкой;
- в) испытанием;
- г) проверкой.

3. Основное требование к изготовителям при сертификации продукции:

- а) обеспечение соответствия реализуемой продукции требованиям нормативных документов, на соответствие которым она сертифицирована;
- б) формирование и обновление фонда нормативных документов, на соответствие которым в системе сертифицируется продукция;

в) определение порядка инспекционного контроля за соблюдением правил сертификации и за сертифицированной продукцией;

г) организация работы по формированию системы сертификации однородной продукции и руководство ею.

4. Характеристики товара, которые проверяются при сертификации, выбираются с учетом следующих критериев:

а) отбираемые характеристики должны позволить идентифицировать продукцию;

б) отбираемые характеристики должны полностью подтвердить нормы безопасности и экологичности, установленные в нормативных документах на эту продукцию;

в) отбираемые характеристики должны полностью подтвердить нормы по расчету стоимости, установленные в нормативных документах на эту продукцию;

г) отбираемые характеристики должны позволить провести сертификацию продукции.

5. Кто отбирает образцы для испытаний при проведении сертификации?

а) Изготовитель;

б) потребитель;

в) национальный орган по стандартизации;

г) испытательная лаборатория.

6. Срок действия сертификата соответствия;

а) не более трех месяцев;

б) не более трех лет;

в) не более пяти лет;

г) не более четырех лет.

7. Главный документ, на основании которого орган по сертификации принимает решение о выдаче сертификата соответствия, называется:

а) лицензией;

б) заключением эксперта;

в) методикой оценки;

г) протоколом оценки.

8. В случаях нарушения соответствия продукции установленным требованиям и правил применения знака соответствия:

а) проводятся периодические проверки;

б) проводятся внеплановые проверки;

в) назначаются корректирующие мероприятия;

- г) изготавливается новая продукция;
- 9. В случаях поступления информации о претензии к качеству продукции:
  - а) проводятся периодические проверки;
  - б) проводятся внеплановые проверки;
  - в) изготавливается новая продукция;
  - г) проводится повторная сертификация.
- 10. Этап заявки на сертификацию включает:
  - а) выбор органа по сертификации;
  - б) подачу заявки;
  - в) инспекционный контроль;
  - г) решение по сертификации.

### **2.1.7. Тест к теме 7. Контроль качества**

- 1. Что из перечисленного относится к принципам управления качеством?
  - а) Поставщики должны быть партнерами;
  - б) обязательная разработка сертификата на предприятии;
  - в) изготавливается новая инновационная продукция;
  - г) должна создаваться система информации о качестве продукции.
- 2. ...– это процесс получения и обработки информации об объекте с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах:
  - а) измерительный контроль;
  - б) инспекционный контроль;
  - в) контроль качества;
  - г) контроль конкурентоспособности продукции.
- 3. Классификация видов контроля основана на:
  - а) месте проведения контроля;
  - б) способе проведения контроля;
  - в) наименовании предприятия;
  - г) времени проведения контроля.
- 4. По характеру воздействия контроль делится на:
  - а) субъективный;
  - б) активный;
  - в) объективный;
  - г) пассивный.

5. В непрерывной проверке соответствия контролируемых параметров заключается:

- а) летучий контроль;
- б) периодический контроль;
- в) непрерывный контроль;
- г) своевременный контроль.

6. Инспекционный контроль может быть:

- а) летучим;
- б) ведомственным;
- в) цеховым;
- г) международным.

7. В проверке готовых изделий и наиболее ответственных узлов заключается цель:

- а) операционного контроля;
- б) поверочного контроля;
- в) приемочного контроля;
- г) входного контроля.

8. Формирование качества изделия при производстве на предприятии начинается с:

- а) операционного контроля;
- б) поверочного контроля;
- в) приемочного контроля;
- г) входного контроля.

9. При выборе средств измерения необходимо учитывать:

- а) цену деления шкалы;
- б) год выпуска;
- в) пределы измерения;
- г) срок эксплуатации.

10. Известны следующие методы контроля качества продукции:

- а) гистограмма;
- б) аппроксимация;
- в) поверка;
- г) расслаивание.

## 2.2. Задачи

### 2.2.1. Вычисление абсолютных, относительных и приведенных погрешностей средств измерения

*Цель занятия:* получить практические навыки решения задач на вычисление абсолютных, относительных, приведенных погрешностей и вариации показаний приборов.

*Пример решения задачи.*

**Задача 1.** Вольтметром со шкалой (0...100) В, имеющим абсолютную погрешность  $\Delta U = 1$  В, измерены значения напряжения 0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы.

**Решение.**

Для записи результатов формируем таблицу (табл. 2.1), в столбцы которой будем записывать измеренные значения  $U$ , абсолютные  $\Delta U$ , относительные  $\delta U$  и приведенные  $\gamma U$  погрешности.

В первый столбец записываем заданные в условии задачи измеренные значения напряжения: 0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В.

Значение абсолютной погрешности известно из условий задачи ( $\Delta U = 1$  В) и считается одинаковым для всех измеренных значений напряжения; это значение заносим во все ячейки второго столбца.

Значения относительной погрешности будем рассчитывать по формуле

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%.$$

При  $U = 0$  В  $\delta U \rightarrow \infty$ .

При  $U = 10$  В получаем  $\delta U = 10\%$ .

Значения относительной погрешности для остальных измеренных значений напряжения рассчитываются аналогично.

Полученные таким образом значения относительной погрешности заносим в третий столбец.

Для расчета значений приведенной погрешности будем использовать формулу

$$\gamma U = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100\%.$$

Предварительно определим нормирующее значение  $U_N$ . Так как диапазон измерений вольтметра – (0...100) В, то шкала вольтметра содержит нулевую отметку, следовательно, за нормирующее значение принимаем размах шкалы прибора, т. е.  $U_N = 100 \text{ В} - 0 \text{ В} = 100 \text{ В}$ .

Так как величины  $\Delta U$  и  $U_N$  постоянны при любых измеренных значениях напряжения, то величина приведенной погрешности так же постоянна и составляет  $\gamma U = 1\%$ . Это значение заносим во все ячейки четвертого столбца.

Таблица 2.1

Результаты расчета значений погрешностей

$U$	$\Delta U$	$\delta U$	$\gamma U$
0	1	$\infty$	1,00
10	1	10,00	1,00
20	1	5,00	1,00
40	1	2,50	1,00
50	1	2,00	1,00
60	1	1,67	1,00
80	1	1,25	1,00
100	1	1,00	1,00

#### *Задачи для самостоятельного решения*

**Задача 2.** Омметром со шкалой (0...1000) Ом измерены значения 0; 100+n (n – номер варианта); 200; 400+n; 500; 600+n; 800; 1000 Ом. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность равна 0,5. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

**Задача 3.** Амперметром со шкалой (0...50+n) А, имеющим относительную погрешность, равную 2%, измерены значения силы тока 0; 5; 10; 20; 25+n; 30; 40; 50; 50+n А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

**Задача 4.** Вольтметром со шкалой (0...50) В, имеющим приведенную погрешность 2 %, измерены значения напряжения 10; 20; 40; 50–n; 50 В. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений.

**Задача 5.** Кислородомером со шкалой (0...25) % измерены следующие значения концентрации кислорода: 0; 5; 10; 12,5; 15; 20; 25 %. Определить



значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность равна  $(2+0,05n) \%$ . Результаты представить в виде таблицы.

**Задача 6.** Расходомером со шкалой  $(0...150) \text{ м}^3/\text{ч}$ , имеющим относительную погрешность  $(2+0,2n) \%$ , измерены значения расхода  $0,6n$ ; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 110; 120; 150  $\text{м}^3/\text{ч}$ . Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде графиков.

**Задача 7.** Уровнемером со шкалой  $(5...10+0,1n) \text{ м}$ , имеющим приведенную погрешность  $1\%$ , измерены значения уровня 5; 6; 7; 8; 9; 10 м. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

**Задача 8.** Манометром со шкалой  $(0...0,25) \text{ МПа}$  измерены значения избыточного давления  $0,001n$ ; 0,02; 0,06; 0,08; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 МПа. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность манометра равна  $1,5\%$ . Результаты представить в виде таблицы и графиков.

**Задача 9.** По сигналам точного времени имеем 12 ч 00 мин, часы показывают  $(12 \text{ ч } 00+0,05n) \text{ мин}$ . Найти абсолютную и относительную погрешность.

**Задача 10.** Определить верхний предел измерения и основную приведенную погрешность датчика для измерения тяги газотурбинного двигателя  $P = (1,6 \pm 0,02n) \text{ кН}$ .

### **2.2.2. Вычисление погрешностей с учетом класса точности средств измерения**

*Цель занятия:* получить практические навыки решения задач на вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности приборов.

*Пример решения задачи.*

**Задача 1.** Амперметром класса точности 2.0 со шкалой  $(0...50) \text{ А}$  измерены значения тока 5; 10; 20; 25; 30; 40; 50 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной основных погрешностей от результата измерений.

### Решение.

Класс точности амперметра задан числом, следовательно, приведенная погрешность, выраженная в процентах, во всех точках шкалы не должна превышать по модулю класса точности, т.е.  $|\gamma I| \leq 2\%$ .

При решении задачи рассмотрим худший случай  $|\gamma I| = 2\%$ , когда приведенная погрешность принимает максимальное по абсолютной величине значение.

Рассчитаем значения абсолютной погрешности.

Из формулы  $\gamma I = \frac{\Delta I}{I_N} \cdot 100\%$  определяем значение абсолютной погрешности

$$\Delta I = \frac{\gamma I \cdot I_N}{100}.$$

За нормирующее значение  $I_N$  принимаем размах шкалы, т. к. шкала амперметра содержит нулевую отметку, т.е.  $I_N = |50 \text{ А} - 0 \text{ А}| = 50 \text{ А}$ .

Абсолютная погрешность равна

$$\Delta I = \frac{2 \cdot 50}{100} = 1 \text{ А во всех точках шкалы прибора.}$$

Значения относительной погрешности будем рассчитывать по формуле

$$\delta I = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\%.$$

$$\delta I = \frac{1}{50} \cdot 100\% = 2\% \text{ в конце шкалы, } \delta I = 20\% \text{ в начале шкалы.}$$

Значения относительной погрешности для остальных измеренных значений тока рассчитываются аналогично.

### Задачи для самостоятельного решения

**Задача 2.** Вольтметром класса точности 2 со шкалой  $(0 \dots 100 + 3n)$  В измерены значения напряжения 20; 40; 60; 80; 100;  $100 + n$ ;  $100 + 2n$ ;  $100 + 3n$  В. Рассчитать зависимости абсолютной и относительной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде графика зависимости погрешностей от результата измерений, учитывая, что погрешности могут быть как положительными, так и отрицательными.

**Задача 3.** Определить цену деления измерительных приборов:

1. Амперметра, имеющего на шкале делений 150, и предел измерений  $I_N = (3 + 0,5n)$  А.
2. Вольтметра, имеющего на шкале делений  $100 + n$ , и предел измерений  $U_N = 150$  В.
3. Ваттметра, имеющего  $30 + 2n$  делений шкалы, и пределы измерений по току  $I_N = 2,5$  А и напряжению  $U_N = 150$  В.

**Задача 4.** Цифровым омметром класса точности 1.0/0.5 со шкалой (0...1000) Ом измерены значения сопротивления 0; 100; 200; 400; 500; 600; 800;  $900 + n$ ; 1000 Ом. Рассчитать зависимости абсолютной и относительной основных погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы.

**Задача 5.** Микроамперметр на  $100 + 5n$  мкА имеет шкалу в 200 делений. Определите цену деления и возможную погрешность в делениях шкалы, если на шкале прибора имеется обозначение класса точности 1,0.

**Задача 6.** Поправка к показанию прибора в середине его шкалы  $C = + 1$  ед. Определите абсолютную погрешность и возможный класс точности прибора, если его шкала имеет  $50 + 2n$  делений = 100 ед.

**Задача 7.** Сопротивление магнитоэлектрического амперметра без шунта  $R_0 = 1$  Ом. Прибор имеет  $100 + 5n$  делений, цена деления 0,001 А/дел. Определите предел измерения прибора при подключении шунта с сопротивлением  $R = 52,6 \times 10^{-3}$  Ом и цену деления.

**Задача 8.** Определите абсолютную погрешность измерения постоянного тока амперметром, если он в цепи с образцовым сопротивлением 5 Ом показал ток 5 А, а при замене прибора образцовым амперметром для получения тех же показаний пришлось уменьшить напряжение на 1 В.

**Задача 9.** Для измерения тока  $I = 0,1 - 0,005n$  мА необходимо определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с конечным значением шкалы  $I_N = 0,5$  мА, чтобы относительная погрешность измерения тока не превышала 1%.

**Задача 10.** Для определения мощности в цепи постоянного тока были измерены напряжение сети  $U = 200 + n$  В вольтметром класса точности 1,0 с пределом измерений  $U_N = 300$  В, ток  $I = 25 + 0,2n$  А амперметром класса точности 1,0 с пределом измерений  $I_N = 30$  А. Определить мощность,

потребляемую приемником, а также относительную и абсолютные погрешности ее определения.

**Задача 11.** Необходимо измерить ток  $I = 4 + 0,01 \text{ А}$ . Имеются два амперметра: один класса точности 0,5 имеет верхний предел измерения  $I = 25 \text{ А}$ , другой класса точности 1,5 имеет верхний предел измерения  $I = 5 \text{ А}$ . Определите, у какого прибора меньше предел допускаемой основной относительной погрешности, а также, какой прибор лучше использовать для указанного тока.

**Задача 12.** Определите относительную погрешность измерения в начале шкалы (для  $30+n$  делений) для прибора класса 0,5, имеющего шкалу 100 делений. Насколько эта погрешность больше погрешности на последнем — сотом делении шкалы прибора?

### 2.2.3. Определение среднеквадратического отклонения и доверительного интервала

*Цель занятия:* получить практические навыки решения задач на вычисление математического ожидания и среднеквадратического отклонения.

**Задача 1.** Проведено пять независимых наблюдений одного и того же напряжения  $U_1 = 1944 \text{ В}$ ,  $U_2 = 1961 \text{ В}$ ,  $U_3 = 1951 \text{ В}$ ,  $U_4 = 1955 \text{ В}$ ,  $U_5 = 1967 \text{ В}$ . Найти результат измерения, его среднеквадратическое отклонение и доверительный интервал при вероятности  $P = 0,95$ . Систематической погрешностью можно пренебречь.

В задаче требуется найти результат измерения. Для этого можно воспользоваться формулой

$$U = U_{cp},$$

где  $U_{cp}$  – среднее арифметическое значение для пяти измерений.

$$U_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n} = 1955,6 \text{ В}.$$

Определим среднеквадратическое отклонение  $U$  от  $U_0$ :

$$\sigma_{\bar{U}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2}{n(n-1)}} = 3,97 \text{ мВ}.$$

Таблица 2.2

## Значения квантиля распределения Стьюдента

Число степеней свободы	Уровень					
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
1	6,314	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	2,920	4,303	6,965	9,925	22,33	31,60
3	2,353	3,182	4,541	5,841	10,21	12,92
4	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,869
6	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	1,734	2,101	2,552	2,878	3,610	3,922
19	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,767
24	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725

По таблице 2.2 находим значение критерия Стьюдента  $t_p$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$  (уровне 0,05) и  $n - 1 = 4$ . Значение  $t_p = 2,776$ .

Доверительные границы истинного значения напряжения с вероятностью  $P = 0,95$  рассчитываются по формуле

$$\bar{U} \pm t_p \cdot \sigma_{\bar{U}}.$$

$1955,6 - 2,776 \cdot 3,97 < U < 1955,6 + 2,776 \cdot 3,97$ ; или  
 $1944,6 \text{ В} < U < 1966,6 \text{ В}$  при  $P=0,95$ ; или  $1955,6 \pm 11,0 \text{ В}$  при  $P=0,95$ .

### *Задачи для самостоятельного решения*

**Задача 2.** При многократном изменении температуры  $t$  в производственном помещении получены значения в градусах Цельсия: 20,4; 20,2; 20,0; 20,5; 19,7; 20,3; 20,4; 20,1. Определить опытное среднеквадратическое отклонение.

**Задача 3.** Определить доверительный интервал и записать результат измерения напряжения  $37,186 \pm 0,02n \text{ В}$  при среднеквадратическом отклонении погрешности измерения  $0,249 \text{ В}$ , если проведено 5 измерений, а доверительная вероятность  $0,95$ .

**Задача 4.** При многократном измерении силы  $F$  получены значения в ньютонах (Н): 403; 408; 410; 405; 406; 398; 496; 404. Укажите доверительные границы истинного значения силы с вероятностью  $P = 0,95$  (0,9, 0,8).

**Задача 5.** При многократном измерении силы электрического тока получены значения в амперах (А):  $0,8 \pm 0,001n$ ; 0,85; 0,8; 0,79; 0,82;  $0,78 \pm 0,001n$ ; 0,79; 0,8; 0,84. Укажите доверительные границы истинного значения силы тока с вероятностью  $P = 0,95$ .

**Задача 6.** При многократном измерении температуры объекта получены значения в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ): 40,4; 41,0; 40,2;  $40,0 \pm 0,005n$ ; 43,5; 42,7; 40,3; 40,4;  $40,8^{\circ}\text{C}$ . Укажите доверительные границы истинного значения температуры с вероятностью  $P = 0,99$ .

**Задача 7.** При многократном измерении уровня жидкости  $L$  в технологическом резервуаре получены значения в метрах (м): 64; 64,25; 64,3; 64,4; 65; 64,5; 64,9; 63,7; 64,8. Укажите доверительные границы истинного значения уровня с вероятностью  $P = 0,99$ .

**Задача 8.** При многократном измерении диаметра детали  $d$  получены следующие значения в микрометрах (мкм): 9990,3; 9990; 9989,8; 9989,9; 9990,4; 9990; 9990,3; 9989,1; 9990,5; 9990,4; 9990. Укажите доверительные границы истинного значения диаметра с вероятностью  $P = 0,95$ .

**Задача 9.** Определить доверительный интервал и записать результат измерения мощности  $87,35 \pm 0,05n \text{ Вт}$  при среднеквадратическом отклонении  $0,164 \text{ Вт}$ , если число измерений равно 7, а доверительная вероятность  $0,95$ .

## 2.2.4. Обнаружение грубых погрешностей

*Цель занятия:* получить практические навыки обработки результатов измерений по обнаружению грубых погрешностей с использованием критериев  $3\sigma$ , Романовского или Шовене.

*Пример решения задачи.*

**Задача 1.** При диагностировании топливной системы автомобиля результаты пяти измерений расхода топлива составили: 22, 24, 26, 28, 30 л на 100 км. Последний результат вызывает сомнение. Проверить по критерию Романовского при уровне значимости 0,01, не является ли этот результат промахом.

**Решение.**

Найдем среднее арифметическое значение расхода топлива и его СКО без учета последнего результата, т. е. для четырех измерений. Они соответственно равны 25 и 2,6 л на 100 км.

Поскольку  $n < 20$ , то по критерию Романовского при уровне значимости 0,01 и  $n = 4$  табличный коэффициент (таблица 2.3)  $\beta_T = 1,73$ . Вычисленное значение для последнего, пятого измерения  $\beta = |(25-30)|/2,6 = 1,92 > 1,73$ .

Таблица 2.3

Значения критерия Романовского

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

Критерий Романовского свидетельствует о необходимости отбрасывания последнего результата измерения.

*Задачи для самостоятельного решения*

**Задача 2.** Есть значения, равные 0,376; 0,398; 0,371; 0,366; 0,372 и 0,379. Определить по критерию Шовене, содержит ли эта серия грубые ошибки (промахи)?

**Задача 3.** По критерию 3 сигма определить промах в ряду погрешностей: 8,07; 8,05; 8,10; 8,16; 8,18; 8,14; 8,06; 8,10; 8,22; 8,11; 8,15; 8,09; 8,14; 8,12; 8,13; 8,18; 8,20; 8,17; 8,06; 8,04; 8,11; 8,09; 8,14; 8,16; 8,50.

**Задача 4.** Результаты измерения выборки деталей, обработанных на шлифовальном станке, образуют следующий ряд отклонений от номинала (мкм):

24	32	50	38	27	26	34	30	33	28
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Проверить данные на наличие грубой погрешности, применив все возможные критерии. Сделать вывод о достоинствах и недостатках критериев. Объяснить, какой критерий является предпочтительным в данном случае.

**Задача 5.** Для приведенного ряда измерений провести проверку на наличие промахов, используя все возможные критерии:

25	25	23	22	25	25	23	24	26	24
23	26	25	25	23	25	28	25	23	24
25	23	23	25	24	24	25	24	23	24

Объяснить, какой критерий является предпочтительным в данном случае.

**Задача 6.** Штангенциркулем были проведены измерения длины металлического бруска. Было проведено 10 замеров и получены следующие значения (мм):

31,0	31,1	31,2	31,3	31,0	31,0	31,1	31,0	31,0	31,1
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Цена деления штангенциркуля 0,1 мм. Определить длину бруска с учетом абсолютной и относительной погрешности измерений.

**Задача 7.** Оценить результаты измерений (правильная или неправильная запись):  $17,0 \pm 0,2$ ;  $17 \pm 0,2$ ;  $17,00 \pm 0,2$ ;  $12,13 \pm 0,2$ ;  $12,13 \pm 0,17$ ;  $12,1 \pm 0,17$ ;  $46,402 \pm 0,15$ ;  $46,4 \pm 0,15$ ;  $46,40 \pm 0,15$ . Округлить: (до сотых)  $0,7439 \pm 0,0791$ ; (до десятых)  $2,7849 \pm 0,98$ ; (до десятков)  $789 \pm 32$ .

## 2.2.5. Нахождение погрешностей косвенных измерений

*Цель занятия:* получить практические навыки нахождения погрешностей косвенных измерений.

**Задача 1.** Необходимо определить мощность электрического тока на некотором сопротивлении. При этом с помощью прямых измерений получены значения напряжения и сопротивления:

$$U = (150 \pm 10) \text{ В}; \delta U = 7 \text{ \%};$$

$$R = (18 \pm 1) \text{ Ом}; \delta R = 6 \text{ \%}.$$

**Решение.**

Мощность электрического тока определяется по формуле:  $P = \frac{U^2}{R}$ .

Вычислим среднее значение мощности электрического тока:



$$P_{cp} = \frac{150^2}{18} = 1250 \text{ Вт} \approx 1,3 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Здесь при округлении учтено, что наименьшее число значащих цифр в результатах измерения равно двум. Это цифры, которыми определено сопротивление.

Теперь определим абсолютную погрешность этого косвенного измерения. Это можно сделать тремя способами.

**Первый способ** определения абсолютной погрешности косвенного измерения состоит в том, что сначала определяют значения частных производных. Затем вычисляются погрешности от каждого аргумента, и, наконец, определяется полная абсолютная погрешность, а затем и относительная погрешность. Применим эти рассуждения к нашему примеру.

1. Находим частные производные и вычисляем их значения при средних значениях аргументов

$$\frac{\partial P}{\partial U} = \frac{2 \cdot U}{R} = \frac{2 \cdot 150}{18} = 16,7 \text{ Вт/В}.$$

$$\frac{\partial P}{\partial R} = -\frac{U^2}{R^2} = -\frac{150^2}{18^2} = -69,4 \text{ Вт/Ом}.$$

2. Вычисляем составляющие погрешности от каждого аргумента:

$$\Delta P_U = \left| \frac{\partial P}{\partial U} \right| \cdot \Delta U = 16,7 \cdot 10 = 167 \text{ Вт}.$$

$$\Delta P_R = \left| \frac{\partial P}{\partial R} \right| \cdot \Delta R = 69,4 \cdot 1 = 69,4 \text{ Вт}.$$

3. Вычисляем полную абсолютную погрешность:

$$\Delta P = \sqrt{(\Delta P_U)^2 + (\Delta P_R)^2} = \sqrt{167^2 + 69,4^2} = 180,85 \text{ Вт} \approx 200 \text{ Вт} \\ = 0,2 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

4. Вычисляем относительную погрешность:

$$\delta P = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\% = \frac{0,2 \cdot 10^3}{1,3 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 15\%.$$

5. Запишем результат данного косвенного измерения:

$$P = (1,3 \pm 0,2) \cdot 10^3 \text{ Вт}; \quad \delta P = 15\%.$$

**Второй способ** определения абсолютной погрешности косвенного измерения состоит в том, что сначала определяют приращения измеряемой величины по ее аргументам, а затем вычисляется полная

абсолютная погрешность и относительная погрешность. Применим этот способ к нашему примеру.

1. Найдем приращения функции по ее аргументам:

$$\Delta P_U = |P(U + \Delta U, R) - P(U, R)| = \left| \frac{(150 + 10)^2}{18} - 1250 \right| = 172,2 \text{ Вт};$$

$$\Delta P_R = |P(U, R + \Delta R) - P(U, R)| = \left| \frac{150^2}{19} - 1250 \right| = 65,8 \text{ Вт}.$$

2. Вычислим полную абсолютную погрешность:

$$\Delta P = \sqrt{(\Delta P)_U^2 + (\Delta P)_R^2} = \sqrt{172,2^2 + 65,8^2} = 184,3 \text{ Вт} \approx 0,2 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

3. Вычисляем относительную погрешность:

$$\delta P = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\% = \frac{0,2 \cdot 10^3}{1,3 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 15\%.$$

4. Записываем результат измерения:

$$P = (1,3 \pm 0,2) \cdot 10^3 \text{ Вт}; \quad \delta P = 15\%.$$

**Третий способ** состоит в том, что сначала можно определить относительную погрешность:

$$\delta P = \frac{\Delta P}{P} \approx \Delta \ln P.$$

1. Прологарифмируем выражение для мощности:

$$\ln P = 2 \ln U - \ln R.$$

2. Найдем приращение логарифма мощности:

$$\Delta \ln P = \frac{2 \cdot \Delta U}{U} + \frac{\Delta R}{R}.$$

Здесь вместо знака «минус» ставим знак «плюс», чтобы определить максимальную абсолютную погрешность, которая определяется положительной величиной.

3. Вычисляем относительную погрешность:

$$\delta P = \frac{2 \cdot 10}{150} + \frac{1}{18} = 0,19.$$

4. Выразим относительную погрешность в процентах:  $\delta P = 19\%$ .

5. По относительной погрешности найдем абсолютную погрешность:

$$\Delta P = \delta P \cdot \langle P \rangle = 0,19 \cdot 1250 = 236 \text{ Вт} \approx 0,2 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

6. Записываем окончательный результат:

$$P = (1,3 \pm 0,2) \cdot 10^3 \text{ Вт} \quad \delta P = 19\%.$$

При вычислении абсолютной и относительной погрешности косвенных измерений можно пользоваться любым методом, но наиболее обоснованными являются первые два метода. Поэтому они для нас будут предпочтительными. Кроме того, третий метод используется только в случае если формула, определяющая величину, представляет собой дробь или произведение некоторых величин.

#### *Задачи для самостоятельного решения*

**Задача 2.** Измерение мощности  $P$  в активной нагрузке сопротивлением 20 Ом определяется с помощью вольтметра класса точности 1,0 с пределом измерения  $U_r=220$  В. Оценить измеренную мощность и погрешность, если прибор показал  $U_n=100+3n$  В.

**Задача 3.** Требуется рассчитать энергию, потребленную нагрузкой, и среднюю квадратическую погрешность ее определения. Энергия определена косвенным методом по показаниям: амперметра  $I = (20 \pm 0,25)$  А; омметра  $R = (15 \pm 0,01)$  Ом; секундомера  $t = (3600 \pm 0,5)$  с. Известно, что энергия  $W$  связана с измеренными физическими величинами соотношением  $W = I^2 R T$ .

**Задача 4.** Счетчик электроэнергии класса точности 1 показал за два часа потребляемую лампочкой и холодильником электроэнергию 0,140 кВт·ч. Жители квартиры измерили потребляемую мощность самостоятельно, используя вольтметр и амперметр с классами точности 0,5 и 0,6; пределами измерений 250 В и 2 А, результаты измерений 220 В и 55 А, соответственно.

Определите, необходимо ли заменить счетчик, если относительная погрешность измерения времени 0,5%?

### **2.3. Расчетно-графическая работа**

Расчетно-графическая работа по курсу «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества» способствует закреплению теоретического материала по курсу, а также приобретению навыков работы с табличными данными.

Отчет по расчетно-графической работе должен содержать: титульный лист с названием работы, фамилией студента и номером варианта; задание; исходные данные; расчетную часть; вывод. Вариант выдается преподавателем.

**Задача 1.** Термометром с заданной шкалой, имеющим относительную погрешность  $\delta t$ , измерены значения температуры. Результаты измерений представлены в таблице 2.4. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений.

Таблица 2.4

Исходные данные

Номер варианта	Диапазон шкалы, °C	Значение погрешности, %	Результаты измерения $t$ , °C
1	–100...100	1,0	–50; –25; 0; 25; 50; 75; 100
2	–50...100	0,5	–50; –20; –5; 15; 50; 87; 99
3	–50...50	1,5	–45; –25; –5; 5; 15; 35; 50
4	0...100	2,0	10; 20; 40; 50; 60; 80; 100
5	0...200	2,5	40; 80; 100; 120; 150; 180; 200
6	–200...200	0,1	–200; –150; –50; 0; 15; 100; 160
7	0...200	1,0	10; 40; 80; 120; 150; 170; 200
8	–150...150	1,6	–100; –80; –60; –40; –20; 10; 30
9	–50...150	2,7	40; 65; 90; 120; 130; 140; 150
10	0...400	4,0	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350
11	0...150	3,5	10; 30; 70; 110; 120; 140; 150
12	100...200	3,0	110; 130; 143; 150; 170; 190; 198
13	–100...200	2,2	–90; –40; 40; 80; 150; 170; 195
14	50...200	1,2	55; 70; 100; 120; 150; 180; 200
15	100...250	1,8	110; 130; 180; 200; 215; 240; 250
16	50...120	1,9	51; 60; 70; 91; 98; 110; 120
17	–50...120	0,7	–40; –38; –17; –5; 12; 25; 100
18	0...180	0,9	0; 25; 50; 57; 82; 90; 100
19	0...250	1,7	150; 180; 200; 210; 220; 240; 250
20	–10...200	2,1	0; 28; 42; 60; 78; 95; 150

Результаты представить в виде таблицы и графиков.

**Задача 2.** При измерении мирового рекорда на спринтерской дистанции 100 м использовался электронный секундомер с относительной инструментальной погрешностью 0,2%. Время действующего мирового рекорда равно  $(8,745 \pm 0,001)$  с. Можно ли уверенно утверждать, что время  $8,70 \pm 0,002$  с является новым мировым рекордом? Ответ обоснуйте математическим неравенством.

**Задача 3.** На бензоколонке заливают бензин с абсолютной систематической погрешностью  $\Delta = 0,1$  л при каждой заправке. Вычислите относительные погрешности, возникающие при покупке  $12 \pm n$  л и 40 л

бензина. Используя результаты решения, определите выгоду от приобретения в течение года  $1320+2n$  литров по цене 30 руб./л при покупках по 12 л по сравнению с покупкой по 40 л.

## **2.4. Вопросы итогового контроля по дисциплине**

1. Сущность метрологии, стандартизации и сертификации, три составляющие метрологии.
2. История развития метрологии, стандартизации и сертификации. Их роль в обеспечении качества продукции.
3. Качественные и количественные характеристики измеряемой величины. Классификация измерений.
4. Виды шкал измерений, их особенности.
5. Классификация методов измерений.
6. Понятие и условия единства измерений.
7. Классификация погрешностей измерения.
8. Формы выражения погрешностей.
9. Случайная, систематическая составляющие погрешности и грубые промахи.
10. Способы выражения точности измерений.
11. Внесение поправок в результаты измерений.
12. Критерии оценки промахов.
13. Понятие качества измерений.
14. Средства измерений, их классификация.
15. Средства измерений по конструктивному исполнению.
16. Классификация средств измерений по метрологическому назначению.
17. Классификация эталонов.
18. Метрологические свойства средств измерений.
19. Точность средств измерений, погрешности средств измерений.
20. Аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности.
21. Класс точности средств измерения.
22. Многократные прямые равноточные и неравноточные измерения.
23. Методика обработки результатов однократных измерений.
24. Методика обработки результатов косвенных измерений.
25. Сущность и цели стандартизации.
26. Принципы стандартизации.
27. Объекты стандартизации. Этапы работ по стандартизации.

28. Документы по стандартизации.
29. Методы стандартизации.
30. Упорядочение в стандартизации.
31. Параметрическая и комплексная стандартизация.
32. Агрегатирование и унификация в стандартизации.
33. Национальная система стандартизации.
34. Стандарты, классификация и область применения.
35. Сущность и цели сертификации.
36. Принципы стандартизации.
37. Объекты сертификации.
38. Порядок сертификации.
39. Функции участников сертификации.
40. Принципы управления качеством.
41. Контроль качества продукции.
42. Виды контроля.
43. Разработка методик выполнения измерений.
44. Принципы выбора средств измерения.
45. Статистические методы контроля качества.

## **2.5. Словарь терминов**

*Абсолютная погрешность* – разность между показанием средства измерения и действительным значением измеряемой величины.

*Абсолютные измерения* – такие, при которых используются прямое измерение одной (иногда нескольких) основной величины и физическая константа.

*Агрегатирование* – метод создания приборов и оборудования из отдельных стандартных унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости.

*Аддитивная погрешность* – погрешность, значение которой не изменяется во всем диапазоне измерения.

*Аккредитованная испытательная лаборатория* занимается испытаниями конкретных видов продукции либо специализируется на проведении определенного типа испытаний, располагая для этого нужным оборудованием, а также оформлением и выдачей протоколов испытаний.

*Активный контроль* объекта осуществляется непосредственно в ходе технологического процесса формирования изделия.

*Бесконтактный метод измерений* основан на том, что чувствительный элемент прибора не приводится в контакт с объектом измерения.

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

*Воспроизводимость эталона* – возможность воспроизведения единицы физической величины с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники.

*Входному контролю* подвергают сырье, исходные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, техническую документацию и т. д.

*Государственный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р)* – стандарт, принятый Государственным комитетом Российской Федерации по стандартизации и метрологии.

*Грубые погрешности (промахи)* – составляющие погрешности, которые возникают из-за ошибочных действий оператора, неисправности средства измерения или резких изменений условий измерений.

*Диапазон измерений* – область значений величины, в пределах которых нормированы допускаемые пределы погрешности.

*Динамическая погрешность* – разность между погрешностями в динамическом режиме и его статической погрешности.

*Динамические измерения* связаны с такими величинами, которые в процессе измерений претерпевают те или иные изменения.

*Дифференциальный метод* – метод сравнения с мерой, в котором полное уравнивание не производится, а разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, отсчитывается по шкале прибора.

*Достоверность измерений* – состояние измерений, при котором погрешность не выходит за пределы отклонений, заданных в соответствии с поставленной целью измерений.

*Единство измерений* – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы.

*Законодательная метрология* – раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а

также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений.

*Измерение* – совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины.

*Измерительная система* – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого пространства с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому пространству.

*Измерительная установка* – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких физических величин и расположенных в одном месте.

*Измерительные преобразователи (ИП)* – средства измерения, служащие для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, но не доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

*Измерительный прибор* – средства измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

*Измерительный контроль* – контроль параметров и характеристик объекта, связанный с нахождением действительных значений физических величин.

*Инструментальная составляющая* возникает из-за собственной погрешности средства измерения, определяемой классом точности, влиянием средства измерения на результат и ограниченной разрешающей способности средства измерения.

*Испытание* – техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по установленным правилам.

*Качество* – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые требования.



*Качество измерений* – совокупность свойств, обуславливающих получение результатов с требуемыми точностными характеристиками, в необходимом виде и в установленные сроки.

*Качество продукции* – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

*Класс точности средства измерения* – это обобщенная метрологическая характеристика, определяющая различные свойства средств измерения.

*Комплексная стандартизация* – это установление и применение взаимосвязанных по своему уровню требований к качеству готовых изделий, необходимых для их изготовления материалов и комплектующих узлов, а также условий сохранения и потребления (эксплуатации).

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

*Контроль* рассматривают как оценку соответствия путем измерения конкретных характеристик продукта.

*Контроль качества* – процесс получения и обработки информации об объекте с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах.

*Косвенные измерения* отличаются от прямых тем, что искомое значение устанавливают по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой определенной зависимостью.

*Косвенный метод измерений* реализуется при косвенном измерении.

*Межгосударственные стандарты (ГОСТ)* – стандарты, принятые Международным советом по стандартизации, метрологии и сертификации или Межгосударственной научно-технической комиссии по стандартизации и техническому нормированию в строительстве – применяются на территории России без переоформления.

*Меры физической величины* – средства измерения, предназначенные для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров.

*Метод замещения* – метод сравнения с мерой, в которой измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой.

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

*Метод непосредственной оценки* основывается на определении значения величины непосредственно по отсчетному устройству показывающего средства измерения.

*Метод сравнения с мерой* применяется при сравнении измеряемой величины с величиной, воспроизводимой мерой.

*Методом совпадений* – разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

*Методическая* составляющая погрешности обусловлена несовершенством метода измерений, приемами использования средства измерений, некорректностью расчетных формул и округления результатов.

*Метрологические свойства средств измерения* – свойства, влияющие на результат измерений и его погрешность.

*Метрологические характеристики* – показатели метрологических свойств, являющиеся их количественной характеристикой.

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

*Многократные измерения* характеризуются превышением числа измерений над количеством измеряемых величин.

*Мультипликативная погрешность* – погрешность, изменяющаяся пропорционально измеряемой величине.

*Неизменность эталона* – свойство эталона поддерживать неизменный размер воспроизводимой им единицы физической величины длительное время.

*Неразрушающий контроль* – соответствие контролируемого параметра установленным предельным отклонениям определяется по результатам полученной информации об объекте контроля

*Нулевой метод* (или метод полного уравнивания) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводится к нулю.

*Объект стандартизации* – продукция, работа, процесс и услуги, подлежащие или подвергшиеся стандартизации.

*Объектами метрологии* являются единицы величин, средства измерений, эталоны, методики выполнения измерений.

*Однократные измерения* – одно измерение одной величины, т. е. число измерений равно числу измеряемых величин.

*Опережающая стандартизация* заключается в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм и требований к объектам стандартизации, которые согласно прогнозам будут оптимальными в последующее время.

*Оптимизация объектов стандартизации* заключается в нахождении оптимальных главных параметров (параметров назначения), а также значений всех других показателей качества и экономичности.

*Органы и службы стандартизации* – организации, учреждения, объединения и их подразделения, основной деятельностью которых является осуществление работ или выполнение определенных функций по стандартизации.

*Основная погрешность средства измерения* – погрешность средства измерения при нормальных условиях эксплуатации.

*Основополагающий стандарт* – нормативный документ, имеющий широкую область распространения или содержащий общие положения для определенной области.

*Относительная погрешность* – отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины.

*Относительные измерения* базируются на установлении отношения измеряемой величины к однородной, применяемой в качестве единицы.

*Отрасль* – совокупность объектов хозяйственной деятельности независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, разрабатывающих и (или) производящих продукцию, выполняющих работы и оказывающих услуги определенных видов, которые имеют однородное потребительское и функциональное значение.

*Оценка соответствия* – систематическая проверка степени соответствия продукции заданным требованиям.

*Параметр продукции* – количественная характеристика ее свойств.

*Пассивный контроль* осуществляется после завершения отдельной технологической операции или всего технологического цикла изготовления объекта (детали или изделия).

*Первичный эталон* – эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений.

*Погрешность измерений (абсолютная погрешность)* – отклонение результата измерений от действительного (истинного) значения измеряемой величины.

*Поправка* численно равна значению систематической погрешности, противоположна ей по знаку и алгебраически суммируется с результатом измерения.

*Порог чувствительности* – наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала.

*Приведенная погрешность* – отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению измеряемой величины, т. е. некоторому установленному значению, по отношению к которому рассчитывается погрешность.

*Приемочный контроль* состоит в проверке готовых изделий и наиболее ответственных узлов.

*Прикладная метрология* – это раздел метрологии, занимающийся вопросами практического применения в различных сферах деятельности результатов теоретических исследований в рамках метрологии.

*Прямые измерения* – непосредственное сравнение физической величины с ее мерой (нахождение значения напряжения, тока по шкале прибора).

*Рабочее средство измерения* – средство измерения, предназначенное для проведения технических измерений.

*Размер* – количественная характеристика измеряемой величины.

*Размерность* – формализованное отражение качественного различия измеряемых величин.

*Разрушающий контроль* – для выполнения контрольных операций необходимо разрушить изделие и дальнейшее его использование становится не возможным.

*Селекция объектов стандартизации* – деятельность, заключающаяся в отборе таких конкретных объектов, которые признаются целесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве.

*Сертификация* – деятельность, являющаяся основным достоверным способом доказательства соответствия продукции (процесса, услуги) заданным требованиям.

*Симплификация* – деятельность, заключающаяся в отборе таких конкретных объектов, которые признаются нецелесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве.

*Систематизация* объектов стандартизации заключается в научно обоснованном последовательном классифицировании и ранжировании совокупности конкретных объектов стандартизации.

*Систематическая погрешность средства измерения* – составляющая общей погрешности, которая остается постоянной или закономерно изменяется при многократных измерениях одной и той же величины.

*Систематическая составляющая погрешности* – составляющая погрешности, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одного и того же параметра.

*Сличаемость эталона* – возможность обеспечения сличения с эталоном других средств измерений, нижестоящих по поверочной схеме.

*Случайной погрешностью* называют составляющую, изменяющуюся при повторных измерениях одной и той же величины случайным образом.

*Совместные измерения* – это измерения двух или более неоднородных физических величин для определения зависимости между ними.

*Совокупные измерения* сопряжены с решением системы уравнений, составляемых по результатам одновременных измерений некоторых однородных величин.

*Средством измерения* называют техническое средство (или их комплекс), используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

*Стандартизация* – 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.

*Стандарты на методы контроля (испытания, измерений, анализа)* обеспечивают всестороннюю проверку всех обязательных требований к качеству продукции (услуги).

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

*Стандарты на работы (процессы)* устанавливают требования к выполнению различного рода работ на отдельных этапах жизненного цикла продукции (услуги) – разработка, изготовление, хранение, транспортирование, эксплуатация, утилизация для обеспечения их технического единства и оптимальности.

*Стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (СТО)* – стандарты на принципиально новые виды продукции и услуг, новые методы испытаний, нетрадиционные

технологии разработки, изготовления, хранения и новые принципы организации и управления производством, прочие виды деятельности.

*Стандарты отраслей (ОСТ)* – стандарты, разрабатываемые и принимаемые государственными органами управления в пределах их компетенции применительно к продукции, работам, услугам отраслевого значения.

*Стандарты предприятий (СТП)* разрабатываются субъектами хозяйственной деятельности: для обеспечения применения на предприятии государственных стандартов, стандартов отраслей и других категорий стандартов; на создаваемые и применяемые на данном предприятии продукцию, процессы и услуги.

*Статистические измерения* связаны с определением характеристик случайных процессов.

*Статические измерения* имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна.

*Субъективные систематические погрешности* связаны с индивидуальными особенностями оператора.

*Сходимость результатов измерений* – характеристика качества измерений, отражающая близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом, в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

*Теоретическая метрология* – раздел метрологии, занимающийся вопросами фундаментальных исследований, созданием системы единиц измерений, физических постоянных, разработкой новых методов измерения.

*Типизация объектов стандартизации* – деятельность по созданию типовых (образцовых) объектов – конструкций, технологических правил, форм документации.

*Точность измерений* – близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины.

*Точность измерений* характеризует степень приближения погрешности измерений к нулю, т. е. полученного при измерении значения к истинному значению измеряемой величины.

*Унификацией продукции* называется деятельность по рациональному сокращению числа типов изделий одинакового функционального назначения.

*Упорядочение* объектов стандартизации – универсальный метод в области стандартизации продукции, процессов и услуг, направленный на сокращение многообразия.

*Шкала абсолютная* обладает всеми признаками шкал отношений, кроме того, дополнительно имеет естественное однозначное определение единицы измерения и не зависит от принятой системы единиц измерения.

*Шкала измерений* – упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая основой для ее измерения.

*Шкала интервалов (разностей)* имеет условные нулевые значения, а интервалы устанавливаются по согласованию.

*Шкала наименований* – своего рода качественная, а не количественная шкала, она не содержит нуля и единиц измерений.

*Шкала отношений* имеет естественное нулевое значение, а единица измерений устанавливается по согласованию.

*Шкала порядка* характеризует значение измеряемой величины в баллах.

*Эталон* – высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значение дисциплины «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества» особенно велико для специалиста по теплогазоснабжению, вентиляции, теплотехнике при широком использовании во всех сферах профессиональной деятельности современных средств измерений для контроля и автоматизации различных технологических процессов, методов получения и обработки результатов измерений, знаний по стандартизации и сертификации, а также по вопросам обеспечения качества.

В учебном пособии раскрыты методические рекомендации по изучению тем дисциплины, приведены основные понятия, связанные с объектами и средствами измерения, формой обработки и представления результатов измерений, сущность метрологического обеспечения и контроля единства измерений, роли стандартизации и сертификации в повышении качества продукции или услуги. Дополнение лекционного курса практикумом позволяет закрепить теоретические знания и овладеть практическими навыками в обработке результатов измерений, расчете погрешности измерений. Система тестов позволяет оценить степень освоения студентами материала по каждой теме.

Знания, полученные в результате освоения данного курса, способствуют лучшему освоению специальных дисциплин: отопления, теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха, автоматизации и управления процессами теплогазоснабжения и вентиляции, теории и техники теплотехнического эксперимента. Наиболее важными разделами данной дисциплины для понимания и усвоения специальных дисциплин являются знания о средствах измерений, применяемых в области теплогазоснабжения и вентиляции; погрешностей измерений и методов обработки результатов измерений.