

УДК 006
ББК30.10.65.2/4.Ц
С32

Федеральная программа книгоиздания России

Рецензенты:

Доктор физ.-мат. наук профессор *М.И. Киселев*
(МГТУ им. Н.Э. Баумана),

Кандидат физ.-мат. наук профессор *С.С. Каниовский* (Московская государственная академия приборостроения и информатики)

Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В.

С32 Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие. - М.: Логос, 2003. - 536 с.: ил.

ISBN 5-94010-053-8

Освещено научное, методическое и организационное обеспечение работ в области метрологии, стандартизации и сертификации. Рассмотрены методы и средства достижения требуемой точности и единства измерений, организации метрологического обеспечения производства, разработки и применения стандартов в практической деятельности инженеров и менеджеров. Особое внимание уделено вопросам подтверждения соответствия товаров и услуг требованиям действующих российских и международных нормативных документов посредством их сертификации. Пособие содержит большое число примеров и справочных данных в виде таблиц, диаграмм, задач.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Метрология, стандартизация и сертификация» и по специальности «Метрология и метрологическое обеспечение». Представляет интерес для аспирантов и специалистов в области управления качеством.

ББКЗО 1 0 65 2/4 ц

ISBN 5-94010-053-8

© А.Г. Сергеев, М.В. Латышев,
В.В. Терегеря, 2001 © «Логос», 2003

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	IX
------------------	----

РАЗДЕЛ I. МЕТРОЛОГИЯ

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ МЕТРОЛОГИИ. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ.....

1.1. Физические свойства, величины и шкалы.....	1
1.2. Системы физических величин и их единиц.....	10
1.3. Международная система единиц (система СИ).....	17
1.4. Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров.....	25
1.5. Эталоны единиц системы СИ.....	34

Контрольные вопросы.....	39
--------------------------	----

ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....

2.1. Модель измерения и основные постулаты метрологии.....	40
2.2. Виды и методы измерений.....	42
2.3. Погрешности измерений.....	46
2.4. Нормирование погрешностей и формы представления результатов измерений.....	56
2.5. Внесение поправок в результаты измерений.....	57
2.6. Оценка неисключенной составляющей систематической погрешности измерений.....	60
2.7. Выявление и исключение грубых погрешностей (промахов).....	61
2.8. Качество измерений.....	64
2.9. Методы обработки результатов измерений.....	72
2.9.1. Многократные прямые равноточные измерения.....	72
2.9.2. Неравноточные измерения.....	73
2.9.3. Однократные измерения.....	74
2.9.4. Косвенные измерения.....	79
2.9.5. Совместные и совокупные измерения.....	85
2.10. Динамические измерения и динамические погрешности.....	86
2.10.1. Характеристики динамических измерений.....	86
2.10.2. Динамические измерения и погрешности детерминированных линейных измерительных цепей.....	89
2.10.3. Динамические погрешности случайных процессов.....	98
2.11. Суммирование погрешностей.....	100

Контрольные вопросы.....	110
--------------------------	-----

ГЛАВА 3. НОРМИРОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.....

3.1. Виды средств измерений.....	110
3.2. Метрологические характеристики средств измерений.....	113
3.3. Классы точности средств измерений.....	125
3.4. Расчет погрешности измерительной системы.....	134
3.5. Метрологические характеристики цифровых средств измерений.....	136
3.5.1. Общие положения.....	136
3.5.2. Статические погрешности цифровых средств измерений.....	139
3.6. Модели нормирования метрологических характеристик.....	151
3.7. Нормирование динамических погрешностей средств измерений.....	158

Контрольные вопросы.....	164
--------------------------	-----

ГЛАВА 4. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ	165
4.1. Основные понятия теории метрологической надежности	165
4.2. Изменение метрологических характеристик СИ в процессе эксплуатации	168
4.3. Математические модели изменения во времени погрешности средств измерений	171
4.3.1. <i>Линейная модель изменения погрешности</i>	171
4.3.2. <i>Экспоненциальная модель изменения погрешности</i>	173
4.4. Метрологическая надежность и межповерочные интервалы	176
Контрольные вопросы	179
ГЛАВА 5. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ	179
5.1. Общие положения. Понятие об испытании и контроле	179
5.2. Принципы выбора средств измерений	188
5.3. Выбор СИ при динамических измерениях	202
5.4. Выбор ЦСИ по метрологическим характеристикам	213
Контрольные вопросы	217
ГЛАВА 6. ПРИНЦИПЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	218
6.1. Основы метрологического обеспечения	218
6.2. Нормативно-правовые основы метрологии	219
6.3. Метрологические службы и организации	227
6.3.1. <i>Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии</i>	227
6.3.2. <i>Государственная метрологическая служба</i>	232
6.3.3. <i>Метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц</i>	233
6.3.4. <i>Международные метрологические организации</i>	235
6.4. Государственный метрологический надзор и контроль	238
6.4.1. <i>Понятие о надзоре и контроле</i>	238
6.4.2. <i>Государственные испытания средств измерений</i>	241
6.4.3. <i>Поверка средств измерений</i>	242
6.4.4. <i>Калибровка средств измерений</i>	247
6.4.5. <i>Метрологическая аттестация средств измерений и испытательного оборудования</i>	250
6.4.6. <i>Система сертификации средств измерений</i>	252
6.5. Методики выполнения измерений	255
6.6. Метрологическая экспертиза	258
6.7. Анализ состояния измерений	259
Контрольные вопросы	263
РАЗДЕЛ II. СТАНДАРТИЗАЦИЯ	
ГЛАВА 7. ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ	265
7.1. Основные положения	265
7.2. Российские организации по стандартизации	272
7.3. Международные организации по стандартизации	275
Контрольные вопросы	283
ГЛАВА 8. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ СТАНДАРТИЗАЦИИ	284
8.1. Систематизация, кодирование и классификация	284
8.2. Унификация, типизация и агрегатирование машин	294

Контрольные вопросы	301
ГЛАВА 9. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ	302
9.1. Общие сведения.....	302
9.2. Принципы, определяющие научно-техническую организацию работ по стандартизации.....	303
9.3. Методы стандартизации.....	314
Контрольные вопросы	329
ГЛАВА 10. КАТЕГОРИИ И ВИДЫ СТАНДАРТОВ	330
10.1. Категории стандартов.....	330
10.2. Виды стандартов.....	338
10.3. Стандартизация отклонений геометрических параметров деталей.....	342
10.3.1. Общие требования.....	342
10.3.2. Стандарты Единой системы допусков и посадок.....	345
10.3.3. Стандарты отклонений формы и расположения поверхностей деталей.....	357
10.3.4. Стандарты волнистости и шероховатости поверхности.....	369
10.4. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.....	381
Контрольные вопросы	386
РАЗДЕЛ III. СЕРТИФИКАЦИЯ	
ГЛАВА 11. ВВЕДЕНИЕ В СЕРТИФИКАЦИЮ	388
11.1. Определение сертификации.....	388
11.2. Виды сертификации.....	407
11.3. Система сертификации.....	419
11.4. Основные стадии сертификации.....	436
Контрольные вопросы	449
ГЛАВА 12. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕРТИФИКАЦИИ	450
12.1. Структура нормативно-методического обеспечения сертификации.....	450
12.2. Стандарты на объекты сертификации.....	452
12.3. Стандартизация методов оценки соответствия.....	462
12.4. Стандарты на органы по сертификации и испытательные лаборатории.....	467
Контрольные вопросы	468
ГЛАВА 13. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНОВ ПО СЕРТИФИКАЦИИ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ	469

13.1. Организация деятельности органов по сертификации.....	469
13.2. Организация деятельности испытательных лабораторий.....	482
13.3. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий.....	493
Контрольные вопросы.....	503
Приложение 1	
Основные государственные законы, постановления Правительства, Государственные стандарты и нормативные документы в области метрологии, стандартизации и сертификации.....	504
Приложение 2	
Номенклатура продукции и услуг (работ), в отношении которых законодательными актами Российской Федерации предусмотрена их обязательная сертификация.....	517
Приложение 3	
Форма сертификата соответствия на продукцию (система сертификации ГОСТ Р).....	520
Приложение 4	
Форма аттестата аккредитации (система сертификации ГОСТ Р).....	521
Приложение 5	
Примерная форма протокола испытаний.....	522
Библиография.....	523

ПРЕДИСЛОВИЕ

Динамичное развитие экономики России невозможно без повышения конкурентоспособности отечественных товаров и услуг как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Ориентация только на ценовую конкуренцию в современных условиях решающего успеха уже не гарантирует. Определяющим для потребителей во всех странах мира стало качество. Очевидно, что производители должны знать требования, предъявляемые к качеству выпускаемых ими товаров, изучать их. Эти требования, как правило, не одинаковы для различных групп потребителей и отличаются в зависимости от покупательной способности населения, уровня конкуренции, климатических условий, культурных традиций и многих других факторов. А это означает, что качеством продукции и услуг необходимо управлять, уметь количественно оценивать и анализировать их показатели, варьировать влияющими на них процессами.

Предлагаемое учебное пособие адресовано студентам, аспирантам и широкому кругу специалистов, изучающих теорию и практику метрологии, системы метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации.

Метрология — наука об измерениях, а измерения — один из важнейших путей познания. Они играют огромную роль в современном обществе. Наука, промышленность, экономика и коммуникации не могут существовать без измерений. Каждую секунду в мире производится миллиарды измерительных операций, результаты которых используются для обеспечения качества и технического уровня выпускаемой продукции, безопасной и безаварийной работы транспорта, обоснования медицинских и экологических диагнозов, анализа информационных потоков. Практически нет ни одной сферы деятельности человека, где бы интенсивно не использовались результаты измерений, испытаний и контроля. Для их получения вовлечены миллионы людей и большие финансовые средства. Примерно 15% затрат общественного труда расходуется на проведение измерений. По оценкам экспертов, от 3 до 9% валового национального продукта передовых индустриальных стран приходится на измерения и связанные с ними операции.

На современном этапе развития мирового сообщества, характеризующегося высокими темпами интенсификации производства, применением взаимосвязанных систем машин и приборов, использованием широкой номенклатуры веществ и материалов, значительно возросли требования к специалистам в области стандартизации. В этих условиях роль стандартизации как важнейшего звена в системе управления техническим уровнем и качеством продукции и услуг на всех этапах научных разработок, проектирования, производства, эксплуатации и утилизации имеет первостепенное значение. Стандартизация изучает вопросы разработки и применения таких правил и норм, которые отражают действие объективных технике-экономических законов, играют большую роль в развитии промышленного производства, вносят значительный вклад в рост общественного богатства; способствует улучшению использования основных фондов, природных богатств. Стандартизация имеет непосредственное отношение к совершенствованию управления производством, повышению качества всех видов товаров и услуг.

Большое значение для регулирования механизмов рыночной экономики приобрела сертификация. Для многих видов продукции и процессов она стала обязательной. Сертификация рассматривается как официальное подтверждение соответствия стандартам и во многом определяет конкурентоспособность продукции. В книге рассматриваются средства и методы проведения работ по различным видам сертификации. В последние годы к традиционно широко практикуемой сертификации продукции добавились сертификация услуг в торговле, туризме, бытовом обслуживании и даже в сфере образования. Активно развивается сертификация систем качества и экологического управления предприятий на соответствие стандартам серий ИСО 9000 и ИСО 14000, а также сертификация персонала.

В учебном пособии обобщены результаты научных исследований и практический опыт в рассматриваемой области за последние годы как в России, так и за рубежом. Издание полностью соответствует требованиям государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по общепрофессиональной дисциплине "Метрология, стандартизация, сертификация".

Для удобства читателей в приложении приведены основные действующие законы и постановления Правительства России, а также ГОСТы, методические разработки, рекомендации и другие справочные материалы в области метрологии, стандартизации и сертификации, в том числе зарубежные.

РАЗДЕЛ I. МЕТРОЛОГИЯ

ГЛАВА 1.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ МЕТРОЛОГИИ. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Физические свойства, величины и шкалы

С 1 января 2001 г. на территории России и стран СНГ взамен ГОСТ 16263—70¹ вводятся рекомендации РМГ 29—99, содержащие основные термины и определения в области метрологии, согласованные с международными стандартами ИСО 31(0-13) и ИСО 1000, регламентирующими использование дольных, кратных и других единиц при измерениях.

В соответствии с этими документами *метрология* — это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

В зависимости от цели различают три раздела метрологии: теоретический, законодательный и прикладной.

В *теоретической (фундаментальной) метрологии* разрабатываются фундаментальные основы этой науки.

Предметом *законодательной метрологии* является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимой точности измерений.

Практическая (прикладная) метрология освещает вопросы практического применения разработок теоретической и положений законодательной метрологии.

Все объекты окружающего мира характеризуются своими свойствами. *Свойство* — философская категория, выражающая такую сторону объекта (явления процесса), которая обуславливает его

различие или общность с другими объектами (явлениями, процессами) и обнаруживается в его отношениях к ним. Свойство — категория качественная. Для количественного описания различных свойств процессов и физических тел вводится понятие величины. *Величина*— это свойство чего-либо, что может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно. Величина не существует сама по себе, она имеет место лишь постольку, поскольку существует объект со свойствами, выраженными данной величиной. Величины можно разделить на два вида: реальные и идеальные (рис. 1.1).

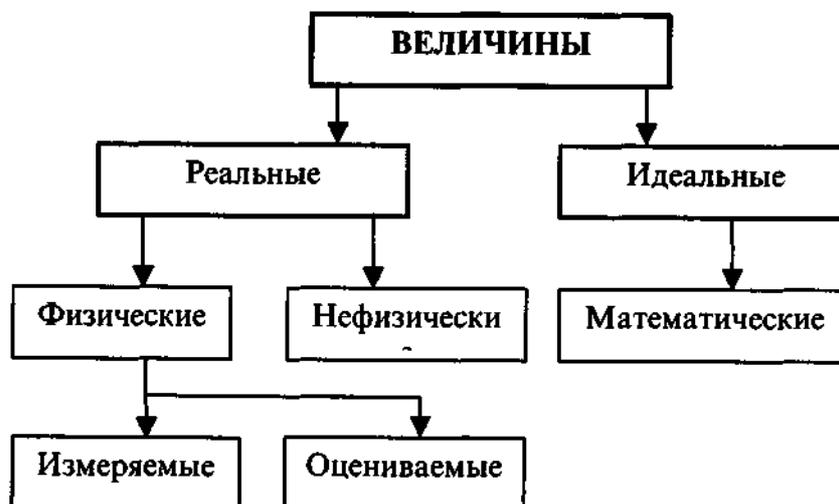


Рис. 1.1. Классификация величин

Идеальные величины главным образом относятся к математике и являются обобщением (моделью) конкретных реальных понятий.

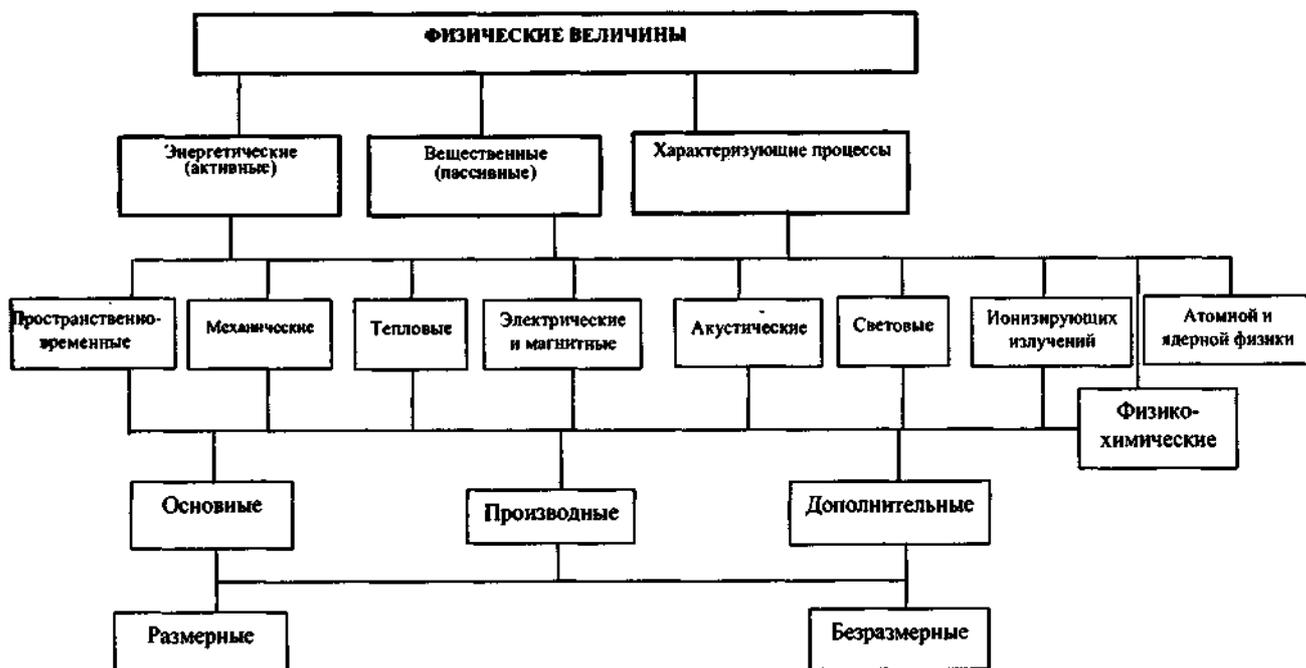
Реальные величины делятся, в свою очередь, на *физические* и *нефизические*. Физическая величина (ФВ) в общем случае может быть определена как величина, свойственная материальным объектам (процессам, явлениям), изучаемым в естественных (физика,

химия) и технических науках. К нефизическим следует отнести величины, присущие общественным (нефизическим) наукам — философии, социологии, экономике и т.д.

Рекомендации РМГ 29-99 трактуют *физическую величину*, как одно из свойств физического объекта, в качественном отношении общее для многих физических объектов, а в количественном — индивидуальное для каждого из них. Индивидуальность в количественном отношении понимают в том смысле, что свойство может быть для одного объекта в определенное число раз больше или меньше, чем для другого. Таким образом, физические величины — это измеренные свойства физических объектов и процессов, с помощью которых они могут быть изучены.

Физические величины целесообразно разделить на *измеряемые* и *оцениваемые*. Измеряемые ФВ могут быть выражены количественно в виде определенного числа установленных единиц измерения. Возможность введения и использования последних является важным отличительным признаком измеряемых ФВ. Физические величины, для которых по тем или иным причинам не может быть введена единица измерения, могут быть только оценены. Величины оценивают при помощи шкал. *Шкала величины* — упорядоченная последовательность ее значений, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений.

Нефизические величины, для которых единица измерения в принципе не может быть введена, могут быть только оценены. Стоит отметить, что оценивание нефизических величин не входит в задачи теоретической метрологии.



Для более детального изучения ФВ необходимо классифицировать (рис. 1.2) и выявить общие метрологические особенности их отдельных групп.

По видам явлений ФВ делятся на следующие группы:

- *вещественные*, т.е. описывающие физические и физико-химические свойства веществ, материалов и изделий из них. К этой группе относятся масса, плотность, электрическое сопротивление, емкость, индуктивность и др. Иногда указанные ФВ называют *пассивными*. Для их измерения необходимо использовать вспомогательный источник энергии, с помощью которого формируется сигнал измерительной информации. При этом пассивные ФВ преобразуются в активные, которые и измеряются;
- *энергетические*, т.е. величины, описывающие энергетические характеристики процессов преобразования, передачи и использования энергии. К ним относятся ток, напряжение, мощность, энергия. Эти величины называют активными. Они могут быть преобразованы в сигналы измерительной информации без использования вспомогательных источников энергии;
- *характеризующие протекание процессов во времени*. К этой группе относятся различного рода спектральные характеристики, корреляционные функции и др.

По принадлежности к различным группам физических процессов ФВ делятся на пространственно-временные, механические, тепловые, электрические и магнитные, акустические, световые, физико-химические, ионизирующих излучений, атомной и ядерной физики.

По степени условной независимости от других величин данной группы ФВ делятся на основные (условно независимые), производные (условно зависимые) и дополнительные. В настоящее время в системе СИ используется семь физических величин, выбранных в качестве основных: длина, время, масса, температура, сила электрического тока, сила света и количество вещества. К дополнительным физическим величинам относятся плоский и телесный углы.

По наличию размерности ФВ делятся на размерные, т.е. имеющие размерность, и безразмерные. Совокупность чисел Q , отображающая различные по размеру однородные величины, должна быть совокупностью одинаково именованных чисел. Это именование является единицей ФВ или ее доли. Единица физической величины $[Q]$ — это ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, применяется для количественного выражения однородных ФВ.

Значение физической величины Q — это оценка ее размера в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Числовое значение физической величины q — отвлеченное число, выражающее отношение значения величины к соответствующей единице данной ФВ.

Уравнение

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

называют *основным уравнением измерения*. Суть простейшего измерения состоит в сравнении ФВ Q с размерами выходной величины регулируемой многозначной меры $q[Q]$. В результате сравнения устанавливают, что $q[Q] < Q < (q + 1)[Q]$.

. *Измерение* — познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной ФВ с известной ФВ, принятой за единицу измерения.

В практической деятельности необходимо проводить измерения различных величин, характеризующих свойства тел, веществ, явлений и процессов. Некоторые свойства проявляются только качественно, другие — количественно. Разнообразные проявления (количественные или качественные) любого свойства образуют множества, отображения элементов которых на упорядоченное множество чисел или в более общем случае условных знаков образуют *шкалы измерения* этих свойств. Шкала измерений количественного свойства является шкалой ФВ. *Шкала физической величины* — это упорядоченная последовательность значений ФВ, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений. Термины и определения теории шкал измерений изложены в документе МИ 2365—96.

В соответствии с логической структурой проявления свойств различают пять основных типов шкал измерений.

1. *Шкала наименований (шкала классификации)*. Такие шкалы используются для классификации эмпирических объектов, свойства которых проявляются только в отношении эквивалентности. Эти свойства нельзя считать физическими величинами, поэтому шкалы такого вида не являются шкалами ФВ. Это самый простой тип шкал, основанный на приписывании качественным свойствам объектов чисел, играющих роль имен.

В шкалах наименований, в которых отнесение отражаемого свойства к тому или иному классу эквивалентности осуществляется с помощью органов чувств человека, — это наиболее адекватный результат, выбранный большинством экспертов. При этом большое значение имеет правильный выбор классов эквивалентной шкалы — они должны различаться наблюдателями, экспертами, оценивающими данное свойство. Нумерация объектов по шкале наименований осуществляется по принципу: "не приписывай одну и ту же цифру разным объектам". Числа, приписанные объектам, могут быть использованы только для определения вероятности или частоты появления данного объекта, но их нельзя применять для суммирования или других математических операций.

Поскольку данные шкалы характеризуются только отношениями эквивалентности, то в них отсутствуют понятия нуля, "больше" или "меньше" и единицы измерения. Примером шкал наименований являются широко распространенные атласы цветов, предназначенные для идентификации цвета.

2. *Шкала порядка (шкала рангов)*. Если свойство данного эмпирического объекта проявляет себя в отношении эквивалентности и порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления свойства, то для него может быть построена шкала порядка. 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.

В случаях, когда уровень познания явления не позволяет точно установить отношения, существующие между величинами данной характеристики, либо применение шкалы удобно и достаточно для практики, используют условные (эмпирические) шкалы порядка. *Условная шкала* — это шкала ФВ, исходные значения которой выражены в условных единицах. Например, шкала вязкости Энглера, 12-балльная шкала Бофорта для измерения силы морского ветра.

Широкое распространение получили шкалы порядка с нанесенными на них реперными точками. К таким шкалам, например, относится шкала Мооса для определения твердости минералов, которая содержит 10 опорных (реперных) минералов с различными условными числами твердости: тальк — 1; гипс — 2; кальций — 3; флюорит — 4; апатит — 5; ортоклаз — 6; кварц — 7; топаз — 8; корунд — 9; алмаз — 10. Отнесение минерала к той или иной градации твердости осуществляется на основании эксперимента, который состоит в том, что испытуемый материал царапается опорным. Если после царапанья испытуемого минерала

кварцем (7) на нем остается след, а после ортоклаза (6) — не остается, то твердость испытуемого материала составляет более 6, но менее 7. Более точного ответа в этом случае дать невозможно.

В условных шкалах одинаковым интервалам между размерами данной величины не соответствуют одинаковые размерности чисел, отображающих размеры. С помощью этих чисел можно найти вероятности, моды, медианы, квантили, однако их нельзя использовать для суммирования, умножения и других математических операций.

Определение значения величин при помощи шкал порядка нельзя считать измерением, так как на этих шкалах не могут быть введены единицы измерения. Операцию по приписыванию числа требуемой величине следует считать *оцениванием*. Оценивание по шкалам порядка является неоднозначным и весьма условным.

3. *Шкала интервалов (шкала разностей)*. Эти шкалы являются дальнейшим развитием шкал порядка и применяются для объектов, свойства которых удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности. Шкала интервалов состоит из одинаковых интервалов, имеет единицу измерения и произвольно выбранное начало — нулевую точку. К таким шкалам относится летоисчисление по различным календарям, в которых за начало отсчета принято либо сотворение мира, либо Рождество Христово и т.д. Температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта и Реомюра также являются шкалами интервалов.

На шкале интервалов определены действия сложения и вычитания интервалов. Действительно, по шкале времени интервалы можно суммировать или вычитать и сравнивать, во сколько раз один интервал больше другого, но складывать даты каких-либо событий бессмысленно.

Шкала интервалов величины Q можно представить в виде уравнения $Q = Q_0 + q[Q]$, где q — числовое значение величины; Q_0 — начало отсчета шкалы; $[Q]$ — единица рассматриваемой величины. Такая шкала полностью определяется заданием начала отсчета Q_0 шкалы и единицы данной величины $[Q]$.

Задать шкалу можно двумя путями. При первом пути выбираются два значения Q_0 и Q_1 величины, которые относительно просто реализованы физически. Эти значения называются *опорными точками*, или *основными реперами*, а интервал $(Q_1 - Q_0)$ — основным интервалом. Точка Q_0 принимается за начало отсчета, а величина $(Q_1 - Q_0)/n = [Q]$ за единицу Q . При этом число единиц n выбирается таким, чтобы $[Q]$ было целой величиной.

Перевод одной шкалы интервалов $Q = Q_{01} + q_1[Q]_1$ в другую $Q = Q_{02} + q_2[Q]_2$ осуществляется по формуле

$$q_1 = (q_2 - \frac{Q_{02} - Q_{01}}{[Q]_1}) \frac{[Q]_1}{[Q]_2} \quad (1.2)$$

Пример 1.1. Шкала Фаренгейта является шкалой интервалов. На ней Q_0 — температура смеси льда, поваренной соли и нашатыря, Q_1 — температура человеческого тела. Единица измерения — градус Фаренгейта:

$$[Q_F] = (Q_1 - Q_0) / 96 = 1^\circ F$$

Температура таяния смеси льда, соли и нашатыря оказалась равной $32^\circ F$, а температура кипения воды — $212^\circ F$.

По шкале Цельсия Q_0 — температура таяния льда, Q_1 — температура кипения воды. Градус Цельсия $[Q_C] = (Q_1 - Q_0) / 100 = 1^\circ C$.

Требуется получить формулу для перехода от одной шкалы к другой.

Решение. Формула для перехода определяется в соответствии с выражением (1.2). Значение разности температур по шкале Фаренгейта между точкой кипения воды и точкой таяния льда составляет $212^\circ F - 32^\circ F = 180^\circ F$. По шкале Цельсия интервал температур равен $100^\circ C$. Следовательно, $100^\circ C = 180^\circ F$ и отношение размеров единиц

$$\frac{[Q]_1}{[Q]_2} = \frac{^\circ F}{^\circ C} = \frac{100}{180} = \frac{5}{9}$$

Числовое значение интервала между началами отсчета по рассматриваемым шкалам, измеренного в градусах Фаренгейта ($[Q]_1 = F$), равно 32. Переход от температуры по шкале Фаренгейта к температуре по шкале Цельсия производится по формуле

$$t = \frac{5}{9}(t_F - 32)$$

При втором пути единица воспроизводится непосредственно как интервал, его некоторая доля или некоторое число интервалов размеров данной величины, а начало отсчета выбирают каждый раз по-разному в зависимости от конкретных условий изучаемого явления. Пример такого подхода — шкала времени, в которой $1c = 9\ 192\ 631\ 770$ периодов излучения, соответствующих переходу

между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия- 133. За начало отсчета принимается начало изучаемого явления.

4. *Шкала отношений*. Эти шкалы описывают свойства эмпирических объектов, которые удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности (шкалы второго рода — аддитивные), а в ряде случаев и пропорциональности (шкалы первого рода — пропорциональные). Их примерами являются шкала массы (второго рода), термодинамической температуры (первого рода).

В шкалах отношений существует однозначный естественный критерий нулевого количественного проявления свойства и единица измерений. С формальной точки зрения шкала отношений является шкалой интервалов с естественным началом отсчета. К значениям, полученным по этой шкале, применимы все арифметические действия, что имеет важное значение при измерении ФВ. Шкалы отношений — самые совершенные. Они описываются уравнением $Q = q[Q]$, где Q — ФВ, для которой строится шкала; $[Q]$ — ее единица измерения; q — числовое значение ФВ. Переход от одной шкалы отношений к другой происходит в соответствии с уравнением $q_2 = q_1 [Q_1] / [Q_2]$.

5. *Абсолютные шкалы*. Под абсолютными понимают шкалы, обладающие всеми признаками шкал отношений, но дополнительно имеющие естественное однозначное определение единицы измерения и не зависящие от принятой системы единиц измерения. Такие шкалы соответствуют относительным величинам: коэффициенту усиления, ослабления и др. Для образования многих производных единиц в системе СИ используются безразмерные и счетные единицы абсолютных шкал.

Отметим, что шкалы наименований и порядка называют *неметрическими (концептуальными)*, а шкалы интервалов и отношений — *метрическими (материальными)*. Абсолютные и метрические шкалы относятся к разряду линейных. Практическая реализация шкал измерений осуществляется путем стандартизации как самих шкал и единиц измерений, так и, в необходимых случаях, способов и условий их однозначного воспроизведения.

1.2. Системы физических величин и их единиц

В науке, технике и повседневной жизни человек имеет дело с разнообразными свойствами окружающих нас физических объектов. Эти свойства отражают процессы взаимодействия объектов между собой. Их описание производится посредством физических величин. Для того чтобы можно было установить для каждого объекта различия в количественном содержании свойства, отображаемого физической величиной, в метрологии введены понятия ее размера и значения.

Размер физической величины — это количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию "физическая величина". Например, каждое тело обладает определенной массой, вследствие чего тела можно различать по их массе, т. е. по размеру интересующей нас ФВ.

Значение физической величины получают в результате ее измерения или вычисления в соответствии с основным уравнением измерения $Q = q[Q]$, связывающим между собой значение ФВ Q , числовое значение q и выбранную для измерения единицу $[Q]$. В зависимости от размера единицы будет меняться числовое значение ФВ, тогда как размер ее будет оставаться неизменным.

Размер единиц ФВ устанавливается законодательно путем закрепления определения метрологических органами государства.

Важной характеристикой ФВ является ее *размерность* $\dim Q$ — выражение в форме степенного многочлена, отражающее связь данной величины с основными ФВ. Коэффициент пропорциональности принят равным единице:

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

где L, M, T, Γ — условные обозначения основных величин данной системы; $\alpha, \beta, \gamma, \eta$ — целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа. Показатель степени, в которую возведена размерность основной величины, называют *показателем размерности*. Если все показатели размерности равны нулю, то такую величину называют *безразмерной*.

Размерность ФВ является более общей характеристикой, чем представляющее ее уравнение связи, поскольку одна и та же размерность может быть присуща величинам, имеющим разную А-чественную природу и различающимся по форме определяющего уравнения. Например, работа силы Γ^7 на расстоянии L описывается уравнением $A_1 = FL$. Кинетическая энергия тела массой m , движущегося со скоростью v , равна $A_2 = mv^2 / 2$. Размерности этих качественно различных величин одинаковы.

Над размерностями можно производить действия умножения, деления, возведения в степень и извлечение корня. Понятие размерности широко используется:

- для перевода единиц из одной системы в другую;
- для проверки правильности сложных расчетных формул, полученных в результате теоретического вывода;
- при выяснении зависимости между величинами;
- в теории физического подобия.

Описание свойства, характеризуемого данной ФВ, осуществляется на языке других, ранее определенных величин. Эта возможность обуславливается наличием объективно существующих взаимосвязей между свойствами объектов, которые, будучи переведенными на язык величин, становятся моделями, образующими в совокупности систему уравнений, описывающих данный раздел физики. Различают два типа таких уравнений:

1. *Уравнения связи между величинами* — уравнения, отражающие законы природы, в которых под буквенными символами понимаются ФВ. Они могут быть записаны в виде, не зависящем от набора единиц измерений входящих в них ФВ:

$$Q = K X^a Y^b Z^g \dots$$

Коэффициент K не зависит от выбора единиц измерений, он определяет связь между величинами. Например, площадь треугольника S равна половине произведения основания L на высоту h : $S = 0,5 Lh$. Коэффициент $K = 0,5$ появился в связи с выбором не единиц измерений, а формы самих фигур.

2. *Уравнения связи между числовыми значениями физических величин* — уравнения, в которых под буквенными символами понимают числовые значения величин, соответствующие выбранным единицам. Вид этих уравнений зависит от выбранных единиц измерения. Они могут быть записаны в виде:

$$Q = K_c K X^a Y^b Z^g \dots,$$

где K_c — числовой коэффициент, зависящий от выбранной системы единиц. Например, уравнение связи между числовыми значениями площади треугольника и его геометрическими размерами имеет вид при условии, что площадь измеряется в квадратных метрах, а основание и высота соответственно в метрах и миллиметрах:

$$S = 0,5 Lh, \text{ т. е. } K_c = 1; \text{ или } S = 0,5 \cdot 10^{-6} Lh, \text{ т. е. } K_c = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{мм}^2.$$

Совокупность ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются их функциями, называется *системой физических величин*.

Обоснованно, но произвольным образом выбираются несколько ФВ, *называемые основными*. Остальные величины, *называемые производными*, выражаются через основные на основе известных уравнений связи между ними. Примерами производных величин могут служить: плотность вещества, определяемая как масса вещества, заключенного в единице объема; ускорение — изменение скорости за единицу времени и др.

В названии системы ФВ применяют символы величин, принятых за основные. Например, система величин механики, в которой в качестве основных используются длина (L), масса (M) и время (T), называется системой ЛМТ. Действующая в настоящее время международная система СИ должна обозначаться символами LMTQNJ, соответствующими символам основных величин: длине (L), массе (M), времени (T), силе электрического тока (I), температуре (θ), количеству вещества (N) и силе света (J).

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется *системой единиц физических величин*. Единица основной ФВ является *основной единицей* данной системы. В Российской Федерации используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417—81. В качестве основных единиц приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и канделла (табл. 1.1).

Производная единица* — это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или с основными и уже определенными производными. Производные единицы системы СИ, имеющие собственное название, приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Основные и дополнительные единицы физических величин системы СИ

Величина		Единица			
				Обозначение	
Наименование	Размерность	Рекомендуемое обозначение	Наименование	русское	международное

Длина	Основные				
	L	l	метр	м	m
Масса	M	m	килограмм	кг	kg
Время	T	t	секунда	с	s
Сила электрического тока	I	I	ампер	A	A
Термодинамическая температура	Q	T	кельвин	K	K
Количество вещества	N	n, v	моль	моль	mol
Сила света	J	J	канделла	кд	cd
Плоский угол	Дополнительные				
	—	—	радиан	рад	rad
Телесный угол	—	—	стерадиан	ср	sr

Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название

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

Для установления производных единиц следует:

- выбрать ФВ, единицы которых принимаются в качестве основных;
- установить размер этих единиц;
- выбрать определяющее уравнение, связывающее величины, измеряемые основными единицами, с величиной, для которой устанавливается производная единица. При этом символы всех величин, входящих в определяющее уравнение, должны рассматриваться не как сами величины, а как их именованные числовые значения;

• приравнять единице (или другому постоянному числу) коэффициент пропорциональности K_e , входящий в определяющее уравнение. Это уравнение следует записывать в виде явной функциональной зависимости производной величины от основных.

Установленные таким способом производные единицы могут быть использованы для введения новых производных величин. Поэтому в определяющие уравнения наряду с основными единицами могут входить и производные, единицы которых определены ранее.

Производные единицы бывают когерентными и некогерентными. *Когерентной называется производная единица ФВ, связанная с другими единицами системы уравнением, в котором числовой множитель принят равным единице.* Например, единицу скорости образуют с помощью уравнения, определяющего скорость прямолинейного и равномерного движения точки: $v = L/t$, где L — длина пройденного пути; t — время движения. Подстановка вместо L и t их единиц в системе СИ дает $v = 1$ м/с. Следовательно, единица скорости является когерентной.

Если уравнение связи содержит числовой коэффициент, отличный от единицы, то для образования когерентной единицы системы СИ в правую часть уравнения подставляют величины со значениями в единицах СИ, дающие после умножения на коэффициент общее числовое значение, равное единице. Например, если для образования когерентной единицы энергии применяют уравнение $E = 0,5mv^2$, где m — масса тела; v — его скорость, то когерентную единицу энергии можно образовать двумя путями:

$$E = 0,5(2mv^2) = 0,5 (1 \text{ м/с})^2 = 1 (\text{кг м}^2/\text{с}^2) = 1 \text{ Дж};$$

$$E = 0,5m (2v^2) = 0,5 (1 \text{ кг})(2 \text{ м/с})^2 = 1 (\text{кг м}^2/\text{с}^2) = 1 \text{ Дж}.$$

Следовательно, когерентной единицей СИ является джоуль, равный ньютону, умноженному на метр. В рассмотренных случаях он равен кинетической энергии тела массой 2 кг, движущегося со скоростью 1 м/с, или тела массой 1 кг, движущегося со скоростью $\sqrt{2}$ м/с.

Единицы ФВ делятся на системные и внесистемные. *Системная единица* — единица ФВ, входящая в одну из принятых систем. Все основные, производные, кратные и дольные единицы являются системными. *Внесистемная единица* — это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ разделяют на четыре вида:

- допускаемые наравне с единицами СИ, например: единицы массы — тонна; плоского угла — градус, минута, секунда; объема — литр и др. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл. 1.3;
- допускаемые к применению в специальных областях, например: астрономическая единица, парсек, световой год — единицы длины в астрономии; диоптрия — единица оптической силы в оптике; электрон-вольт — единица энергии в физике и т.д.;
- временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: морская миля — в морской навигации; карат — единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;
- изъятые из употребления, например: миллиметр ртутного столба — единица давления; лошадиная сила — единица мощности и некоторые другие.

Таблица 1.3

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
1	2	3	4
Масса	тонна	т	10^3 кг
	атомная единица массы	а.е.м.	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг (приблизительно)
	Время	минута	мин
	час	ч	3600с
	сутки	сут	86400с...
Плоский угол	градус	$^\circ$	$(\pi/180)$ рад = $1,745329... \times 10^{-2}$ рад
	минута	.../	$(\pi/10800)$ рад = $2,908882... \times 10^{-4}$ рад

	секунда	...//	$(\pi / 648000)$ рад = 4,848 137... x 10 ⁻⁶ рад
	град	град	$(\pi / 200)$ рад
Объем	литр	л	10 ⁻³ м ³
Длина	астрономическая единица	а.е.	1,45598- 10 ¹¹ м (приблизительно)
	световой год	св. год	9,4605- 10 ¹⁵ м (приблизительно)
	парсек	ПК	3,0857- 10 ¹⁶ м (приблизительно)
Оптическая сила	диоптрия	дптр	1 м ⁻¹
Площадь	гектар	га	10 ⁴ м ²
Энергия	электрон-вольт	эВ	1,60219- 10 ⁻¹⁹ Дж (приблизительно)
Полная мощность	вольт-ампер	В-А	—
Реактивная мощность	вар	вар	—

Различают кратные и дольные единицы ФВ. *Кратная единица* — это единица ФВ, в целое число раз превышающая системную или внесистемную единицу. Например, единица длины километр равна 10³ м, т. е. кратна метру. *Дольная единица* — единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы. Например, единица длины миллиметр равна 10⁻³ м, т. е. является дольной. Приставки для образования кратных и дольных единиц приведены в табл. 1.4.

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

Множитель	Приставка	Обозначение приставки		Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
10 ¹⁸	экса	E	Э	10 ⁻¹	деци	d	д
10 ¹⁵	пета	P	П	10 ⁻²	санتي	c	с
10 ¹²	тера	T	Т	10 ⁻³	милли	m	м
10 ⁹	гига	G	Г	10 ⁻⁶	микро	μ*	мк
10 ⁶	мега	M	М	10 ⁻⁹	нано	n	н
10 ³	кило	k	к	10 ⁻¹²	пико	P	п
10 ²	гекто	h	г	10 ⁻¹⁵	фемто	f	ф
10 ¹	дека	da	да	10 ⁻¹⁸	атто	a	а

В системе СИ впервые введено понятие *дополнительных единиц*, к которым отнесены единицы плоского и телесного углов — радиан и стерadian.

1.3. Международная система единиц (система СИ)

Единая международная система единиц (система СИ) была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г.

На территории нашей страны система единиц СИ действует с 1 января 1982 г. в соответствии с ГОСТ 8.417—81. Система СИ является логическим развитием предшествовавших ей систем единиц СГС и МКГСС и др.

В настоящее время широко применяются две системы единиц СИ и СГС (симметричная, или гауссова). Система СГС существует более 100 лет и до сих пор используется в точных науках — физике, астрономии. Однако ее все более теснит система СИ — единственная система единиц ФВ, которая принята и используется в большинстве стран мира. Это обусловлено ее достоинствами и преимуществами перед другими системами единиц, к которым относятся:

- универсальность, т. е. охват всех областей науки и техники;
- унификация всех областей и видов измерений;
- когерентность величин;
- возможность воспроизведения единиц с высокой точностью в соответствии с их определением;

- упрощение записи формул в физике, химии, а также в технических науках в связи с отсутствием переводных коэффициентов;
- уменьшение числа допускаемых единиц;
- единая система образования кратных и дольных единиц, имеющих собственные наименования;
- облегчение педагогического процесса в средней и высшей школах, так как отпадает необходимость в изучении множества систем единиц и внесистемных единиц;
- лучшее взаимопонимание при развитии научно-технических и экономических связей между различными странами.

Исторически сложилось так, что закономерные научно обоснованные связи были установлены сначала в области геометрии и кинематики, затем динамики, термодинамики и электромагнетизма. Последовательно строились и системы единиц. В связи с этим общего решения всей совокупности уравнений связи можно было избежать, а их решение свести к последовательному определению единиц в соответствующих разделах физики.

В геометрии и кинематике для установления связей между единицами достаточно уравнения

$$v = K_e \frac{dL}{dt} \quad (1.3)$$

где v — скорость; K_e — коэффициент пропорциональности; L — длина; t — время. Первоначально (до 1983 г.) в качестве основных величин были выбраны единицы измерения длины и времени, а в качестве производной — скорость ($n = 1$). При этом $N - n = 3 - 1 = 2$.

В 1983 г. основными были названы единицы измерения времени и скорости, при этом скорости света в вакууме было придано точное, но в принципе произвольное значение $c_0 = 299\,792\,458$ м/с. Длина и ее единица — метр, по существу, стали производными. Однако формально длина в СИ остается основной ФВ, и ее единица определяется следующим образом: *метр* — расстояние, которое проходит свет в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды.

Секунда — $9\,192\,631\,770$ периодов излучения, соответствующих переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Коэффициент пропорциональности K_e в уравнении (1.3) равен единице. Если бы в 1983 г. было сохранено существовавшее ранее определение метра ("криптоновый") и одновременно постулировано постоянство скорости света, K_e нельзя было бы считать равным единице — он выступал бы как экспериментально определяемая мировая константа.

Для образования системы единиц в области геометрии и кинематики к уравнению (1.3) следует добавить уравнения связи для площади (например, квадрата), объема (например, куба), ускорения и т.д. При добавлении уравнений каждый раз вводится одна новая ФВ и соответственно одно уравнение связи, при этом разность $N - n = 2$ сохраняется, и система единиц оптимальна.

При переходе к динамике уравнение (1.3) дополняется уравнениями второго закона Ньютона

$$F = k_1 m a \quad (1.4)$$

и закона всемирного тяготения

$$F = k_2 \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1.5)$$

где k_1, k_2 — коэффициенты пропорциональности; m_1, m_2 — масса тел; a — ускорение; r — расстояние между телами. Добавляются два уравнения связи и вводятся две новые ФВ — масса и сила, разность $N - n = 2$ при этом не меняется. При добавлении остальных уравнений механики для давления, работы, мощности и т.д. рассматриваемая разность также не изменяется.

Оба коэффициента в уравнениях (1.4) и (1.5) можно было бы приравнять $k = 1$, при этом сила и масса стали бы производными физическими величинами. Считая, что $m = m_1 = m_2$ из уравнений (1.4) и (1.5) получаем $m = a \cdot r^2$, т. е. единица массы есть масса такой материальной точки, которая сообщает единичное ускорение любой другой материальной точке, находящейся на единичном расстоянии. Такая производная единица массы имеет размерность $\text{м}^3/\text{с}$ и примерно равна $1,5 \cdot 10^{10}$ кг.

Следует отметить, что точность воспроизведения единицы массы при таком ее определении была бы весьма низкой. Поэтому, принимая во внимание второй, четвертый и пятый критерии выбора единиц ФВ, ввели "лишнюю" основную единицу — килограмм (единицу массы). При этом в одном из законов Ньютона — втором или всемирного тяготения, требовалось сохранить коэф-

коэффициент пропорциональности. Он был оставлен в менее широко применяемом на практике законе всемирного тяготения. Мирозапа константа — гравитационная постоянная $\gamma = (6,6720 \pm 0,041) \cdot 10^{-11}$ (Н·м²)/кг². Полученная система единиц ФВ не оптимальна с точки зрения первого критерия, но с точки зрения практического удобства — оптимальна.

Килограмм — масса международного прототипа килограмма, представляющего собой цилиндр из сплава платины и иридия. Следует отметить, что при таком определении килограмма не выполняется третий базовый критерий выбора основных единиц системы ФВ. Эталон килограмма является единственным уничто-жимым эталоном из всех эталонов основных единиц системы СИ. Он подвержен старению и требует применения громоздких поверочных схем. Современное развитие науки пока не позволяет с достаточной степенью точности связать килограмм с естественными атомными константами. Часть из них, имеющих собственное название, приведена в табл. 1.2.

Одна из главных ФВ, используемых при описании тепловых процессов, — *температура T*. Ее единица может быть получена как производная с использованием уже введенных ФВ геометрии и механики на основании одного из следующих уравнений.

Первое из них, называемое законом Менделеева — Клайперона,

$$pV = \frac{m}{M}RT,$$

где p — давление газа; V , m — соответственно его объем и масса; M — молярная масса; R — универсальная газовая постоянная, определяет абсолютную температуру как величину, пропорциональную произведению давления на объем одного моля газа. Развитие кинетической теории идеальных газов позволило определить температуру как величину, пропорциональную средней кинетической энергии W поступательного движения молекулы идеального газа:

$$W = \frac{3}{2}k_b T$$

где k_b — постоянная Больцмана. Закон Стефана — Больцмана связывает температуру с объемной плотностью W_R электромагнитного излучения:

$$W_R = \sigma T^4$$

где a — постоянная Стефана — Больцмана. Закон смещения Вина связывает длину волны λ_m такого излучения, на которую приходится максимум излучения, с температурой:

$$\lambda_m = b/T$$

где A — постоянная Вина.

В термодинамике показано, что приведенные четыре формулы определяют одну и ту же температуру, которая получила название *термодинамической*. Любой из коэффициентов R , k_b , σ или b , используемых в формулах, можно было бы приравнять к единице. Это обеспечило бы разные размерности температуры как производной единицы. Однако историческое развитие науки и то исключительно важное место, которое занимает температура в современной физике и технике, сделали целесообразным выделение ее в ряд основных величин. В связи с введением "лишней" основной единицы возникает новая фундаментальная константа — постоянная Больцмана. Универсальная газовая постоянная, постоянная Стефана — Больцмана и Вина выражаются через постоянную Больцмана и другие константы [31].

Температура измеряется в Кельвинах. Один кельвин равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды.

Остальные тепловые единицы образуются на основании известных уравнений связи между ними и введенными ранее физическими величинами.

Для описания акустических величин не требуется вводить новые основные величины, следовательно, все -используемые в акустике ФВ являются производными.

В физике электромагнитных явлений к уравнениям механики необходимо добавить: уравнение закона Кулона (основной закон электростатики), уравнение связи между электрическим током и электрическим зарядом и уравнение закона Ампера (основной закон электродинамики). В этих уравнениях введены четыре новые физические величины: электрический ток i , электрический заряд q , магнитная проницаемость μ_0 , μ и диэлектрическая проницаемость ϵ_0 , ϵ . Следовательно, в данном случае $N-n=1$. Под μ и ϵ понимаются относительные проницаемости, а под μ_0 и ϵ_0 — абсолютные проницаемости вакуума.

Для получения оптимальной системы электромагнитных единиц достаточно было к трем выбранным в механике основным единицам добавить одну электромагнитную, выбрав ее из четырех вновь введенных величин. При выборе учитывался ряд важных факторов. Во-первых, к моменту становления системы СИ в физике, электро- и радиотехнике широко использовались так называемые практические единицы: кулон, ампер, вольт, джоуль и др. Их

желательно было сохранить. Во-вторых, необходимо было объединить указанные единицы с механическими и тепловыми кратными и дольными единицами существовавшей системы СГС, создав единую для всех областей науки систему единиц.

В системе СИ за основную единицу выбрана единица абсолютной магнитной проницаемости $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, называемая *магнитной постоянной*. Однако формально основной единицей считается ампер. Это связано с тем, что при выборе основной единицы путем постулирования ее истинного значения оказывается невозможным материализовать данную единицу в виде эталона. Поэтому реализация такой единицы осуществляется через какую-либо производную единицу. Так, единица скорости материализуется эталоном метра, а единица магнитной проницаемости — эталоном ампера. В разделе электромагнетизма системы СИ нет мировых констант, поскольку система оптимальна и не содержит "лишней" единицы.

По определению, *ампер* — сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Поскольку скорость света в вакууме в системе СИ принята равной 299 792 458 м/с, то электрическая проницаемость вакуума ϵ_0 называется электрической постоянной, также будет точной постоянной:

$$\epsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2) = 8,854187187 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

Световые измерения, т. е. измерения параметров электромагнитных колебаний с длиной волны от 0,38 до 0,76 мкм, имеют ту особенность, что в них очень большую роль играет ощущение человека, воспринимающего световой поток посредством глаз. Поэтому световые измерения не вполне объективны. Наблюдателя интересует только та часть потока электромагнитных колебаний, которая напрямую воздействует на глаз. В связи с этим обычные энергетические характеристики являются не совсем удобными для описания результатов таких измерений. Между энергетическими и световыми величинами существует однозначная взаимосвязь, и, строго говоря, для проведения измерений световых величин не требуется введения новой основной величины. Однако, учитывая исторически сложившееся к моменту возникновения системы СИ число основных единиц ФВ, а также значительное влияние на результаты световых измерений субъекта измерений — человека, было принято решение ввести единицу силы света — канделлу. *Канделла* — сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила излучения которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт·ср⁻¹.

Проведенные исследования показали, что средний глаз человека имеет наибольшую чувствительность при длине волны около 0,555 мкм, что соответствует частоте $540 \cdot 10^{12}$ Гц. Эту зависимость чувствительности глаза от длины волны излучения описывают *абсолютной световой эффективностью*, которая равна отношению светового потока (т. е. оцениваемой нашим глазом мощности излучения) к полному потоку излучения (к полной мощности электромагнитного излучения). Световая эффективность представляет собой величину, позволяющую переходить от энергетических величин к световым. Она измеряется в люменах, деленных на ватт. Максимальной световой эффективности придано точное значение $K_m = 683$ Лм/Вт, тем самым она возведена в ранг фундаментальных констант. В связи с этим канделла определяется путем косвенных измерений и, следовательно, является производной физической величиной, формально оставаясь основной. Остальные световые величины — производные и выражаются через введенные ранее ФВ.

Последняя основная единица системы СИ — моль была дополнительно введена в систему спустя 11 лет после введения первых шести единиц на XIV Генеральной конференции по мерам и весам в 1971 г. *Моль* — количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится в углероде, — 12 массой 0,0012 кг. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или группами частиц.

Введение этой единицы было встречено научной общественностью очень неоднозначно. Дело в том, что при введении моля был допущен ряд отступлений от принципов образования систем физических величин. Во-первых, не было дано четкого и однозначного определения основополагающего понятия "количество вещества". Под количеством вещества можно понимать как массу того или иного вещества, так и количество структурных единиц, содержащихся в данном веществе. Во-вторых, из определения основной единицы неясно, каким

образом возможно получение объективно количественной информации о ФВ при помощи измерений.

В этой связи возникает вопрос о функции, выполняемой молем среди основных единиц СИ. Любая основная единица призвана осуществлять две функции. Воспроизведенная в виде эталона, она обеспечивает единство измерений не только собственной ФВ, но и производных величин, в формировании размерности которых она участвует. С формальных позиций при образовании удельных величин моль входит в их размерность. Тем не менее удельную величину не следует отождествлять с производной ФВ.

Удельные величины отличаются от соответствующих ФВ только количественно. Они представляют тот же количественный аспект измеряемого свойства, только отнесенный либо к единице массы, либо к единице объема, либо в рассматриваемом случае — к молю. Отсюда следует, что моль не выполняет одну из самых главных функций единицы основной ФВ. Не выполняет моль и функции обеспечения единства измерений количества вещества. В большинстве публикаций подчеркивается [5], что моль является расчетной единицей и эталона для его воспроизведения не существует. Нет также ни одного метода и средства, предназначенного для измерения моля в соответствии с его определением. Все это свидетельствует о том, что следует ожидать исключения моля из числа основных единиц ФВ.

В систему СИ введены две дополнительные единицы — радиан истерадиан.

Радиан — это единица измерения плоского угла — угла между двумя радиусами окружности, длина дуги которой равна радиусу. На практике часто используется градус ($1^\circ = 2\pi/360$ рад = 0,017453 рад), минута ($1' = 1^\circ/60 = 2,9088 \cdot 10^{-4}$ рад) и секунда ($1'' = 1'/60 = 4,8481 \cdot 10^{-6}$ рад). Соответственно 1 рад = $57^\circ 17' 45'' = 57,2961^\circ = (3,4378 \cdot 10^3)'' = (2,0627 \cdot 10^5)''$.

Стерадиан — это единица измерения угла — угла с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Во всех системах единиц плоский ϕ и телесный Q углы вводятся посредством уравнений $\phi = l/R$; $Q = S/R^2$

где l — длина дуги, вырезаемой центральным плоским углом ϕ на окружности радиуса R ; S — площадь, вырезаемая центральным телесным углом на шаре с радиусом R . В соответствии с этими определениями у обоих углов нет размерности в любой системе единиц: $[\phi] = L/L$, $[Q] = L^2/L^2$

1.4. Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров

При проведении измерений необходимо обеспечить их единство. Под *единством измерений* понимается характеристика качества измерений, заключающаяся в том, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам воспроизведенных величин, а погрешности результатов измерений известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы. Понятие "единство измерений" довольно емкое. Оно охватывает важнейшие задачи метрологии: унификацию единиц ФВ, разработку систем воспроизведения величин и передачи их размеров рабочим средствам измерений с установленной точностью и ряд других вопросов. Единство измерений должно обеспечиваться при любой точности, необходимой науке и технике. На достижение и поддержание на должном уровне единства измерений направлена деятельность государственных и ведомственных метрологических служб, проводимая в соответствии с установленными правилами, требованиями и нормами. На государственном уровне деятельность по обеспечению единства измерений регламентируется стандартами Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) или нормативными документами органов метрологической службы.

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых проградуированы все существующие СИ одной и той же величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения в специализированных учреждениях установленных единиц ФВ и передачи их размеров применяемым СИ.

Воспроизведение единицы физической величины — это совокупность операций по материализации единицы ФВ с наивысшей точностью посредством государственного эталона или исходного Образцового СИ. Различают воспроизведение основной и производной единиц *Воспроизведение основной единицы* — это воспроизведение единицы путем создания фиксированной по размеру ФВ в соответствии с определением единицы. Оно осуществляется с помощью государственных первичных эталонов. Например, единица массы — 1 килограмм

(точно) воспроизведена в виде платиноиридиевой гири, хранимой в Международном бюро мер и весов в качестве международного эталона килограмма. Розданные другим странам эталоны имеют номинальное значение 1 кг. На основании последних международных сличений (1979) платиноиридиевая гиря, входящая в состав государственного эталона РФ, имеет массу 1,000000087 кг.

Воспроизведение производной единицы — это определение значения ФВ в указанных единицах на основании косвенных измерений других величин, функционально связанных с измеряемой. Так, воспроизведение единицы силы — ньютона — осуществляется на основании известного уравнения механики $F = mg$, где m — масса; g — ускорение свободного падения.

Передача размера единицы — это приведение размера единицы, хранимой поверяемым средством измерений, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при поверке или калибровке. Размер единицы передается "сверху вниз" — от более точных СИ к менее точным.

Хранение единицы — совокупность операций, обеспечивающих неизменность во времени размера единицы, присущего данному СИ. Хранение эталона единицы ФВ предполагает проведение взаимосвязанных операций, позволяющих поддерживать метрологические характеристики эталона в установленных пределах. При хранении первичного эталона выполняются регулярные его исследования, включая сличения с национальными эталонами других стран с целью повышения точности воспроизведения единицы и совершенствования методов передачи ее размера.

Эталон — средство измерений (или комплекс СИ), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме СИ и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке. Классификация, назначение и общие требования к созданию, хранению и применению эталонов устанавливает ГОСТ 8.057—80.

Перечень эталонов не повторяет перечня ФВ. Для ряда единиц эталоны не создаются из-за того, что нет возможности непосредственно сравнивать соответствующие ФВ, например, нет эталона площади. Не создаются эталоны и в том случае, когда единица ФВ воспроизводится с достаточной точностью на основе сравнительно простых средств измерений других ФВ.

Конструкция эталона, его физические свойства и способ воспроизведения единицы определяются ФВ, единица которой воспроизводится, и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений. Эталон должен обладать, по крайней мере, тремя взаимосвязанными свойствами: неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.

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

Воспроизводимость — возможность воспроизведения единицы ФВ (на основе ее теоретического определения) с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники. Это достигается путем постоянного исследования эталона в целях определения систематических погрешностей и их исключения путем введения соответствующих поправок.

Сличаемость — возможность сличения с эталоном других СИ, Нижестоящих по поверочной схеме, в первую очередь вторичных эталонов, с наивысшей точностью для существующей техники измерения. Это свойство предполагает, что эталоны по своему устройству и действию не вносят каких-либо искажений в результаты сличений и сами не претерпевают изменений в результате сличений.

Различают следующие виды эталонов (РМГ 29—99):

- *первичный* — обеспечивает хранение и воспроизведение с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами) точностью. Первичные эталоны — это уникальные СИ, часто представляющие собой сложнейшие измерительные комплексы, созданные с учетом новейших достижений науки и техники. Они составляют основу государственной системы обеспечения единства измерений;
- *международный* — эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами;
- *государственный или национальный* — это первичный или специальный эталон, официально утвержденный в качестве исходного для страны. Государственные эталоны создаются, хранятся и применяются центральными метрологическими научными институтами страны. Точность воспроизведения единицы должна соответствовать уровню лучших мировых достижений и

удовлетворять потребностям науки и техники. В состав государственных эталонов включаются СИ, с помощью которых воспроизводят и (или) хранят единицу ФВ, контролируют условия измерений и неизменность воспроизводимого или хранимого размера единицы, осуществляют передачу размера единицы. Государственные эталоны подлежат периодическим сличениям с государственными эталонами других стран. Термин "национальный эталон" применяется в случаях проведения сличения эталонов, принадлежащих отдельным государствам, с международным эталоном или при проведении так называемых круговых сличений эталонов ряда стран;

- *вторичный* — хранит размер единицы, полученной путем сличения с первичным эталоном соответствующей ФВ. Вторичные эталоны являются частью подчиненных средств хранения единиц и передачи их размеров, создаются и утверждаются в тех случаях, когда это необходимо для организации поверочных работ, а также для обеспечения сохранности и наименьшего износа государственного эталона. В состав вторичных эталонов включаются СИ, с помощью которых хранят единицу ФВ, контролируют условия хранения и передают размер единицы. Вторичный или рабочий эталон, являющийся исходным для министерства (ведомства), иногда называют ведомственным эталоном. Совокупность государственных первичных или вторичных эталонов, являющихся основой обеспечения единства измерений в стране, составляет эталонную базу страны;

- *эталон сравнения* — применяется для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом;

- *рабочий эталон* — применяется для передачи размера единицы рабочим средствам измерений. Это самые распространенные эталоны. С целью повышения точности измерений ФВ рабочие эталоны применяются во многих территориальных метрологических органах и лабораториях министерств и ведомств.

В зависимости от количества СИ, входящих в эталон, различают:

- одиночный эталон, в составе которого имеется одна СИ (мера, измерительный прибор, эталонная установка) для воспроизведения и (или) хранения единицы;

- групповой эталон, в состав которого входит совокупность СИ одного типа, номинального значения или диапазона измерений;

- эталонный набор, состоящий из совокупности СИ, позволяющий воспроизводить и (или) хранить единицу в диапазоне, представляющем объединение диапазонов указанных средств. Например, эталонные разновесы (набор эталонных гирь), эталонные наборы ареометров.

Если эталон (иногда специальной конструкции) предназначен для транспортирования к местам поверки (калибровки) СИ или сличений эталонов данной единицы, то он называется транспортируемым.

Способы выражения погрешности эталонов устанавливает ГОСТ 8.381—80. Погрешности государственных первичных и специальных эталонов характеризуются неисключенной систематической погрешностью и нестабильностью. Неисключенная систематическая погрешность описывается границами, в которых она находится. Случайная погрешность определяется средним квадратическим отклонением (СКО) результата измерений при воспроизведении единицы с указанием числа независимых измерений. Нестабильность эталона задается изменением размера единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, за определенный промежуток времени.

Оценки погрешностей вторичных эталонов характеризуются отклонением размеров хранимых ими единиц от размера единицы, воспроизводимой первичным эталоном. Для вторичного эталона указывается суммарная погрешность, включающая случайные погрешности сличаемых эталонов и погрешности передачи размеров единицы от первичного (или более точного) эталона, а также нестабильность самого вторичного эталона. Суммарная погрешность вторичного эталона характеризуется либо СКО результата измерений при его сличении с первичным эталоном или вышестоящим по поверочной схеме вторичным эталоном, либо доверительной границей погрешности с доверительной вероятностью 0,99.

Передача размеров единиц ФВ от эталонов рабочим мерам и измерительным приборам осуществляется с помощью рабочих эталонов. До недавнего времени в нашей стране вместо термина "рабочие эталоны" использовался термин "образцовые средства измерений"*, который в большинстве других стран не применяется.

Рабочие эталоны при необходимости подразделяются на разряды 1,2 и т.д., определяющие порядок их соподчинения в соответствии с поверочной схемой. Для различных видов измерений устанавливается, исходя из требований практики, различное число разрядов рабочих эталонов, определяемых стандартами на поверочные схемы для данного вида измерений.

Обеспечение правильной передачи размера единиц ФВ во всех звеньях метрологической цепи осуществляется посредством поверочных схем. *Поверочная схема* — это нормативный

документ, который устанавливает соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы от эталона к рабочим СИ с указанием методов и погрешности, и утвержден в установленном порядке. Основные положения о поверочных схемах приведены в ГОСТ 8.061—80. Поверочные схемы делятся на государственные и локальные.

Государственная поверочная схема распространяется на все СИ данной ФВ, имеющиеся в стране. Она разрабатывается в виде государственного стандарта, состоящего из чертежа поверочной схемы и текстовой части, содержащей пояснения к чертежу.

Локальная поверочная схема распространяется на СИ данной ФВ, применяемые в данном регионе, отрасли, ведомстве или на отдельном предприятии (организации).

Локальные поверочные схемы не должны противоречить государственным поверочным схемам для СИ одних и тех же ФВ. Они могут быть составлены при отсутствии государственной поверочной схемы. В них допускается указывать конкретные типы (экземпляры) СИ. Локальные поверочные схемы оформляют в виде чертежа, элементы которого приведены на рис. 1.3.

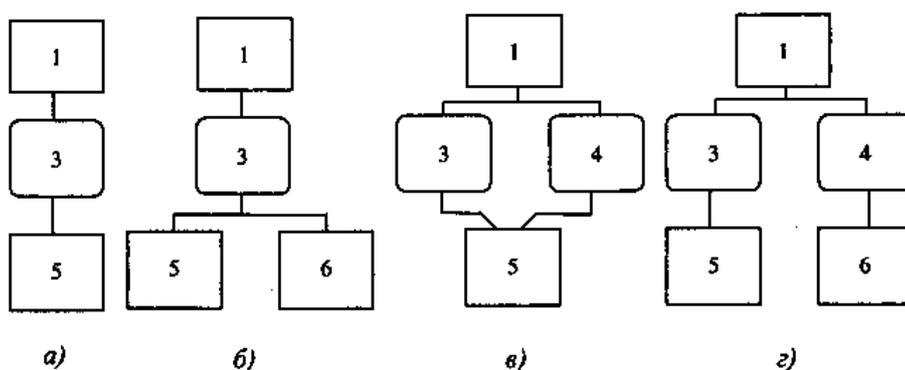


Рис. 1.3. Элементы графического изображения поверочных схем при передаче размера:

а — от эталона 1 к объекту 5 методом 3; *б* — от эталона 1 к объектам поверки 5 и 6 методом 3; *в* — от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3 или 4; *г* — от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3 и объекту поверки 6 методом 4

Поверочная схема устанавливает передачу размера единиц одной или нескольких взаимосвязанных величин. Она должна включать не менее двух ступеней передачи размера. Поверочную схему для СИ одной и той же величины, существенно отличающихся по диапазонам измерений, условиям применения и методам поверки, а также для СИ нескольких ФВ допускается подразделять на части. На чертежах поверочной схемы должны быть указаны:

- наименования СИ и методов поверки;
- номинальные значения ФВ или их диапазоны;
- допускаемые значения погрешностей СИ;
- допускаемые значения погрешностей методов поверки. Правила расчета параметров поверочных схем и оформление

чертежей поверочных схем приведены в ГОСТ 8.061—80 и в рекомендациях МИ 83—76.

Поверка — это операция, проводимая уполномоченным органом и заключающаяся в установлении пригодности СИ к применению на основании экспериментально определенных метрологических характеристик и контроля их соответствия предъявляемым требованиям. Основной метрологической характеристикой, определяемой при поверке СИ, является его погрешность. Она находится на основании сравнения поверяемого СИ с более точным СИ — рабочим эталоном. Различают поверки: первичную, периодическую, внеочередную, инспекционную, комплексную, поэлементную и выборочную (РМГ 29—99).

Основные требования к организации и порядку проведения поверки СИ приведены в правилах по метрологии ПР 50.2.006—94, а также в рекомендациях МИ 187—86 и МИ 188—86.

Поверка выполняется метрологическими службами, которым дано на это право. Средство измерений, признанное годным к применению, оформляется выдачей свидетельства о поверке, нанесением поверительного клейма или иными способами, устанавливаемыми нормативно-техническими документами.

В ряде случаев поверку называют градуировкой. *Градуировка* — нанесение отметок на шкалу, соответствующих показаниям образцового СИ или определение по его показаниям уточненных значений величины, соответствующих нанесенным отметкам на шкале рабочего СИ.

Если СИ не подлежат обязательному метрологическому контролю и надзору, то они подвергаются калибровке.

Калибровка—это совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного СИ, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона.

По результатам калибровки определяют действительное значение измеряемой величины, показываемое данными СИ, или поправки к его показаниям. Можно оценить погрешность СИ и ряд других метрологических характеристик.

Поверка измерительных приборов проводится методом:

- непосредственного сравнения измеряемых величин и величин, воспроизводимых образцовыми мерами соответствующего класса точности;
- непосредственного сличения показаний поверяемого и некоторого образцового прибора при измерении одной и той же величины. Основой данного метода служит одновременное измерение одного и того же значения ФВ поверяемым и образцовым СИ. Разность показаний этих приборов равна абсолютной погрешности поверяемого средства измерений.

Существуют и другие методы поверки, которые, однако, используются гораздо реже. Они рассмотрены в [2; 43].

Важным при поверке является выбор оптимального соотношения между допускаемыми погрешностями образцового и поверяемого СИ. Обычно, когда при поверке вводят поправки на показания образцовых средств измерений, это соотношение принимается равным 1:3 (исходя из критерия ничтожно малой погрешности). Если же поправки не вводят, то образцовые СИ выбираются из соотношения 1:5. Соотношение допускаемых погрешностей поверяемых и образцовых СИ устанавливается с учетом принятого метода поверки, характера погрешностей, допускаемых значений ошибок I и II родов и иногда может значительно отличаться от указанных ранее цифр.

Для ряда областей измерений, и в первую очередь для физико-химических измерений, чрезвычайно перспективным средством повышения эффективности поверочных работ является применение стандартных образцов (СО). Правила работы с СО устанавливает ГОСТ 8.315—97. Согласно этому документу, стандартный *образец состава и свойств веществ и материалов* — это средство измерений в виде вещества (материала), состав или свойства которого установлены аттестацией. Можно дать и другое определение: *стандартный образец* — образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

Стандартные образцы предназначены для обеспечения единства и требуемой точности измерений посредством:

- градуировки, метрологической аттестации и поверки СИ;
- метрологической аттестации методик выполнения измерений;
- контроля показателей точности измерений;
- измерения ФВ, характеризующих состав или свойства веществ материалов, методами сравнения.

По своему назначению СО исполняют роль мер, однако в отличие от "классических" мер они имеют ряд особенностей. Например, образцы состава воспроизводят значения ФВ, характеризующих состав или свойства именно того материала (вещества), из которого они изготовлены. Стандартные образцы, как правило, не являются изделиями, они реализованы обычно в виде, части или порции однородного вещества (материала), причем эта часть является полноценным носителем воспроизводимой единицы ФВ, а не ее части. Эта особенность образцов отражена в требованиях к их однородности по составу и свойствам. Однородность материала, из которого сделан образец, имеет принципиальное значение, в то время как для меры такая характеристика часто является второстепенной.

Стандартные образцы состава и свойств в отличие от мер характеризуются значительным влиянием неинформативных параметров (примесей, структуры материала и др.). При использовании СО очень часто необходимо учитывать функции влияния таких параметров.

В зависимости от сферы действия и области применения определяется уровень утверждения стандартных образцов. По этому признаку они делятся на *государственные, отраслевые и стандартные* образцы предприятий. Тем СО, которые включены в поверочные схемы, присваивают разряды.

Стандартные образцы объединяются в типы. *Тип* — это классификационная группировка образцов, определяющими признаками которых являются одно и то же вещество, из которого они изготовлены, и единая документация, по которой они выполнены. Типы СО допускаются к применению при условии их утверждения и регистрации в соответствующем реестре. Для каждого типа СО при их аттестации устанавливается срок действия (не более 10 лет) и определяются метрологические характеристики, которые нормируются в документации на их разработку и выпуск. К ним относятся:

- аттестованное значение — значение аттестованной характеристики образца, им воспроизводимое, установленное при его аттестации и приводимое в свидетельстве с указанием погрешности;
- погрешность аттестованного значения — разность между аттестованным и истинным значениями величины, воспроизводимой той частью образца, которая используется при измерении;
- характеристика однородности — характеристика свойства образца, выражающегося в постоянстве значения величины, воспроизводимой его различными частями, используемыми при измерениях;
- характеристика стабильности — характеристика свойства образца сохранять значения метрологических характеристик в установленных пределах в течение указанного в свидетельстве срока годности при соблюдении заданных условий хранения и применения;
- функции влияния — зависимость метрологических характеристик образца от изменения внешних влияющих величин в заданных условиях применения.

1.5. Эталоны единиц системы СИ

Эталонная база России имеет в своем составе 114 государственных эталонов (ГЭ) и более 250 вторичных эталонов единиц физических величин. Из них 52 находятся во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии им. Д.И. Менделеева (ВНИИМ, Санкт-Петербург), в том числе эталоны метра, килограмма, ампера, Кельвина и радиана; 25 — во Всероссийском научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ, Москва), в том числе эталоны единиц времени и частоты; 13 — во Всероссийском научно-исследовательском институте оптико-физических измерений, в том числе эталон канделлы; соответственно 5 и 6 — в Уральском и Сибирском научно-исследовательских институтах метрологии.

В области механики в стране созданы и используются 38 ГЭ, в том числе первичные эталоны метра, килограмма и секунды, точность которых имеет чрезвычайно большое значение, поскольку эти единицы участвуют в образовании производных единиц всех научных направлений.

Единица времени — *секунда* впервые определялась через период вращения Земли вокруг оси или Солнца. До недавнего времени секунда равнялась $1/86400$ части солнечных средних суток.

За средние солнечные сутки принимался интервал времени между двумя последовательными кульминациями "среднего" Солнца. Однако продолжительные наблюдения показали, что вращение Земли подвержено нерегулярным колебаниям, которые не позволяют рассматривать его в качестве достаточно стабильной естественной основы для определения единицы времени. Средние солнечные сутки определяются с погрешностью до 10^7 с. Эта точность совершенно недостаточна при нынешнем состоянии техники.

Проведенные исследования позволили создать новый эталон секунды, основанный на способности атомов излучать и поглощать энергию во время перехода между двумя энергетическими состояниями в области радиочастот. С появлением высокоточных кварцевых генераторов и развитием дальней радиосвязи появилась возможность реализации нового эталона секунды и единой шкалы мирового времени. В 1967 г. XIII Генеральная конференция по мерам и весам приняла новое определение секунды как интервала времени, в течение которого совершается $9\ 192\ 631\ 770$ колебаний, соответствующих резонансной частоте энергетического перехода между уровнями сверхтонкой структуры основного состояния

атома цезия-133 при отсутствии возмущения внешними полями. Данное определение реализуется с помощью цезиевых реперов частоты [5; 15]. *Репер*, или *квантовый стандарт частоты*, представляет собой устройство для точного воспроизведения частоты электромагнитных колебаний в сверхвысокочастотных и оптических спектрах, основанное на измерении частоты квантовых переходов атомов, ионов или молекул. В пассивных квантовых стандартах используются частоты спектральных линий поглощения, в активных — вынужденное испускание фотонов частицами. Применяются активные квантовые стандарты частоты на пучке молекул аммиака (так называемые молекулярные генераторы) и атомов водорода (водородные генераторы). Пассивные частоты выполняются на пучке атомов цезия (цезиевые реперы частоты).

Государственная поверочная схема для средств измерения времени и частоты определяется по правилам межгосударственной стандартизации ПМГ 18—96. Государственный первичный эталон единицы времени состоит из комплекса следующих средств измерений:

- метрологических цезиевых реперов частоты, предназначенных для воспроизведения размеров единицы времени и частоты в Международной системе единиц;
- водородных стандартов частоты, предназначенных для хранения размеров единиц времени и частоты и одновременно выполняющих функцию хранителей шкал времени. Использование водородных реперов позволяет повысить стабильность эталонов. В настоящее время за период времени от 100 с до нескольких суток она не превышает $(1-5) \cdot 10^{-14}$ [1];
- группы квантовых часов, предназначенных для хранения шкал времени. *Квантовые часы* — это устройство для измерения времени, содержащее генератор, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором, и управляемое квантовыми стандартами частоты;
- аппаратуры для передачи размера единицы частоты в оптический диапазон, состоящей из группы синхронизированных лазеров и сверхвысокочастотных генераторов;
- аппаратуры внутренних и внешних сличений, включающей перевозимые квантовые часы и перевозимые лазеры;
- аппаратуры средств обеспечения.

Диапазон значений интервалов времени, воспроизводимых эталоном, составляет $1 \cdot 10^{10}$ - $1 \cdot 10^8$ с, диапазон значений частоты $1 - 1 \cdot 10^{14}$ Гц. Воспроизведение единиц времени обеспечивается со средним квадратическим отклонением результата измерений, не превышающим $1 \cdot 10^{-14}$ за три месяца, неисключенная систематическая погрешность не превышает $5 \cdot 10^{-14}$. Нестабильность частоты эталона за интервал времени от 1000 с до 10 суток не превышает $5 \cdot 10^{-15}$.

Метр был в числе первых единиц, для которых были введены эталоны. Первоначально в период введения метрической системы мер за первый эталон метра была принята одна десятимиллионная часть четверти длины Парижского меридиана. В 1799 г. на основе ее измерения изготовили эталон метра в виде платиновой концевой меры (метр Архива), представлявший собой линейку шириной около 25 мм, толщиной около 4 мм с расстоянием между концами 1 м.

До середины XX в. проводились неоднократные уточнения принятого эталона. Так, в 1889 г. был принят эталон в виде штриховой меры из сплава платины и иридия. Он представлял собой платиноиридиевый брусок длиной 102 см, имеющий в поперечном сечении форму буквы X, как бы вписанную в воображаемый квадрат, сторона которого равна 20 мм.

Требования к повышению точности эталона длины (платино-иридиевый прототип метра не может дать точности воспроизведения выше 0,1 - 0,2 мкм), а также целесообразность установления естественного и неразрушимого эталона привели к принятию (1960) в качестве эталона метра длины, равной $1/650763,73$ длины волны и вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_0$ и $5d_5$ атома криптона-86 (криптоновый метр). Этот эталон мог воспроизводиться в отдельных метрологических лабораториях, точность его по сравнению с платиноиридиевым прототипом была на порядок выше.

Дальнейшие исследования позволили создать более точный эталон метра, основанный на длине волны в вакууме монохроматического излучения, генерируемого стабилизированным лазером. За эталон метра в 1983 г. было принято расстояние, проходимое светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды. Данное определение метра было законодательно закреплено в декабре 1985 г. после утверждения единых эталонов времени, частоты и длины.

Другой важной основной единицей в механике является *килограмм*. При становлении метрической системы мер в качестве единицы массы приняли массу одного кубического

дециметра чистой воды при температуре ее наибольшей плотности (4°C). Изготовленный при этом первый прототип килограмма представляет собой платиноиридиевую цилиндрическую гирию высотой 39 мм, равной его диаметру. Данное определение эталона килограмма действует до сих пор.

Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения массы определяются ГОСТ 8.021-84.

В области термодинамических величин действуют:

- два первичных и один специальный эталоны, воспроизводящие единицу температуры — *кельвин* в различных диапазонах;
- 11 государственных эталонов теплофизики — количества теплоты, удельной теплоемкости, теплопроводности и др.

Погрешность воспроизведения точки кипения воды составляет 0,002 - 0,0 ГС, точки таяния льда - 0,0002-0,00 ГС. Тройная точка воды, являющаяся точкой равновесия воды в твердой, жидкой и газообразной фазах, может быть воспроизведена в специальных сосудах с погрешностью не более 0,0002°C. В 1954 г. было принято решение о переходе к определению термодинамической температуры T по одной реперной точке — тройной точке воды, равной 273,16 К. Таким образом, единицей термодинамической температуры служит кельвин, определяемый как $1/273,16$ части тройной точки воды. Температура в градусах Цельсия t определяется как $t = T - 273,16$ Кл, Единицей в этом случае является градус Цельсия, который равен кельвину.

: В сентябре 1989 г. на 17-й сессии Консультативного комитета по термометрии была принята международная практическая температурная шкала МТШ-90.

Государственная поверочная схема для средств измерения температуры устанавливается ГОСТ 8.558—93.

В области измерений электрических и магнитных величин (включая радиотехнические) созданы и функционируют 32 эталона. Они перекрывают не только большой диапазон значений измеряемых величин, но и широкий спектр условий их измерений, прежде всего частоты, доходящей до десятков гигагерц. Основу составляют эталоны, которые наиболее точно воспроизводят единицы и определяют размеры остальных производных единиц. Это государственные первичные эталоны единиц ЭДС, сопротивления и электрической емкости. Первые два разработаны недавно и основаны на квантовых эффектах Джозефсона и Холла.

До последнего времени единицу силы электрического тока — *ампер* на практике приходилось определять по тем действиям, которые ток оказывал в окружающей среде, например выделение теплоты при прохождении тока через проводник, осаждение вещества на электродах при прохождении тока через электролит, механические действия тока на магнит или проводник с током.

Государственный первичный эталон ампера состоит из аппаратуры, выполненной на основе квантовых эффектов Джозефсона и квантования магнитного потока (эффект Холла), включая меру напряжения, меру электрического сопротивления, сверхпроводящий компаратор тока и регулируемые источники тока (ГОСТ 8.027-89, ГОСТ 8.022-91).

В 1979 г. на XVI Генеральной конференции мер и весов было принято новое определение, по которому канделла воспроизводится путем косвенных измерений. В России единство измерений световых величин обеспечивает ГОСТ 8.023—90.

Современный государственный эталон канделлы имеет диапазон номинальных значений 30—110 кд, среднее квадратическое отклонение результата измерений — $1 \cdot 10^{-3}$ кд; неисключенная систематическая погрешность составляет $2,5 \cdot 10^{-3}$ кд.

Эталонная база в области измерений параметров ионизирующих излучений насчитывает 14 ГЭ и обеспечивает воспроизведение их величин, как активность радионуклидов и масса радия, экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы, поток энергии и др. Погрешность воспроизведения единиц в этой области составляет доли — единицы процента.

Эталонная база физико-химических измерений состоит из трех государственных эталонов, воспроизводящих единицы молярной доли компонентов в газовых средах, объемного влагосодержания

нефти и нефтепродуктов, относительной влажности газов. Система эталонов в этой области наименее развита. Точность измерений также не очень велика и составляет доли процентов.

Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для измерения плоского угла устанавливаются ГОСТ 8.016—81. Первичный эталон обеспечивает воспроизведение градуса с неисключенной погрешностью не более 0,02".

Контрольные вопросы

1. Дайте определение физической величины. Приведите примеры физических величин, относящихся к механике, оптике, магнетизму и электричеству.
2. Что такое шкала физической величины? Приведите примеры различных шкал ФВ.
3. Что такое размерности физической величины? Запишите размерность следующих величин: паскаля, генри, ома, фарады и вольта.
4. Дайте определение системы физических величин и системы единиц физических величин. Приведите примеры основных и производных физических величин и единиц.
5. Сформулируйте основные принципы построения систем единиц физических величин.
6. Назовите производные единицы системы СИ, имеющие специальные названия.
7. Назовите приведенные значения физических величин, используя кратные и дольные приставки: $5,3 \cdot 10^{13}$ Ом; $10,4 \cdot 10^{13}$ Гц; $2,56 \cdot 10^7$ Па; $4,67 \cdot 10^4$ Ом; 0,067 м; 0,098 с; $7,65 \cdot 10^{-3}$ с; $3,34 \cdot 10^{-6}$ Ф; $45,6 \cdot 10^{-9}$ с; $12,3 \cdot 10^{-13}$ Ф.
8. В чем заключается единство измерений?
9. Что такое эталон единицы физической величины? Какие типы эталонов вам известны?
10. Что такое поверочная схема и для чего она предназначена? Какие существуют виды поверочных схем?
11. Что такое поверка средств измерений и какими способами она может проводиться?
12. Для чего используются стандартные образцы? Назовите их метрологические характеристики. Приведите пример стандартных образцов.
13. Расскажите о государственных эталонах основных единиц системы СИ. Проанализируйте каждый из них с точки зрения неизменности во времени и воспроизводимости,

ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

2.1. Модель измерения и основные постулаты метрологии

Для оценки технического состояния технических систем (ТС) в эксплуатации производят измерения ее выходных параметров и на основе измерительной информации принимают решение о пригодности ТС к дальнейшей эксплуатации или необходимости профилактических (ремонтных) воздействий.

В простейшем случае модель измерения (рис. 2.1) может быть описана функциональной зависимостью изменения выходного сигнала y от изменения входного сигнала x , как $y = f(x)$.

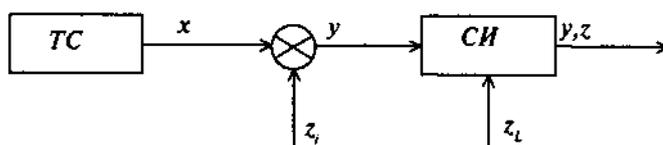


Рис. 2.1. Модель измерения

Однако в процессе измерений возникают различные внешние и внутренние помехи z, z, \dots , которые вносят погрешность в результат измерения. Причем каждая из составляющих имеет свою плотность вероятности $f(x), f(y), f(z)$. Это определяет тот факт, что при многократном измерении одной и той же величины x одним и тем же средством измерения в одинаковых условиях результаты измерения, как правило, различаются между собой и не совпадают с истинным $x_{и}$ значением физической величины

$$Y_1 \neq Y_2 \neq \dots \neq X_{и}$$

Под истинным значением физической величины понимается значение, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующие свойства ТС через ее выходной параметр.

Поскольку истинное значение есть идеальное значение, то в качестве наиболее близкого к нему используют действительное значение x_d , найденное экспериментальным методом, например с помощью более точных СИ.

Изложенное позволяет сформулировать основные постулаты метрологии.

- Истинное значение определяемой величины существует, и оно постоянно.
- Истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно. Отсюда следует, что результат измерения y , как правило, математически связан с измеряемой величиной вероятностной зависимостью.

В дальнейшем необходимо различать термины "измерение", "контроль", "испытание" и "диагностирование". *Контроль* — частный случай измерения, и он проводится с целью установления соответствия измеряемой величины заданному допуску. Контроль используется также для настройки, регулировки и при установке (замене) отдельных блоков ТС.

Более сложной метрологической операцией является *испытание*, которое состоит в воспроизведении в заданной последовательности определенных воздействий, измерении реакций объекта на данное воздействие и регистрации этих реакций.

Диагностирование системы — это процесс распознавания состояния элементов этой системы в данный момент времени. По результатам диагностирования можно прогнозировать состояние элементов системы при дальнейшей ее эксплуатации.

Для проведения измерений с целью контроля, диагностирования или испытания ТС необходимо осуществлять мероприятия, определяющие так называемое проектирование измерений: анализ измерительной задачи с выяснением возможных источников погрешностей; выбор показателей точности измерений; выбор числа измерений, метода и СИ; формулирование исходных данных для расчета погрешности; расчет отдельных составляющих и общей погрешности; расчет показателей точности и сопоставление их с выбранными показателями.

В целом все эти вопросы должны быть отражены в методике выполнения измерений (МВИ). Причем следует отдавать предпочтение инженерным (упрощенным) методам расчета, но степень сложности МВИ должна быть адекватна возможной степени неточности исходных данных.

Именно эти вопросы будут рассмотрены ниже. При этом не рассматриваются методы оценки законов распределения измеряемых величин и погрешностей, оценки их достоверности по критериям согласия, выявления аппроксимирующих функций и точности этих аппроксимаций. Данные вопросы достаточно подробно изложены в работах по теории надежности и математической статистике и относятся к исследовательским (лабораторным) методам измерения [35; 53].

2.2. Виды и методы измерений

Классификация видов измерений приведена на рис. 2.2. Виды измерений определяются физическим характером измеряемой величины, требуемой точностью измерения, необходимой скоростью измерения, условиями и режимом измерений и т. д. Из рис. 2.2 следует, что в метрологии существует множество видов измерений и число их постоянно увеличивается. Можно, например, выделить виды измерений в зависимости от их цели: контрольные, диагностические и прогностические, лабораторные и технические, эталонные и поверочные, абсолютные и относительные и т. д.

Наиболее часто используются *прямые измерения*, состоящие в том, что искомое значение величины находят из опытных данных путем экспериментального сравнения. Например, длину измеряют непосредственно линейкой, температуру — термометром, силу — динамометром. Уравнение прямого измерения: $y = Cx$, где C — цена деления СИ.

Если искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, найденными прямыми измерениями, то этот вид измерений называют *косвенным*. Например, объем параллелепипеда находят путем умножения трех линейных величин (длины, ширины и высоты); электрическое сопротивление — путем деления падения напряжения на величину силы электрического тока. Уравнение косвенного измерения $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x_i — i -й результат прямого измерения.

Совокупные измерения осуществляются путем одновременного измерения нескольких одноименных величин, при которых искомое значение находят решением системы уравнений, получаемых в результате прямых измерений различных сочетаний этих величин. При определении взаимной индуктивности катушки M , например, используют два метода: сложения и вычитания полей. Если индуктивность одной из них L_1 , а другой — L_2 , то находят $L_{01} = L_1 + L_2 + 2M$ и $L_{01} = L_1 + L_2 - 2M$. Откуда $M = (L_{01} - L_{02})/4$.

Совместными называют производимые одновременно (прямые и косвенные) измерения двух или нескольких *неодновременных* величин. Целью этих измерений, по существу, является нахождение функциональной связи между величинами. Например, измерение сопротивления R_t проводника при фиксированной температуре t по формуле

$$R_t = R_0(1 + \alpha \Delta t)$$

где R_0 и α — сопротивление при известной температуре t_0 (обычно 20 °С) и температурный коэффициент — величины постоянные,

измеренные косвенным методом; $\Delta t = t - t_0$ — разность температур; t — заданное значение температуры, измеряемое прямым методом.

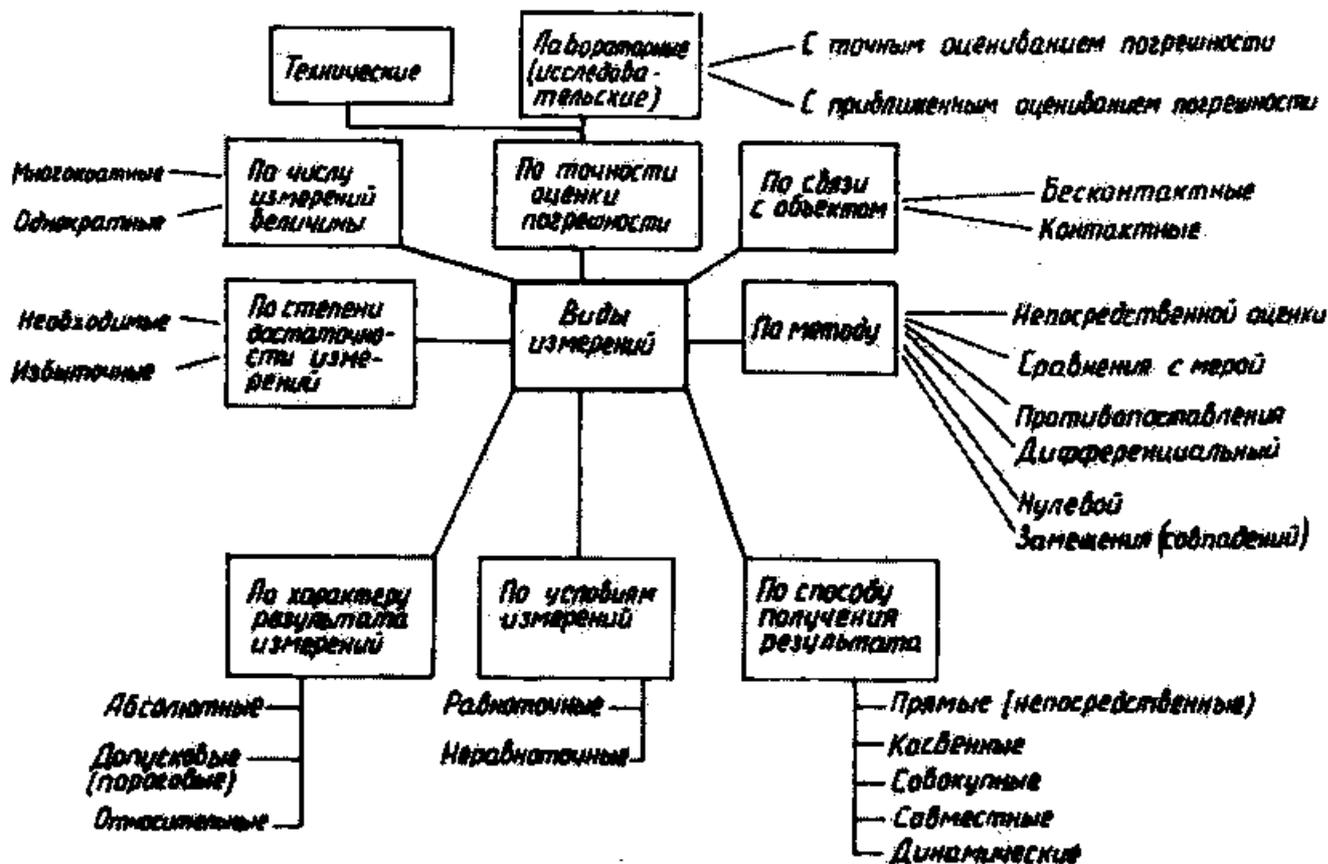


Рис.2.2. классификация видов измерений

Приведенные виды измерений включают различные методы, т. е. способы решения измерительной задачи с теоретическим обоснованием и разработкой использования СИ по принятой МВИ. Методика — это технология выполнения измерений с целью наилучшей реализации метода.

Прямые измерения — основа более сложных измерений, и поэтому целесообразно рассмотреть методы прямых измерений. В соответствии с РМГ 29—99 различают:

1. *Метод непосредственной оценки*, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора, например измерение давления пружинным манометром, массы — на весах, силы электрического тока — амперметром.
2. *Метод сравнения с мерой*, где измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирей; измерение напряжения постоянного тока на компенсаторе сравнением с ЭДС параллельного элемента.
3. *Метод дополнения*, если значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения действовала их сумма, равная заранее заданному значению.

4. *Дифференциальный метод* характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и известной величиной, воспроизводимой мерой. Метод позволяет получить результат высокой точности при использовании относительно грубых средств измерения.

Пример 2.1. Измерить длину x стержня, если известна длина l ($l < x$) меры. Как показано на рис. 2.3, $x = l + a$ (a — измеряемая величина).

Действительные значения a_n будут отличаться от измеренного a на величину погрешности Δ :

$$a_d = a \pm \Delta = a \left(1 \pm \frac{\Delta}{a}\right),$$

тогда

$$x = l + a \pm \Delta = (l + a) \left(1 \pm \frac{\Delta}{l + a}\right)$$

Поскольку $l \gg a$, то $\frac{\Delta}{l + a} \ll \frac{\Delta}{a}$

Пусть $\Delta = 0,1$ мм; $l = 1000$ мм; $a = 10$ мм. Тогда

$$\frac{0,1}{1010} = 0,0001 (0,01\%) \ll \frac{0,1}{10} = 0,01 (1\%)$$

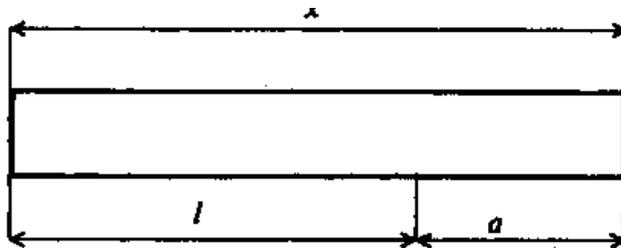


Рис. 2.3. Дифференциальный метод измерения

5. *Нулевой метод* аналогичен дифференциальному, но разность между измеряемой величиной и мерой сводится к нулю. При этом нулевой метод имеет то преимущество, что мера может быть во много раз меньше измеряемой величины. Рассмотрим, например, неравноплечие веса (рис. 2.4, а), где $P_1 l_1 = P_2 l_2$. В электротехнике — это мосты для измерения индуктивности, емкости, сопротивления (рис. 2.4, б). Здесь $r_1 r_2 = r_x r_3$, откуда $r_x = r_1 r_2 / r_3$. В общем случае совпадение сравниваемых величин регистрируется нуль-индикатором (И).

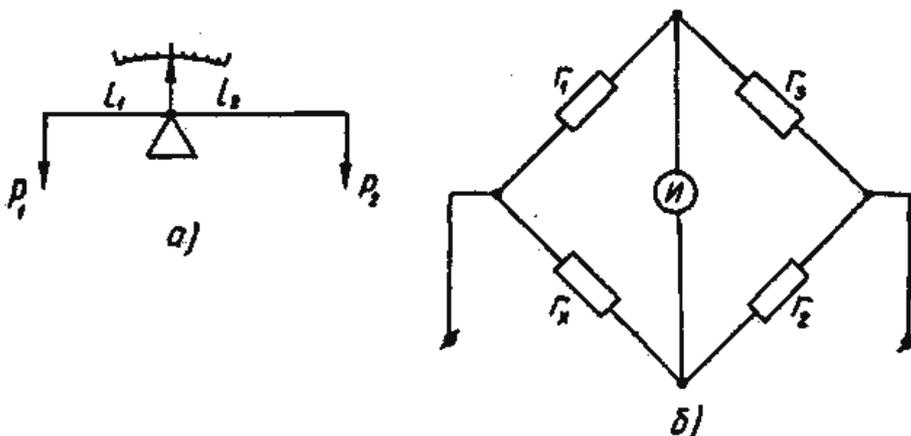


Рис. 2.4. Нулевой метод измерения:
а — схема механических весов; **б** — схема электрического моста

6. *Метод замещения* — метод сравнения с мерой, в которой измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. Например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов.

Кроме того, можно выделить нестандартизованные методы:

- метод противопоставления, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения. Например, измерения массы на равноплечих весах с помещением измеряемой массы и уравновешивающих ее гирь на двух чашках весов;

- метод совпадений, где разность между сравниваемыми величинами измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов.

Например, при измерении длины штангенциркулем наблюдают совпадение отметок на шкалах штангенциркуля и нониуса; при измерении частоты вращения стробоскопом — метки на вращающемся объекте с момента вспышек известной частоты.

В литературе [2; 43; 18] иногда встречается название измерений с однократными наблюдениями — обыкновенные измерения, а с многократными — статистические. Кроме того, если весь измеряемый параметр фиксируется непосредственно СИ, то это — абсолютный метод, а если СИ фиксирует лишь отклонение параметра от установочного значения, то это относительный (пороговый) метод измерения.

Другие виды и методы измерений (см. рис. 2.2) не требуют специальных пояснений и будут рассмотрены ниже.

2.3. Погрешности измерений

При практическом использовании тех или иных измерений важно оценить их точность. Термин "точность измерений", т. е. степень приближения результатов измерения к некоторому действительному значению, не имеет строгого определения и используется для качественного сравнения измерительных операций. Для количественной оценки используется понятие "погрешность измерений" (чем меньше погрешность, тем выше точность). Оценка погрешности измерений — одно из важных мероприятий по обеспечению единства измерений.

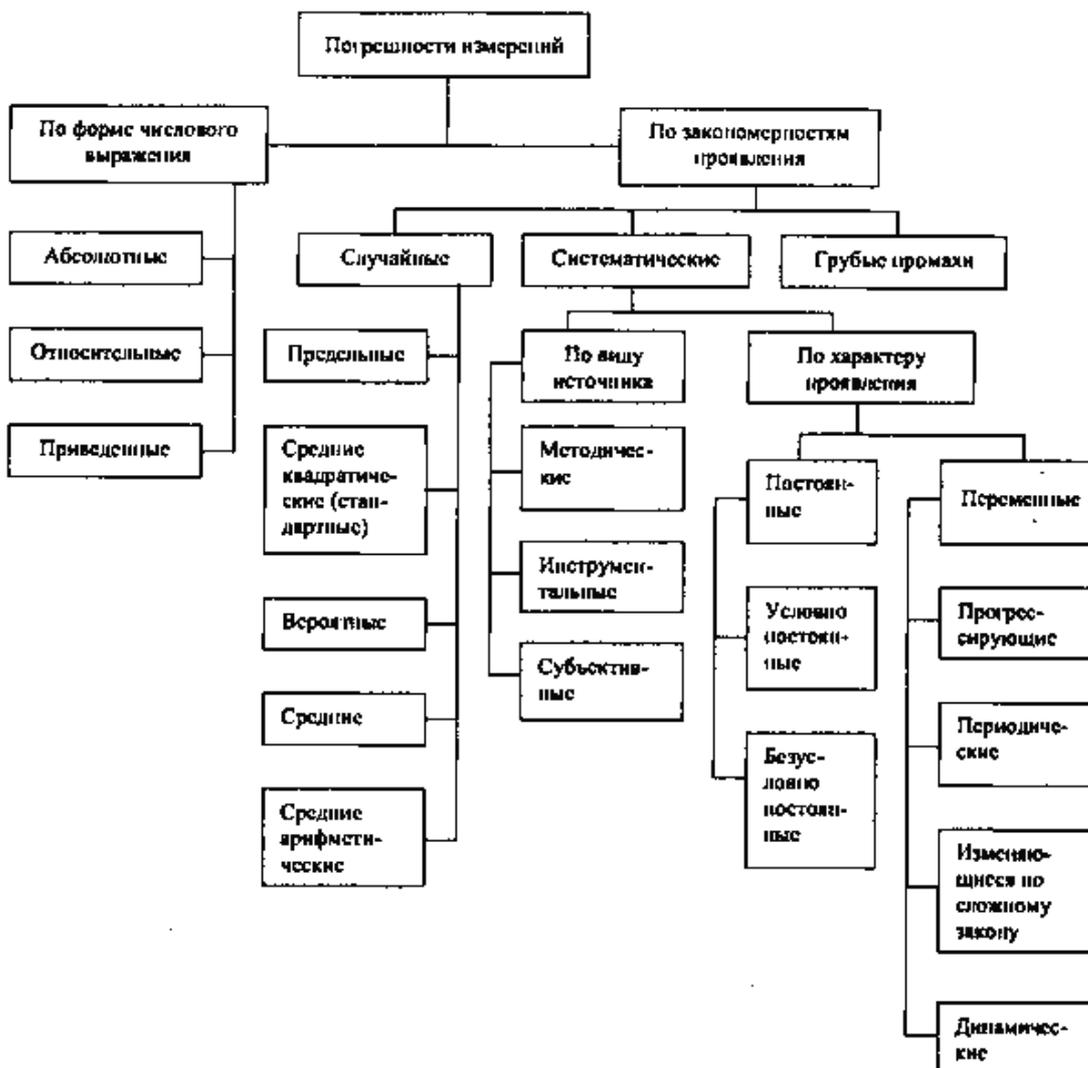


Рис. 2.5. Классификация погрешностей измерения

Количество факторов, влияющих на точность измерения, достаточно велико, и любая классификация погрешностей измерения (рис. 2.5) в известной мере условна, так как различные погрешности в зависимости от условий измерительного процесса проявляются в различных группах. Поэтому для практических целей достаточно рассмотреть случайные и систематические составляющие общей погрешности, выраженные в абсолютных и относительных единицах при прямых, косвенных, совокупных и равноточных измерениях.

Погрешность измерения $\Delta x_{\text{изм}}$ — это отклонение результата измерения x от истинного (действительного) $x_{\text{и}}$ ($x_{\text{д}}$) значения измеряемой величины:

$$\Delta x_{\text{изм}} = x - x_{\text{д}}$$

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

Абсолютная погрешность определяется как разность $\Delta = x - x_{\text{д}}$ или $\Delta = x - x_{\text{д}}$, а *относительная* — как отношение

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} 100\% \text{ или } \delta = \pm \frac{\Delta}{x_{\text{д}}} 100\%$$

Приведенная погрешность $\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_{\text{N}}} 100\%$, где x_{N} — нормированное значение величины. Например,

$x_{\text{N}} = x_{\text{max}}$, где x_{max} — максимальное значение измеряемой величины.

В качестве истинного значения при многократных измерениях параметра выступает среднее арифметическое значение x

$$x_{\text{и}} = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (2.1)$$

Величина x , полученная в одной серии измерений, является случайным приближением к $x_{\text{и}}$. Для оценки ее возможных отклонений от $x_{\text{и}}$ определяют опытное среднее квадратическое отклонение (СКО)

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (2.2)$$

Для оценки рассеяния отдельных результатов x измерения относительно среднего x определяют СКО:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2} \text{ при } n > 20$$

или (2.3)

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \text{ при } n < 20$$

Примечание. Применение формул (2.3) правомерно при условии постоянства измеряемой величины в процессе измерения. Если при измерении величина изменяется, как при измерении температуры остывающего металла или измерении потенциала проводника через равные отрезки длины, то в формулах (2.3) в качестве % следует брать какую-то постоянную величину, например начало отсчета.

Формулы (2.2) и (2.3) соответствуют центральной предельной теореме теории вероятностей, согласно которой

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma_x / \sqrt{n} \quad (2.4)$$

Среднее арифметическое из ряда измерений всегда имеет меньшую погрешность, чем погрешность каждого определенного измерения. Это отражает и формула (2.4), определяющая фундаментальный закон теории погрешностей. Из него следует, что если необходимо повысить точность результата (при исключенной 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 и т. д.

Нужно четко разграничивать применение $\sigma_{\bar{x}}$ и σ_x : величина $\sigma_{\bar{x}}$ используется при оценке погрешностей окончательного результата, а σ_x — при оценке погрешности метода измерения.

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

Систематическая Δ_r составляющая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одного и того же параметра.

Случайная Δ составляющая изменяется при повторных измерениях одного и того же параметра случайным образом.

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

Случайная и систематическая составляющие погрешности измерения проявляются одновременно, так что общая погрешность при их независимости $\Delta = \Delta_c + \Delta$ или через СКО

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

Значение случайной погрешности заранее неизвестно, оно возникает из-за множества неуточненных факторов.

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, СКО, доверительная вероятность и доверительный интервал). Часто для предварительной оценки закона распределения параметра используют относительную величину СКО — коэффициент вариации:

$$v_x = \sigma_x/x \text{ или } v_x = (\sigma_x/x)100\%. \quad (2.5)$$

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

Если P означает вероятность α того, что x результата измерения отличается от истинного на величину не более чем Δ , т. е.

$$P = \alpha \left\{ \bar{x} - \Delta < x_U < \bar{x} + \Delta \right\}, \quad (2.6)$$

то в этом случае P — доверительная вероятность, а интервал от $X-\Delta$ до $X+\Delta$ — доверительный интервал. Таким образом, для характеристики случайной погрешности надо обязательно задать два числа — величину самой погрешности (или доверительный интервал) и доверительную вероятность.

Если распределение случайной погрешности подчиняется нормальному закону (а это как правило), то вместо значения Δ указывается σ_x . Одновременно это уже определяет и доверительную вероятность P . Например: при $\Delta = \sigma_x$ значение $P = 0,68$; при $\Delta = 2 \sigma_x$ значение $P = 0,95$; при $\Delta = 3 \sigma_x$ значение $P = 0,99$.

Доверительная вероятность по формуле (2.6) характеризует вероятность того, что отдельное измерение x не будет отклоняться от истинного значения более чем на Δ . Безусловно, важнее знать отклонение от истинного значения среднего арифметического ряда измерений.

До сих пор рассматривались оценки СКО по "необходимому" (достаточно большому) числу измерений. В этом случае σ^2 называется генеральной дисперсией. При малом числе измерений (менее 10—20) получают так называемую выборочную дисперсию σ^2 . Причем $\sigma^2 \rightarrow \sigma^2$ лишь при $n \rightarrow \infty$. То есть если считать, что $\sigma^2 = \sigma^2$, то надежность оценки уменьшается с уменьшением n , а значения доверительной вероятности P завышаются.

Поэтому 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 $J = \bar{x} \pm t_p \sigma_x / \sqrt{n}$ и отличается от действительного значения на относительную величину $\varepsilon = \Delta / \sigma_x = \Delta \sqrt{n} / \sigma_x$.

Для уменьшения случайной погрешности есть два пути: повышение точности измерений (уменьшение σ_x) и увеличение числа измерений n с целью использования соотношения (2.4). Считая, что все возможности совершенствования техники измерений использованы, рассмотрим второй путь. При этом отметим, что уменьшать случайную составляющую погрешности целесообразно лишь до тех пор, пока общая погрешность измерений не будет полностью определяться систематической составляющей Δ . Если систематическая погрешность определяется классом точности СИ $\Delta_{\text{СИ}}$ (или $\gamma_{\text{СИ}}$), то необходимо, чтобы доверительный интервал $\pm t_p \sigma_x / \sqrt{n}$ был существенно меньше $\Delta_{\text{СИ}}$.

Обычно принимают от $\Delta \leq \frac{\Delta_0}{2}$ 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 использование показателей, сводящих плотность распределения к одному или нескольким числам, обязательно. В качестве таких чисел и выступают СКО, доверительный интервал и доверительная вероятность. Надежность самого СКО характеризуется величиной $\sigma_\sigma = \sigma / \sqrt{2n}$. Принято, что если $\sigma_\sigma < 0,25\sigma$, то оценка точности надежна. Это условие выполняется уже при $n = 8$.

Для практических целей важно уметь правильно сформулировать требования к точности измерений. Например, если за допустимую погрешность изготовления принять $\Delta = 3\sigma$, то, повышая требования к контролю (например, до $\Delta = \sigma$), при сохранении технологии изготовления увеличивается вероятность брака.

Наиболее вероятная погрешность Δ_B отдельного измерения определяется по формуле

$$\Delta_B = 0,67 \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \cong \frac{2}{3} \sigma,$$

Анализ этой формулы показывает, что с увеличением n величина Δ_B быстро уменьшается лишь до $n=5, \dots, 10$. Следовательно, увеличение числа измерений на одном режиме свыше 5...10 нецелесообразно, что совпадает с условием получения надежных значений σ_σ .

где $n_{от}$ — число отбрасываемых экспериментальных результатов. С учетом коэффициентов Стьюдента можно оценить относительную погрешность отдельного измерения как $\delta_i = t_p \sigma_x / x$ среднего значения $\delta_x = t_p \sigma_x / x \sqrt{n}$.

Таблица 2. 1

Необходимое число измерений при нормальном законе распределения случайной величины (при $P=0,95$)

Относительная погрешность, δ	Коэффициент вариации, v			
	0,20	0,25	0,30	0,35
0,05	61	96	140	190
0,10	18	26	34	47
0,15	11	13	18	23
0,20	6	8	11	14
0,25	5	6	8	10

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. То есть, в принципе, систематическая погрешность тоже случайна, и указанное деление обусловлено лишь установившимися традициями обработки и представления результатов измерения.

Оставшаяся необнаруженной систематическая составляющая опаснее случайной: если случайная составляющая вызывает вариацию (разброс) результатов, то систематическая — устойчиво их искажает (смещает). В любом случае отсутствие или незначительность (с целью пренебрежения) систематической погрешности нужно доказать.

Действительно, если взять два ряда измерений одной и той же величины, то средние результаты этих рядов, как правило, будут различны. Это расхождение может быть определено случайной или систематической составляющей. Методика выявления характера погрешности заключается в следующем:

1. Из двух рядов n_1 , и n_2 независимых измерений находят средние арифметические \bar{x}_1 , и \bar{x}_2
2. Определяют значения

$$S = \sqrt{\frac{1}{n_1 + n_2 - 2} \left[\sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum_{i=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]}.$$

3. Вычисляют $\sigma = S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$.

4. Вероятность того, что разность $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \geq \varepsilon$ является случайной величиной, определяется равенством $P(|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \geq \varepsilon) = 1 - P_{t_p}$, где $t_p = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sigma}$; $n = n_1 + n_2 - 2$.

Величина P определяется по таблице Стьюдента. Если полученная вероятность $P > 0,95$, то разность $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$ носит систематический характер.

Пример 2.2. Расчетные значения составили $t_p = 3$ и $n = 15$. По таблице Стьюдента находим, что при $n - 1 = 14$ и $t_p = 2,98 = 3$ величина $P = 0,99$. Тогда $P = 0,99 > 0,95$, что свидетельствует о систематическом характере погрешности.

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 субъективную составляющие погрешности.

Субъективные систематические погрешности связаны с индивидуальными особенностями оператора. Как правило, эта погрешность возникает из-за ошибок 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 измерения, приемами использования СИ, некорректностью расчетных формул и округления результатов.

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

Целесообразность разделения систематической погрешности на методическую и инструментальную составляющие определяется следующими моментами:

- для повышения точности измерений можно выделить лимитирующие факторы, а следовательно, принять решение об усовершенствовании методики или выборе более точных СИ;
- появляется возможность определить составляющую общей погрешности, увеличивающейся со временем или под влиянием внешних факторов, а следовательно, целенаправленно осуществлять периодические поверки и аттестации;
- инструментальная составляющая может быть оценена до разработки методики, а потенциальные точностные возможности выбранного метода определит только методическая составляющая.

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

В ряде случаев систематическая погрешность может быть исключена за счет устранения источников погрешности до начала измерений (профилактика погрешности), а в процессе измерений — путем внесения известных поправок в результаты измерений.

Профилактика погрешности — наиболее рациональный способ ее снижения и заключается в устранении влияния, например, температуры (термостатированием и термоизоляцией), магнитных полей (магнитными экранами), вибраций и т. п. Сюда же относятся регулировка, ремонт и поверка СИ.

Исключение постоянных систематических погрешностей в процессе измерений осуществляют методом сравнения (замещения, противопоставления), компенсации по знаку (предусматривают два наблюдения, чтобы в результат каждого измерения систематическая погрешность входила с разным знаком), а исключение переменных и прогрессирующих — способами симметричных наблюдений или наблюдением четное число раз через полупериоды.

Пример 2.3. Пусть периодическая погрешность меняется по закону

$$\Delta = A \sin \frac{2\pi}{T} \varphi,$$

где φ — независимая величина, от которой зависит Δ (время, угол поворота и т.д.); T — период изменения погрешности.

Пусть при $\varphi = \varphi_0$ величина $\Delta_0 = A \sin \frac{2\pi}{T} \varphi_0$. Находим значение погрешности для $\varphi = \varphi_0 + \varepsilon$, где ε — такой интервал, что $\Delta_\varepsilon = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} \varphi_0 + \pi \right) = -A \sin \frac{2\pi}{T} \varphi_0 = -\Delta_0$

Определим, чему равен интервал ε .

Решение. По условию для интервала ε имеем

$$\frac{2\pi}{T} \varepsilon = \pi \Rightarrow \varepsilon = T/2 \quad \text{В этом случае} \quad \frac{\Delta_0 + \Delta_\varepsilon}{2} = \frac{\Delta_0 - \Delta_0}{2} = 0.$$

То есть периодическая погрешность исключается, если взять среднее двух наблюдений, произведенных одно за другим через интервал, равный полупериоду независимой переменной φ , определяющей значение периодической погрешности. То же будет и для нескольких пар подобного рода наблюдений (например, погрешность от эксцентриситета в угломерных СИ).

2.4. Нормирование погрешностей и формы представления результатов измерений

Основные задачи нормирования погрешностей заключаются в выборе показателей, характеризующих погрешность, и установлении допускаемых значений этих показателей. Решение этих задач определяется целью измерений и использованием результатов. Например, если результат измерения используется наряду с другими при расчете какой-то экспериментальной характеристики, то необходимо учитывать погрешности отдельных составляющих путем суммирования их СКО.

Если речь идет о контроле в пределах допуска и нет информации о законах распределения параметра и погрешности, то достаточно ограничиться доверительным интервалом с доверительной вероятностью. Эти показатели должны сопровождать результаты измерений тогда, когда дальнейшая обработка результатов не предусмотрена.

Исходя из изложенного, для оценки погрешностей измерений необходимо: установить вид модели погрешности с ее характерными свойствами; определить характеристики этой модели; оценить показатели точности измерений по характеристикам модели.

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

В соответствии с МИ 1317—86 точность измерения должна выражаться одним из способов:

интервалом, в котором с установленной вероятностью находится суммарная погрешность измерения; интервалом, в котором с установленной вероятностью находится систематическая составляющая погрешности измерений; стандартной аппроксимацией функции распределения случайной составляющей погрешности измерения и средним квадратическим отклонением случайной составляющей погрешности измерения; стандартными аппроксимациями функций распределения систематической и случайной составляющих погрешности измерения и их средними квадратическими отклонениями и функциями распределения систематической и случайной составляющих погрешности измерения.

В инженерной практике применяется в основном первый способ

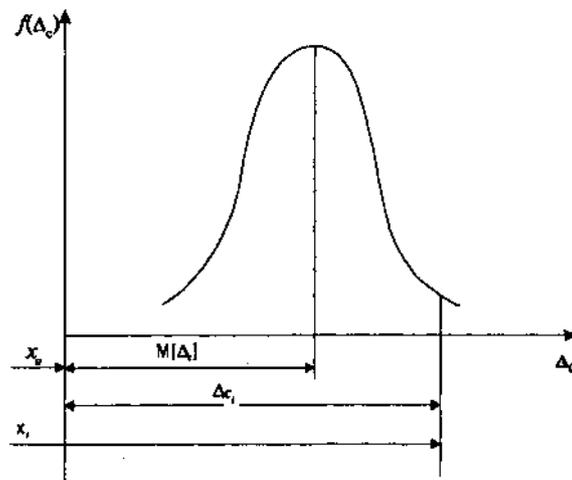
($x = a \pm \Delta$; или Δ от Δ_{\min} до Δ_{\max} ; $P = 0,90$). Система допусков, например, построена на понятии предельной погрешности $\Delta_n = \pm 2 \sigma$ при $P = 0,95$ (ГОСТ 8.051-81).

Числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности Δ .

При отсутствии данных о виде функций распределения составляющих погрешности результата и необходимости дальнейшей обработки результатов или анализа погрешностей результаты измерений представляют в форме a, σ, n, Δ_c . Если вычислены границы неисключенной систематической погрешности, то следует дополнительно указать доверительную вероятность.

2.5. Внесение поправок в результаты измерений

Внесение поправок в результат является наиболее распространенным способом исключения Δ_c . Поправка численно равна значению систематической погрешности, противоположна ей по знаку и алгебраически суммируется с результатом измерения



$$q = -\Delta_c. \quad (2.7)$$

Рис. 2.6. Закон распределения систематической погрешности

Однако Δ_c , а следовательно, и q в зависимости от условий измерения может рассматриваться либо как детерминированная, либо как случайная величина. Например, если погрешность определяется только погрешностью СИ, то Δ_c — величина детерминированная. Если известен лишь диапазон изменения Δ_c , то она учитывается как случайная величина.

Для характеристики случайности Δ_c используются оценки ее математического ожидания $M[\Delta_c]$ и дисперсии $D[\Delta_c]$, по которым подбирают вид закона плотности распределения $f[\Delta_c]$ (рис. 2.6). Тогда поправка $q = -M[\Delta_c]$ и ее дисперсия $D[q] = D[\Delta_c]$ характеризуют неопределенность систематической составляющей Δ_c при использовании конкретного СИ. Соответственно дисперсия поправки $D[q] = D[\Delta_c]$. При $D[q] = 0$ поправка q становится детерминированной величиной. Поэтому целесообразность введения поправки зависит от соотношения величин q , дисперсии случайной составляющей $D[\Delta_c]$ и числа измерений n .

Для этого может быть использован вероятностный метод В. Г. Литвинова.

Пусть для конкретных условий измерений определены оценки

q , $D[q]$, $D[\Delta_c]$ и n . За действительное значение принято неисправленное среднее

арифметическое \bar{x} ряда x_1, x_2, \dots, x_n со СКО $\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$

При учете поправки q за действительное значение измеряемой величины принимают исправленное среднее $x_{и.с} = \bar{x} + q$

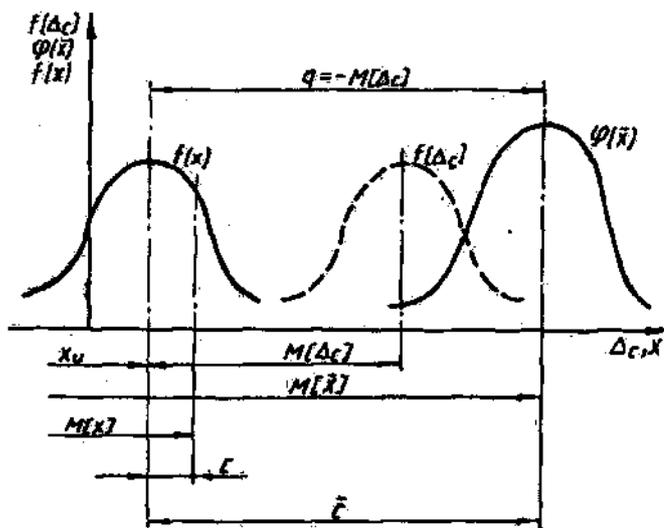


Рис. 2.7. Оценка смещения среднего

Тогда оценка дисперсии исправленного значения $x_{и.с}$ составит $D[x_{и.с}] = \frac{\sigma^{-2}}{n} + D[q]$

Оценки x и $x_{и.с}$ являются случайными величинами и имеют свои функции плотности $\phi(\bar{x})$ и $\phi(x_{и.с})$ (рис. 2.7). Из-за наличия систематической составляющей и неопределенности значения q оценки x и $x_{и.с}$ оказываются смещенными относительно истинного значения $x_{и}$

$$\bar{c} = M[\bar{x}] - x_{и}; c_{и.с} = M[x_{и.с}] - x_{и}.$$

$$\text{Тогда } M[(\bar{x} - x_{и})^2] = D[\bar{x}] + (M[\bar{x}] - x_{и})^2. \quad (2.8)$$

Чем меньше значение (2.8), тем оценка \bar{x} точнее. Точность этой оценки можно повысить за счет устранения смещения \bar{c} или уменьшения дисперсии $D[x]$. При учете поправки, с одной стороны, /устраняется смещение \bar{c} оценки \bar{x} , при этом ее точность повышается; с другой стороны, происходит снижение точности оценки $x_{и.с}$, Фак как увеличивается значение дисперсии $D[x_{и.с}]$ из-за неопределенности поправки. Поэтому для уточнения оценки предлагается критерий относительной эффективности

$$e = \frac{M[(x_{и.с} - x_{и})^2]}{M[(\bar{x} - x_{и})^2]} = \frac{D[x_{и.с}] + c_{и.с}^2}{D[\bar{x}] + \bar{c}^2} \quad (2.9)$$

Если $e < 1$, то исправленная оценка $x_{и.с}$ будет точнее, чем \bar{x} , и поправку следует учитывать. Если $e > 1$, то более точной является оценка \bar{x} . Если $e = 1$, то оценки \bar{x} и $x_{и.с}$ равноценны по точности. Для инженерных расчетов генеральные значения в формуле (2.9) можно заменить статистическими оценками, т. е.

$$e = \frac{(\sigma^{-2} + nD[q]) / (\sigma^{-2} + nq^2)}$$

Из условия $e \leq 1$ следует, что при любом числе измерений поправку необходимо учитывать, если выполняется

$$q \geq \sqrt{D[q]}$$

2.6. Оценка неисключенной составляющей систематической погрешности измерений

В отличие от случайной погрешности, характеристики и границы которой устанавливают методами математической статистики, границы и устранение систематических погрешностей осуществляют только с помощью соответствующих экспериментальных методов.

Если систематические погрешности невозможно исключить, то дают оценку доверительных границ неисключенной составляющей погрешности (НСП). НСП результата измерения образуется из составляющих НСП метода, СИ или других источников. В частности,

приведенная погрешность СИ и неточность изготовления меры есть неисключенные систематические погрешности.

В качестве границ составляющих НСП принимают, например, пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей СИ, если случайные составляющие погрешности пренебрежимо малы.

При оценке границ НСП в соответствии с ГОСТ 8.207—76 их рассматривают как случайные величины, распределенные по равномерному закону. Тогда границы НСП θ результата измерения можно вычислить по формуле

$$\theta = K \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (2.10)$$

где θ_i — граница i -и составляющей НСП; K — коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью P . Если число суммируемых НСП более четырех ($m > 4$), то коэффициент K выбирается из ряда:

P	0,9	0,95	0,98	0,99
K	0,95	1,1	1,3	1,4

Рис. 2.8. График зависимости $k = f(m, l)$

Если число суммируемых погрешностей $m < 4$, то коэффициент K определяют по графику на рис. 2.8, где $l = \theta_1 / \theta_2$.

При трех или четырех слагаемых в качестве θ_1 , принимают наибольшее значение НСП, а в качестве θ_2 — ближайшую к ней составляющую. Доверительную вероятность для вычисления границ НСП принимают той же, что и при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

Данные рекомендации основаны на аппроксимации композиции равномерно распределенных независимых величин, из которых наибольшая в l раз превышает ближайшую к ней.

При наличии нескольких источников неисключенной составляющей погрешности СКО суммарной НСП определяется как $\sigma_{\text{НСП}} = \sqrt{\theta^2 / 3}$

При многократных измерениях характеристика НСП задается симметричными границами $\pm \theta$, а при однократных (см. п. 2.9.3) — Интервальной оценкой в виде доверительной границы $\theta(P)$ и точечной оценкой в виде выборочной дисперсии $\sigma_{\text{НСП}}$

Поскольку постоянные НСП, возникающие из-за погрешности СИ, не могут быть определены, то в качестве интервальной оценки может выступать предел допустимой погрешности СИ.

2.7. Выявление и исключение грубых погрешностей (промахов)

Грубые погрешности измерений (промахи) могут сильно исказить \bar{x} , σ 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 [36; 53].

Критерий 3σ . В этом случае считается, что результат, возникающий с вероятностью $P < 0,003$, малореален и его можно квалифицировать промахом, т. е. сомнительный результат x_i отбрасывается, если $|\bar{x} - x_i| > 3\sigma$

Величины \bar{x} и σ вычисляют без учета x_i . Данный критерий надежен при числе измерений $n > 20, \dots, 50$.

Если $n < 20$, целесообразно применять критерий Романовского.

При этом вычисляют отношение $\left| \frac{\bar{x} - x_i}{\sigma} \right| = \beta$ и полученное значение β сравнивают с

теоретическим β_T — при выбираемом уровне значимости P по табл. 2.2.

Уровень значимости $\beta_T = f(n)$

Таблица 2.2

Вероятность, P	Число измерений						
	$n=4$	$n=6$	$n=8$	$n=10$	$n=12$	$n=15$	$n=20$

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

Обычно выбирают $P = 0,01-0,05$, и если $\beta > \beta_{\tau}$, то результат отбрасывают.

Пример 2.4. При диагностировании топливной системы автомобиля результаты пяти измерений расхода топлива составили 22, 24, 26, 28 и 48 л/100 км. Последний результат ставим под сомнение.

$$\bar{x} = \frac{22 + 24 + 26 + 28}{4} = 25 \text{ л/100 км};$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3^2 + 1^2 + (-1)^2 + (-3)^2}{4 - 1}} = 2,6 \text{ л/100 км}.$$

Поскольку $n < 20$, то по критерию Романовского при $P = 0,01$ и $n=4$ $\beta_{\tau}=1,73$:

$$\beta = \frac{|25 - 48|}{2,6} = 8,80 > 1,73$$

Критерий свидетельствует о необходимости отбрасывания последнего результата.

Если число измерений невелико (до 10), то можно использовать *критерий Шовине*. В этом случае промахом считается результат x_i , если разность $|\bar{x} - x_i|$ превышает значения σ , приведенные ниже в зависимости от числа измерений:

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

Пример 2.5. Измерение силы тока дало следующие результаты: 10,07; 10,08; 10,10; 10,12; 10,13; 10,15; 10,16; 10,17; 10,20; 10,40 А. Необходимо проверить, не является ли промахом значение 10,40 А?

Решение. Обработав данные, получим значения:

По критерию Шовине $|10,16 - 10,40| = |0,24| > 2 \cdot 0,094$. Поэтому результат 10,40 является промахом.

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

Истинное значение измеряемой величины отличается от среднего значения на величину систематической погрешности Δ_c , т. е. $x = \bar{x} - \Delta_c$.

Если систематическая составляющая исключена, то $x = \bar{x}$. Однако из-за ограниченного числа наблюдений \bar{x} точно определить также невозможно. Можно лишь оценить это значение, указать границы интервала, в котором оно находится, с определенной вероятностью.

Оценку \bar{x} числовой характеристики закона распределения x , изображаемую точкой на числовой оси, называют *точечной оценкой*. В отличие от числовых характеристик оценки являются случайными величинами. Причем 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.

Таким образом, результат отдельного измерения является случайной величиной. Тогда *точность измерений* — это близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины.

Если систематические составляющие погрешности исключены, то точность результата измерений \bar{x} характеризуется степенью рассеяния его значения, т. е. дисперсией. Как показано выше (см. формулу 2.4), дисперсия среднего арифметического $\sigma_{\bar{x}}^2$ в n раз меньше дисперсии отдельного результата наблюдения.

На рис. 2.9 заштрихованная площадь относится к плотности вероятности распределения среднего значения.

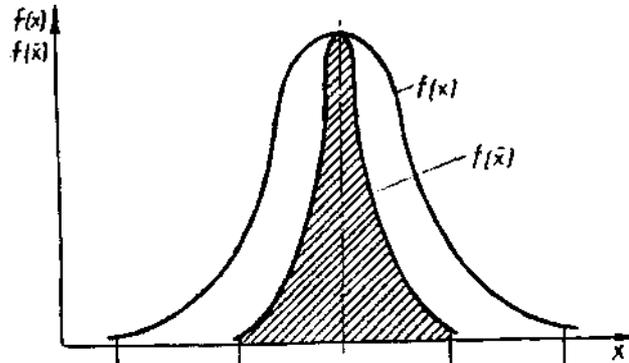


Рис. 2.9. Плотность распределения отдельного и суммарного результата измерения

Правильность измерений определяется близостью к нулю систематической погрешности.

Достоверность измерений зависит от степени доверия к результату и характеризуется вероятностью того, что истинное значение измеряемой величины лежит в указанных окрестностях действительного.

Эти вероятности называют доверительными вероятностями, а границы (окрестности) — доверительными границами: $P\{\bar{x} - t_p \sigma_{\bar{x}} \leq x \leq \bar{x} + t_p \sigma_{\bar{x}}\} = 2S_n(t) - 1$

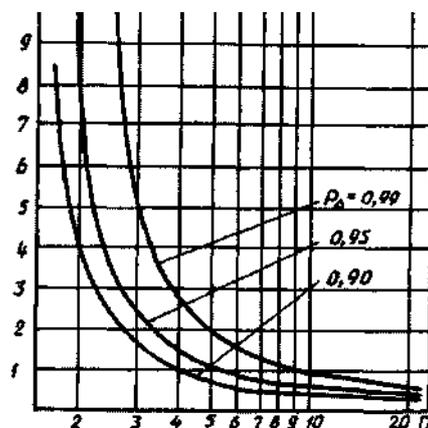
где $S_n(t)$ — интегральная функция распределения Стьюдента. При увеличении числа наблюдений n распределение Стьюдента быстро приближается к нормальному и переходит в него уже при $n > 30$. Другими словами, достоверность измерения — это близость к нулю случайной (или неисключенной) систематической погрешности.

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, корреляционные связи и др. На основе таких предположений выбирают СИ по точности, необходимый объем выборки объектов измерений и метод оценивания результатов измерений.

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 НСП наблюдений;
- вида и формы закона распределения погрешностей. Когда систематические погрешности результатов наблюдений

отсутствуют ($\Delta_c = 0$), доверительная погрешность Δ_x среднего арифметического зависит только от погрешности метода σ_c , числа наблюдений n и доверительной вероятности P_Δ . Так как случайная величина $t_p = (x - \bar{x}) / \sigma_x$ имеет распределение Стьюдента с $n - 1$ степенями свободы, то, воспользовавшись таблицей этого распределения, можно построить зависимость $\Delta_x / \sigma_c = t_p / (n, P)$.



Такая зависимость для $r_d = 0,90; 0,95; 0,99$ и $n = 2-2D_c$ изображена на рис. 2.10.

По кривым можно оценить влияние n и r_d на A . Так, на участке кривых при $n < 5$ величина A — A/CT — очень чувствительна к r_d для любых r_d . Например, при переходе от $r_d = 2$ к $r_d = 3$ величина A — A/CT — при $r_d = 0,95$ уменьшается более чем в 3 раза. С ростом r_d чувствительность A — A/a — к n возрастает. На участке кривых при $n >$

5 уменьшение A — A/a — от ростам замедляется настолько, что возникает задача определения практически предельного значения числа наблюдений. Действительно, неограниченному уменьшению погрешностей при увеличении n препятствует неисключенная систематическая погрешность в результатах наблюдений. Дальнейшее увеличение n вызывает незначительное сужение доверительного

интервала A . Так, если систематические погрешности отсутствуют, то для любого a — при $n > 7$ и $r_d = 0,90$, при $n > 8$ и $r_d = 0,95$ и

при $n > 10$ и $r_d = 0,99$ величина A — уменьшается всего на 6—8% и менее.

Поэтому при эксплуатации и испытаниях ТС рекомендуется, во-первых, использовать доверительную вероятность $r_d = 0,9$, так как в этом случае для широкого класса симметричных распределений погрешностей A — $A = 1,6$ «т- и не зависит от вида этих распределений; во-вторых, при $r_d = 0,9$ использовать выборку наблюдений объемом не более $n = 5, \dots, 7$.

Аналогично ведет себя корреляция результатов измерений параметров изделия. Для выборочного СКО среднего арифметического прямого измерения с многократными наблюдениями при УСЛОВИИ, что результаты наблюдений x_i и x_j коррелированы, может быть использована формула

$$(2.11)$$

где $r_{x_i x_j}$ — коэффициент корреляции результатов x_i и x_j ; K^* — поправочный множитель. Расчеты по формуле (2.11) показывают сильное влияние корреляции результатов наблюдений на A — (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Значение коэффициента корреляции и поправочного множителя

Коэффициент корреляции $r_{x_i x_j}$	Значение поправочного множителя K^* при числе наблюдений n			
	3	5	10	20
0,10	1,10	1,18	1,38	1,70
0,15	1,14	1,25	1,50	1,89
0,25	1,22	1,39	1,74	2,28
0,50	1,41	1,73	2,35	3,24
1,00	1,73	2,24	3,17	4,47

Как видно из табл. 2.3, величина A — может быть существенно занижена. Так, при малой корреляции результатов x_i и x_j и $n < 20$ это занижение не превышает 1,7 раза. При сильной корреляции величина A —, характеризующая точность результатов измерений, может быть занижена в несколько раз.

Заметно влияет на СКО результатов наблюдений s_{x_i} , называемое иногда погрешностью метода измерений, степень исправленного™ результатов наблюдений перед обработкой. Действительно, если выполняются технические измерения и результат измерения получают в виде среднего арифметического значения x , то величину погрешности метода в этом случае (обозначим ее s_{x_i}) определяют по формуле (2.2). Если измерения той же величины выполняют с такой точностью, что вместо x получают истинное значение искомого параметра, т.е. $x = x$, то погрешность метода в этом случае (обозначим ее $s_{x_i}^*$) получают по аналогичной формуле, в которую вместо делителя (и

- 1) подставляют делитель n . Несущественная на первый взгляд замена на x намечает ряд проблем. Оказывается, что наиболее употребляемая на практике характеристика c_{2x} как статистическая оценка имеет большее смещение и менее эффективна, чем характеристика θ_L .

Так, относительная величина смещенности СКО $L_0 = (M[a_x] - \sigma) / \sigma$ - а-УСТ, оценок σ_L и σ^{\wedge} и их эффективность E_a как функция числа наблюдений n приведены на рис. 2.11 и показывают следующее:

- характеристики A_0 и E_0 являются монотонными функциями и;
- обе оценки смещены относительно истинного СКО, полученного по данным генеральной совокупности, оценка σ_L — больше, оценка σ^{\wedge} — меньше. При $n > 50$ смещение обеих оценок составляет примерно 0,5% и с уменьшением n растет, особенно при $n < 5$. Так, при $n = 3$, $A_{\sigma_L} = 7,5\%$, а $A_{\sigma^{\wedge}} = 11,5\%$;
- эффективность обеих оценок при $n < 50$ уменьшается, особенно для оценки σ_L . Так, при $n = 3$ $E_{a1} = 0,93$, а $E_{a2} = 0,62$.

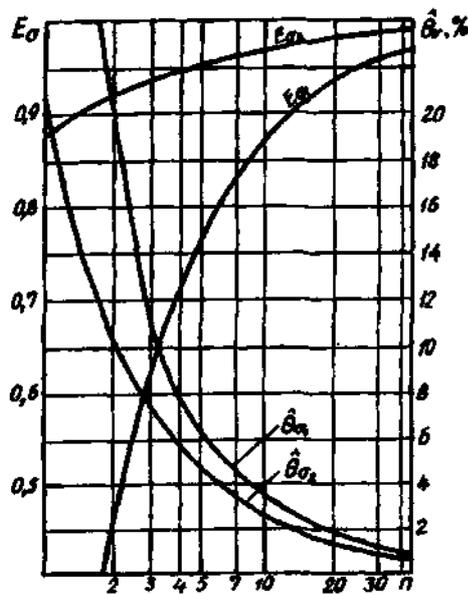


Рис. 2.11. Смещенность и эффективность оценок результатов измерений

Для нормального закона распределения погрешностей эти ошибки в форме СКО определяются по формулам:

$\sigma_{\sigma_L} = 0,1 \sqrt{2(n-1)}$ и $\sigma_{\sigma^{\wedge}} = 0,1 \sqrt{2n}$. / При $n < 50$ величина σ_x определяется с ошибками, достигающими десятков процентов. Кроме того, использование σ_L вместо σ_x приводит к увеличению ошибок оценки на 10% и (юлее (при $n < 3$). При $n < 10$ это завышение незначительно. 1

Оценка качества результатов измерения при недостаточности априорных данных должна быть ориентирована на самый худший случай. Тогда реальное значение будет всегда лучше и получение необходимого результата гарантируется.

Если закон распределения параметра и погрешности не известен и нет оснований утверждать, что он близок к нормальному, но известно СКО погрешности измерения, то коэффициентами Стьюдента пользоваться нельзя. В этом случае доверительные интервалы строят на основе неравенства Чебышева:

$$-4p \quad (2.12)$$

полагая симметричность фактического закона распределения. Тогда $D = \pm y, 0;$ (2.13)

где y — коэффициент Чебышева:

p	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
y	1,4	1,6	1,8	2,2	3,2	4,4

Из формулы (2.12) следует, что $Y_p \sim 1/P_c$, где P_c — вероятность того, что отдельное случайное значение ряда измерений при любом законе распределения не будет отличаться от среднего значения больше чем на половину доверительного интервала D .

Если значение СКО также не известно, но известно максимальное значение результирующей погрешности (например, погрешность СИ), то это значение погрешности можно использовать в качестве оценки a - "сверху": $D_{СИ} = 3a$.

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

представляют ценности. Например, датчик измерительной схемы может иметь весьма высокие метрологические характеристики, но влияние погрешностей от его установки, внешних условий, методов регистрации и обработки сигналов приведет к большой конечной погрешности измерений.

Наряду с такими показателями, как точность, достоверность и правильность, 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. В качестве таких статистических оценок согласованности результатов испытаний принимаются сходимостью и воспроизводимостью.

Сходимость — это близость результатов двух испытаний, полученных одним методом, на идентичных установках, в одной лаборатории. *Воспроизводимость* отличается от сходимости тем, что

Предельные значения сходимости и воспроизводимости/ нефтепродуктов, Па-с

Динамическая вязкость	Сходимость не более	/ Воспроизводимость не более
до 2	0,2	0^
св. 2 до 64	0,8	14,0
св. 64 до 250	32,0	39,0
		.1.
св. 4750 до 5500	614,0	880,0

2.9. Методы обработки результатов измерений

2.9.7. Многократные прямые равноточные измерения

Последовательность обработки результатов измерений включает следующие этапы:

- исправляют результаты наблюдений исключением (если это возможно) систематической погрешности;
- вычисляют среднее арифметическое значение x по формуле (2.1);
- вычисляют выборочное СКО θ - от значения погрешности измерений по формуле (2.2);
- исключают промахи;
- определяют закон распределения случайной составляющей;
- при заданном значении доверительной вероятности P и числе измерений l по таблицам определяют коэффициент Стьюдента

- находят границы доверительного интервала для случайной погрешности $d = \pm t^* \theta$;
- если величина A сравнима с абсолютным значением погрешности СИ, то величину $A_{СИ}$ считают неисключенной систематической составляющей и в качестве доверительного интервала вычисляют величину $A_{СИ}(-)$

Если в результате измерительного эксперимента можно четко выделить составляющие в НСП, то D^{\wedge} определяется по ГОСТ 8.207-76

или, по упрощенной формуле: $D_x = \theta + v^2$ (по данным [42], погрешность такой замены не превышает 5, ..., 10%);

- окончательный результат записывают в виде $x = x \pm A^{\wedge}$ при вероятности P .

2.9.2. Неравноточные измерения

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.). * ' Для оценки наиболее вероятного значения величины по дан-йым неравноточных измерений вводят понятие "веса " измерения:

где n_i и σ_i^2 — объем и дисперсия /-и серии равноточных измерений.

Тогда, если неравноточные измерения привести к результатам

x_1, x_2, \dots, x_m (*!~ среднеарифметическое ряда равноточных изме-рений; σ^2), то наиболее вероятным значением величины будет ее средневзвешенное значение: Вероятность а того, что x_i лежит в пределах равноточных измерений ($x_i \pm D_{сн}$), определяется вышеприведенным методом для равноточных измерений.

2.9.3. Однократные измерения

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

Для производственных процессов более характерны однократные технические прямые или косвенные измерения. Здесь процедура измерений регламентируется заранее, с тем чтобы при известной точности СИ и условиях измерения погрешность не превышала определенное значение, т. е. значения D и P заданы априори. Поскольку измерения выполняются без повторных наблюдений, то нельзя отделить случайную от систематической составляющей. Поэтому для оценки погрешности дают лишь ее границы с учетом возможных влияющих величин. Последние лишь оценивают своими границами, но не измеряют. На практике дополнительные погрешности, как правило, не учитываются, так как измерения осуществляют в основном в нормальных условиях, а субъективные погрешности также весьма малы.

В принципе, однократные измерения достаточны, если неисключенная систематическая погрешность (например, класс точности СИ) заведомо больше случайной. Практически это достигается при $D = (0,50, \dots, 0,25)D_c$. Тогда результат измерения записывают в виде $x = x_c \pm D^{\wedge}$ при вероятности $P = 0,95$,

где $x_{с41}$ — результат, зафиксированный СИ; $D^{\wedge} = \sqrt{D^2 + D_{мет}^2}$ —

суммарная погрешность измерения, определяемая классом точности СИ ($D_{сн}$) и методической погрешностью ($D_{мет}$).

Для уточненной оценки возможности применения однократных измерений следует сопоставить суммарные погрешности, получаемые при этом, с суммарными погрешностями многократных измерений при наличии случайной d и неисключенной δ и-

результата

тата

а при однократных

Изменение отношения

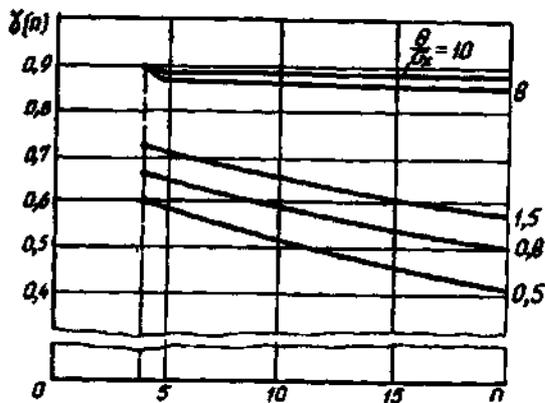


Рис. 2.12. Взаимосвязь $\gamma(n)$ с θ/σ_x и n

Ъ

в зависимости от $9/\sigma_x$ и числа измерений приведено на рис. 2.12, из графиков которого следует:

- при $6/\sigma_x > 8$ отношение $y = \sigma_{\text{ср}}/1$ и практически не зависит от n , т. е. в этих условиях нет смысла в многократных измерениях, случайная составляющая пренебрежительно мала и определяющей является неисключенная систематическая составляющая;
- при $9/\sigma_x < 0,8$ функция $y(n)$ явно зависит от n , т. е. здесь существенную роль играет случайная составляющая, неисключенная систематическая составляющая пренебрежительно мала и однократные измерения недопустимы;
- при $0,8 < 9/\sigma_x < 8$ должны учитываться и случайная, и неисключенная систематическая составляющие.

В последнем случае композицию этих составляющих и погрешность результатов измерения находят по эмпирической формуле

$$D(P) = \gamma_1 \sigma_1, \quad (2.14)$$

$9(P) + D(P)$

— коэффициент, соответствующий d -му уровню значимости данной композиции; $\sigma_x = \sqrt{\sigma^2 + 9/3}$ — СКО композиции; $9(P)$ и $D(P)$ — соответственно неисключенная систематическая составляющая и доверительная граница случайной погрешности при заданной доверительной вероятности P .

Вычисление погрешности $D(P)$ по формуле (2.14) дает погрешность не более 12%, но достаточно сложным способом. Поэтому можно пользоваться упрощенной формулой

$$= k_p, 0(P) + D(P) .$$

(2.15)

Коэффициент k_p находят в зависимости от доверительной вероятности P , принимаемой на уровне 0,95 или 0,99, следующим образом:

$B/a-$ r	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8
Л0,95	0,76	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81
А0,99	0,84	0,82	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,94	0,85

Практически, если одна из составляющих L_c или A менее 5% общей погрешности, то этой составляющей можно пренебречь.

Алгоритм действий, например, при разработке и аттестации методик выполнения измерений с однократными измерениями заключается в следующем:

1. Предварительно устанавливают необходимую допускаемую погрешность D измерения.
2. Для самой неблагоприятной функции распределения — нормальной в соответствии с ГОСТ 8.207—76 находят D_c , $A=2\sigma_x$ и принимают $P = 0,95$.
3. Находят значение погрешности $D = 0,85(D + D_c)$ и сравнивают его с D_8 . Если $D < 0,8D^{\wedge}$ (2.16)

то однократные наблюдения возможны с погрешностью до 20%. Если $0,8D_8 < D < [D]$, то полученное значение следует уточнить с учетом D_c и σ_x . При $D_c/\sigma_x < 0,43$ или $D_c/\sigma_x > 7$ значение погрешности D

определяют по формуле $D = 0,9(D + D_c)$. Если

$$D < 0,89D_2, \quad (2.17)$$

то однократные измерения возможны с погрешностью не более 11%.

В случае $0,43 < < 7$ вычисляют $D = 0,75(D + D_c)$, и если

$$D < 0,93 D_{с}, \quad (2.18)$$

то однократные измерения возможны с погрешностью не более 7%.

Если соотношения (2.17) и (2.18) не соблюдаются, то определяют "весомость" составляющих погрешности. При преобладающей случайной составляющей $D > D_c$ необходимо перейти к многократным измерениям. При $D < D_c$ нужно уменьшить методическую или инструментальную составляющие (например, выбором более точного СИ).

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 $D_{СИ}$ СИ. При этом, как правило, систематическая составляющая не превосходит

$D_c < 0,3 A_{СЯ}$, а случайная $D_c < 0,4 D_{с},$ поэтому, учитывая, что $D_{изм} = \pm (A_c + A_s)$, погрешность результата однократного измерения можно принять равной $A_{изм} = 0,7 D_{СИ}.$

Поскольку $D_{изм} < 3 \sigma_x$ (σ_x — СКО параметра), то реально погрешность однократного измерения с вероятностью 0,90—0,95 не превысит $(2—2,5)\sigma_x.$

Пример 2.7. Оценить погрешность результата однократного измерения напряжения $V' = 0,9$ В на входном сопротивлении $K = 4$ Ом, выполненного вольтметром класса точности 0,5 с верхним пределом диапазона измерений $I = 1,5$ В и имеющим сопротивление $I = 1000$ Ом. Известно, что дополнительные погрешности показаний СИ из-за влияния магнитного поля и температуры не превышают соответственно $S_{мп} = \pm 0,75\%$ и $\delta_T = \pm 0,3\%$ допускаемой предельной погрешности.

Решение. 1. Предел допускаемой относительной погрешности вольтметра на отметке 0,9 В составляет $\delta = 5_{С,} \wedge = 0,5 \wedge = 0,83\%.$

$$* \quad c'' \quad u \quad 0,9$$

2. При подсоединении вольтметра исходное напряжение C/I (рис. 2.13) изменится из-за наличия K_2 и составит $n - K \quad u$

$$u \sim K + K, \quad *$$

Тогда методическая погрешность, обусловленная конечным значением L_y , в относительной форме составит

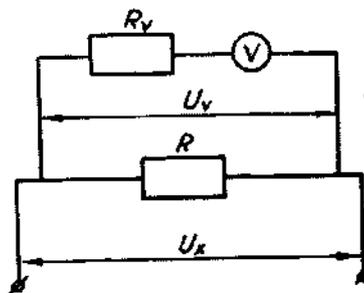


Рис. 2.13. Схема измерения напряжения

3. Данная методическая погрешность является систематической составляющей погрешностью измерения и должна быть внесена в результат в виде поправки $\wedge = -5_M = 0,4\%$ или в абсолютной форме на отметке 0,9 В $< 7, \wedge = 0,9 \cdot 0,4 \cdot 10^{-2} = 0,004$ В. Тогда результат измерения с учетом поправки будет равен $x = 0,900 + 0,004 = 0,904$ В.

4. Поскольку основная и дополнительные погрешности заданы своими граничными значениями, то они могут рассматриваться как неисключенные систематические. По формуле (2.10) при доверительной вероятности $P = 0,95$ доверительная граница неисключенной систематической составляющей будет $5_{Г} = 1,1 \cdot \sqrt{0,83^2 + 0,75^2 + 0,3^2} = 1,1 \cdot 1,16 = \pm 1,3\%$, а в абсолютной форме $= \pm 1,3 \cdot 0,9 \cdot 10^{-1} (\Gamma^2 = \pm 0,012$ В.

100

5. Ввиду того что $D > u$, окончательный результат измерения записывается в виде $x = 0,90$ В; $D = \pm 0,01$ В; $P = 0,95.$

2.9.4. Косвенные измерения

Косвенные измерения предполагают наличие функциональной связи

$$U = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.19)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n — подлежащие прямым измерениям аргументы функции $U.$

Очевидно, погрешность в оценке U зависит от погрешностей при измерениях аргументов. При этом могут иметь место два случая: аргументы взаимонезависимы и взаимозависимы.

Для независимых аргументов абсолютная погрешность относительная

$$\delta = \frac{dY}{Y} = \frac{B_1 \Delta x_1}{Y} + \dots + \frac{B_n \Delta x_n}{Y} \quad (2.18)$$

$$\frac{dY}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial x_1} \frac{\Delta x_1}{Y} + \dots + \frac{\partial Y}{\partial x_n} \frac{\Delta x_n}{Y} \quad (2.19)$$

и СКО функции

ΔY

где частные производные

$$\frac{\partial Y}{\partial x_1}, \frac{\partial Y}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial Y}{\partial x_n}$$

Δx_1

Δx_2

.. вычисляются при $x_1 = x_{10}, x_2 = x_{20}, \dots$

$\Delta x_1, \Delta x_2, \dots$ а величины $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots$ определяют, например, с помощью коэффициентов Стьюдента для одного и того же значения доверительной вероятности.

При вводе $B_i = \frac{\partial Y}{\partial x_i}$ — абсолютного коэффициента влияния аргумента x_i в функцию Y ее абсолютная погрешность составит

$$\Delta Y = B_1^2 \Delta x_1^2 + B_2^2 \Delta x_2^2 + \dots + B_n^2 \Delta x_n^2 \quad (2.20)$$

Тогда относительная погрешность определяется как

$$\delta = \frac{\Delta Y}{Y} \quad (2.21)$$

где B_i —

относительный коэффициент влияния. Если в качестве меры точности измерений выступает

СКО, то

$$\Delta Y = \sigma_Y$$

$$\delta = \frac{\sigma_Y}{Y} \quad (2.22)$$

Если аналитические функциональные связи вида (2.19) не установлены, то при разработке методики выполнения измерений можно использовать опытные значения B_i и B_j .

или $B_i = \frac{\Delta Y}{\Delta x_i}$,

$$\delta = \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta x_1}{x_1} \frac{B_1}{Y} + \dots + \frac{\Delta x_n}{x_n} \frac{B_n}{Y} \quad (2.23)$$

где Δx_i — изменение функции, вызванное изменением i -го аргумента; \bar{Y} и \bar{x}_i — средние (расчетные или номинальные) значения функции и аргумента. Окончательный результат записывают в

виде $Y = \bar{Y} \pm \Delta Y$ при вероятности P .

В качестве практических рекомендаций можно использовать следующие положения;

- если коэффициенты влияния менее 0,001 (0,1%), то эти параметры можно не учитывать;
- для коэффициентов влияния в пределах 0,001...0,050 (0,1... 5%) требования к точности их измерения невелики (2...5%);
- если коэффициенты влияния больше 0,05 (5%), то требования к точности информации повышаются до 1% и выше.

В случае взаимной зависимости аргументов находят парные коэффициенты корреляции

$$r_{ij} = \frac{\Delta Y_{ij}}{\Delta x_i \Delta x_j} \quad (2.24)$$

где

Значения r_{ij} лежат в пределах $-1 < r_{ij} < +1$. При $r_{ij} = 0$ — величины взаимонезависимы. Однако если $r_{ij} \neq 0$, следует проверить значимость этой величины. Для этого используют критерий

$$t = \frac{r_{ij}}{\sqrt{(1-r_{ij}^2)/n}} \quad (2.25)$$

Если расчетное по формуле (2.25) значение $t < t_{\alpha}$, то взаимосвязь между параметрами необходимо учитывать. Практически, если $t < 0,20, \dots, 0,25$, то корреляционную связь считают несущественной.

При наличии взаимосвязей между x_i и x_j с учетом уравнений (2.20)-(2.23)

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^n B_i \Delta x_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n B_{ij} \Delta x_i \Delta x_j \quad (2.26)$$

где $i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, n$.

При числе взаимозависимых аргументов больше двух тесноту связи оценивают частным или множественным коэффициентом корреляции, в основе вычисления которого лежат значения парных коэффициентов корреляции. Например, для трех аргументов

«г, гу = В соответствии с нормативами величина ξ_e должна быть изме ~ *~ ----- • "•"« •/•а-ж-лый ич япгументо

В соответствии с норма!пои»,» „_..... „е.

рена с точностью до 1 %. Если принять, что каждый из аргументов

-----«Ч,.,.,.л шггпРШЫПСТЬ. то

одинаково влияет на общую погрешность, то

$$8C = 6T, = 8M_e = 6P_T = \text{от} = \pm \pm = \pm 0,2\%$$

Однако известные методы не позволяют измерить M_{ec} точно выше $\pm 0,5\%$, C — $\pm 0,2\%$. В то же время частоту вращения « временные интервалы имеется возможность измерять более точно — с относительной погрешностью не хуже $\pm 0,1\%$. Таким образом, суммарная погрешность при использовании существующих средств измерения составит $\pm (0,5+0,2+0,1+0,1+0,1) = \pm 1\%$, что удовлетворяет требованиям ГОСТа.

Приведенный пример показывает, что для повышения точности косвенных измерений прежде всего нужно стремиться снизить наибольшие погрешности отдельных аргументов.

Традиционный подход к решению основной задачи косвенных измерений (нахождению оценки результатов Y косвенного измерения и его погрешности) состоит в следующем:

- предполагают достаточную гладкость функции (2.19);
- разлагают эту функцию в ряд Тейлора в окрестности аргумента[^]

» исследуют значимость отбрасываемого остаточного члена ряда Тейлора, предполагая незначительность погрешностей оценок аргумента.

При этом необходимы сведения (реальные или принимаемые за реальные) о законе распределения погрешностей аргумента.

Для технических измерений предложен более простой и не менее точный подход, основанный на методе математического программирования, сводящий аналитическую задачу к вычислительной [13]. При этом в информации о законе распределения аргумента нет необходимости. В качестве оценки Y принимается полусумма максимального и минимального значений функции Y , а оценки абсолютной погрешности — полуразность этих значений:

$$(2.27) \\ - \frac{V}{Y} + Y \cdot \\ \frac{y - \text{тах} \cdot \text{пип}}{-Y \cdot \text{Л} y - \text{тах} \cdot \text{пип}}$$

Тогда относительная погрешность

$$\xi = \frac{y \cdot \text{ши} - y \cdot \text{пшц} \cdot \text{оо}}{y \cdot Y + Y \cdot \text{лпип}}$$

$$(2.28)$$

Пример 2.9. Измерение мощности P в активной нагрузке сопротивлением $K = 100 \text{ Ом} \pm 5 \text{ Ом}$ определяется с помощью вольтметра класса точности $y = 1,5$ с пределом измерения $[U_T = 300 \text{ В}]$. Оценить измеренную мощность и погрешность, если прибор показал $[I, = 240 \text{ В}]$.

Решение!. Предел абсолютной погрешности вольтметра составляет

$$D(I = u \text{ д} = 300 \cdot 1,5 \cdot \text{нг}^2 = 4,5 \text{ В.}$$

2. Относительная погрешность V и L составит

$$5, = -100\% = -100 = 1,9\%; \text{ " } \{I, = 240$$

$$6\text{я} = -100\% = -100 = 5\%. * K = 100$$

3. Из уравнения косвенного измерения $P = (I^2/K$ находим

*

$$95 \\ = 629 \text{ Вт}; p = ? \text{ли} - = \wedge \text{ " } 7 \text{ " " } = 528 \text{ Вт.}$$

105

4. По формулам (2.27), (2.28) находим оценки

$$P = (629 + 528) / 2 = 579 \text{ Вт}; \Delta P = (624 - 528) / 2 = 51 \text{ Вт}; \delta P = 51 / 579 = 8,8\%.$$

Надо отметить, что определение коэффициентов влияния при косвенных измерениях — задача весьма ответственная и трудоемкая. Необходимость оценки этих коэффициентов пока не нашла должного понимания, хотя знание их не только позволяет целенаправленно вести работу при оптимизации производственных процессов, но и при техническом обслуживании и ремонте, выборе соответствующих средств и методов измерения. Зачастую это формирует и требования к режимам эксплуатации ТС.

2.9.5. Совместные и совокупные измерения

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 . $f_1(x, y; \text{сД}; \dots; \text{o}_1, \text{й}, \dots) = 0$;

$$f_2(x, y; \text{а}^\wedge; \dots; \text{а}, \text{и}, \dots) = 0,$$

где $a_1, p_1; \dots; a_2, p_2; \dots$ — результаты прямых или косвенных измерений; $a_1, p_1; \dots; a_2, p_2; \dots$ — физические константы или постоянные СИ.

Если число уравнений превышает число неизвестных, то полученную систему решают методом наименьших квадратов (МНК) и находят оценки x и y и их СКО. Доверительные интервалы для истинных значений x и y строят на основе распределения Стьюдента. При нормальном распределении погрешностей МНК приводит к наиболее вероятным оценкам, удовлетворяющим принципу максимума правдоподобия.

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, а совокупные — как обобщение прямых измерений.

2.10. Динамические измерения и динамические погрешности

2.10.1. Характеристики динамических измерений

Измерение называют динамическим (в динамическом режиме), если нельзя пренебречь изменением величины во времени. Например, измерение мгновенного значения переменного тока или напряжения. С другой стороны, СИ, как правило, обладают инерционностью и не могут мгновенно реагировать на изменение входного сигнала. Поэтому при измерении изменяющегося во времени сигнала $x(t)$ всегда возникает составляющая погрешности, обусловленная инерционными (динамическими) свойствами СИ.

Эти свойства выражают с помощью динамических характеристик, однозначно устанавливающих отклик СИ на изменение входного воздействия. В качестве таких характеристик используют передаточную функцию; комплексный коэффициент передачи — амплитудно-частотную характеристику (АЧХ); комплексную чувствительность — фазочастотную характеристику (ФЧХ); переходную функцию — реакцию на единичный скачок; импульсную (весовую) функцию — реакцию на единичный импульс [10; 30; 55].

Указанные характеристики взаимосвязаны, и по одной из них можно найти все остальные. Методы их экспериментального определения также широко освещены в литературе по автоматическому регулированию.

При решении задач динамических измерений необходимо подобрать аналитические выражения для аппроксимации найденных или заданных динамических характеристик; найти аналитические выражения (с помощью специальных функций; полигонов, рядов и др.) для входных и выходных сигналов; определить собственно динамические погрешности; найти входной сигнал (например, состояния ТС) по зафиксированному выходному — восстановление сигнала.

В общем случае динамическая погрешность в передаче сигнала $x(t)$, являющегося функцией времени, определяется разностью между действительным выходным сигналом $y(t)$ в динамическом режиме и выходным сигналом $y_a = 5x(t)$ в статическом режиме при отсутствии инерционных свойств СИ, т. е.

$$\Delta_{\text{дин}} = XO - 5XO = XO - Y_a, \quad (2.29)$$

где 5 — чувствительность СИ.

Динамической погрешностью является не только погрешность, оцениваемая по формуле (2.29), но, например, и погрешность при идеальной передаче формы сигнала, сдвинутого во времени по фазе на t -фазовую динамическую погрешность:

Динамические погрешности могут быть определены только расчетно-экспериментальным путем. Эталонов и образцовых СИ в области динамических измерений нет.

Учитывая, что СИ входит в измерительную цепь наряду с другими звеньями (датчиками, усилителями, преобразователями, трансформаторами и т. д.), каждый из которых тоже обладает своими динамическими свойствами, в целом следует говорить о некотором аналоге измерительной цепи — измерительном преобразователе (ИП) с известными (заданными) динамическими характеристиками.

Для описания динамических свойств ИП необходимо задать такие параметры, которые позволили бы для любого входного сигнала $x(t)$ определить выходной $y(t)$ сигнал, а также решить обратную задачу (восстановление входного сигнала, т. е. оценки технического состояния ТС) с учетом дестабилизирующих факторов (помехи, внешние влияния, неинформативные параметры и т. п.). Связь между входным и выходным сигналами осуществляется через оператор B данного ИП:

$$XO = Bx(t). \quad (2.30)$$

Оператор B отражает характер отклика ИП на входной сигнал. Математически оператор B может быть линейным и нелинейным, дифференцируемым в обыкновенных и частных производных, описан дифференциальными и интегральными уравнениями, рядами и функциями.

Для определения оператора во временной области используют переходную или импульсную функции, а в частотной — передаточную.

Прежде всего рассмотрим, какие сигналы подлежат анализу при динамических измерениях. В общем случае здесь используются детерминированные и случайные (стохастические) модели сигналов, хотя реально они смешанные.

Детерминированные модели бывают периодическими и непериодическими. И те и другие могут быть непрерывными во времени или представлены в виде последовательности дискретных импульсов. Из всех возможных видов непрерывных непериодических сигналов наибольшее распространение для описания динамических свойств получили финитные, т. е. отличные от нуля лишь на конечном интервале времени, и модели с ненулевым установившимся значением. Эти сигналы описываются либо с помощью интеграла Фурье, либо изображением по Лапласу.

Непрерывные периодические сигналы могут быть выражены рядом Фурье, изображениями по Лапласу, полиномами Чебыше-ва, Лежандра и Лагерра.

Случайные сигналы можно представить в виде некоторой случайной функции времени (случайный процесс) либо дискретной функцией времени (случайными последовательностями). Известно, что случайные процессы могут быть нестационарными и стационарными, а последние — эргодическими и неэргодическими. В зависимости от вида случайного сигнала подбирается и соответствующий математический аппарат. При этом случайный процесс может быть описан: совокупностью ограниченных во времени реализаций; совокупностью функций распределения; автокорреляционной функцией; разложением по системе ортонормированных функций.

Для линейных моделей оператора B используются интегральные уравнения Фредгольма, Вольтерра, дифференциальные уравнения, разложения в ряды, а для нелинейных — операторы Уры-сона, Хаммерштейна, Лихтенштейна — Ляпунова.

2.10.2. Динамические измерения и погрешности детерминированных линейных измерительных цепей

Для расчетно-экспериментального определения динамических характеристик используют типовые воздействия на вход ИП, которым соответствуют определенные реакции (отклики) на выходе ИП. В качестве типовых воздействий могут быть:

1. Единичная ступенчатая функция, представляющая собой мгновенные изменения величины на единицу (рис. 2.14,о):

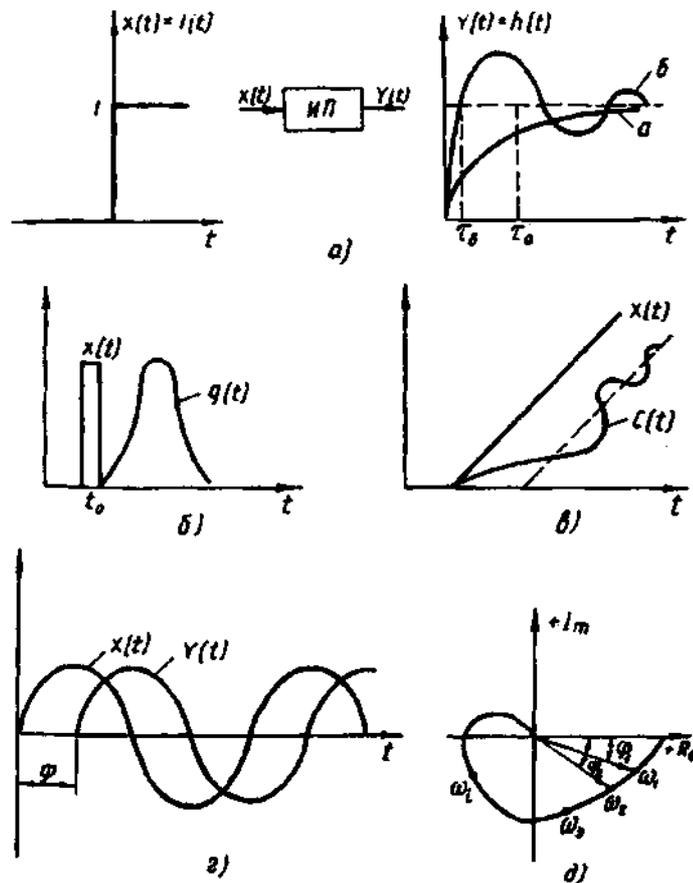


Рис. 2.14. Типовые воздействия при динамических измерениях

$I < 0$; $I > 0$.

Реакция $H(t)$ на этот сигнал, называемая переходной характеристикой, воспроизводит скачок $x(t)$ либо с запаздыванием τ_a (кривая a), либо с колебанием (кривая b) и запаздыванием τ_b .

2. Импульсная (весовая) функция (δ -функция Дирака), равная нулю при $t \neq 0$ и бесконечности — при $t = 0$, но ее площадь равна

единице, так как $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$ (рис. 2.14,6). Реакция на импульсное воздействие — переходная характеристика $h(t)$.

3. Линейно-изменяющееся во времени воздействие (рамповая функция)

$I < 0$;

$I > 0$.

Реакция на это воздействие — переходная характеристика $c(t)$ на рис. 2.14,6.

4. Синусоидальная (гармоническая) функция $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$. Реакция на это воздействие — сигнал $y(t)$ со сдвигом по фазе ψ (рис. 2.14,г), который может быть и несинусоидальным. При изменении угловой частоты ω от 0 до ∞ можно получить амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФХ) (рис. 2.14,5), которая позволяет судить о статических и динамических свойствах ИП в частотной области. Характеристики $H(\omega)$, $\tau(\omega)$ и $c(\omega)$ позволяют говорить об этих свойствах во временной области.

В комплексном виде АФХ

(2.31)

где $P(\omega)$ и $Q(\omega)$ — действительная и мнимая части уравнения; $X(\omega)$ и $Y(\omega)$ — преобразование Фурье входного воздействия и реакции объекта на нее; $L(\omega)$ — амплитудно-частотная характеристика; $\phi(\omega)$ — фазовая частотная характеристика (ФЧХ).

Другими словами, АФХ и ФЧХ представляет оператор B в комплексной форме, где АЧХ — модуль, а ФЧХ — аргумент.

Перечисленные динамические характеристики для линейных (линеаризированных) сигналов взаимосвязаны, и при наличии одной из них можно получить другие. Например, АЧХ может быть получена, если известны переходные характеристики от ступенчатой или импульсной функции $H(t)$ и $\delta(t)$ по уравнениям:

или

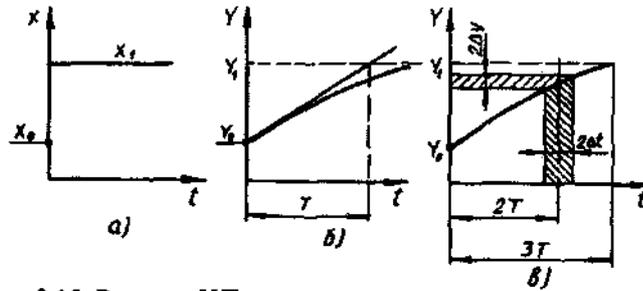


Рис. 2.15. Реакция ИП на скачкообразное изменение величины

В свою очередь, $H(l) =$
(2.32)

и т.д.

Все ИП могут иметь различные динамические характеристики, но большинство из них с некоторыми допущениями можно отнести к одному из типовых звеньев: безынерционному (усилительному), апериодическому, колебательному, дифференцирующему и интегрирующему или их комбинациям. Все эти звенья имеют различные, но типовые для звена передаточные функции — комплексную величину, полностью определяющую динамику передачи измерительной информации.

Передаточную функцию можно получить, используя различные методы оценки динамических качеств системы. Однако наиболее общей формой описания динамических свойств ИП является дифференциальное уравнение, связывающее*, у и их производные:

$$/Д/,/Л...У,?)=/_2(*^т, *^т-1,..У,.*). \quad (2.33)$$

Это нелинейное уравнение можно заменить линейным, если при его разложении в ряд Тейлора достаточно ограничиться членами, содержащими приращение переменных в первой степени

$a_n y^{(n)} + a_{n-1} y^{(n-1)} + \dots + a_0 y = b_0 x + \dots + b_{n-1} \dot{x} + b_n x$, (2-34) где a_i — постоянные коэффициенты, определяемые параметрами ИП; b_i — постоянные коэффициенты, получаемые экспериментально.

В общем случае коэффициенты a_i и b_i определяют как частные производные функции $/$ и $/_2$ уравнения (2.33) по соответствующим переменным. Для ИП, которые даже приближенно не могут считаться линейными, можно применять любые характеристики, устанавливающие связь между у и х.

Используя преобразования Лапласа, динамическую характеристику (2.31) можно представить при нулевых начальных условиях в виде *передаточной функции* где $Y(P)$ и $X(P)$ — изображения по Лапласу выходного и входного сигналов; P — комплексный параметр.

В частности, заменив в уравнении (2.35) $\dot{y} = \dots$, получим АФХ по (2.31). Очень важно, что при такой замене передаточную функцию можно найти по экспериментальным данным, используя формулу (2.32).

Знаменатель передаточной функции, приравненный к нулю, дает характеристическое уравнение ИП

$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0 = 0$, ($a_n > 0$). (2.36) По уравнению (2.33) оценивают динамическую устойчивость ИП, так как только устойчивые ИП могут быть работоспособными в динамическом режиме. По передаточной функции *ЩР*) определяют реакцию ИП на изменение входного сигнала.

Например, при воздействии импульсного сигнала

Разнообразные звенья измерительной цепи могут быть соединены между собой различным образом, что влияет на передаточную функцию ИП в целом. В табл. 2.5 приведены соответствующие типовые передаточные функции основных звеньев для различных схем соединения.

В реальных ТС инерционность ИП, определяющая динамические процессы при измерениях, проявляется по-разному. Рассмотрим наиболее типичные случаи при измерении постоянных величин, величин, изменяющихся с приблизительно постоянной скоростью, и величин, изменяющихся по колебательному принципу, в частности по синусоиде.

Таблица 2.5

Передаточные функции типовых звеньев

Звено	Передаточная функция <i>ЩР</i>)	Схема соединения звеньев	Передаточная функция <i>ЩР</i>)

Безынерционное (усилительное)	K	Последовательное соединение	$\Pi(P) = \Pi_1(P) \times \Pi_2(P) \dots \Pi_n(P)$
Идеальное дифференцирующее	K, s	звеньев	
Реальное диф-	K, s	Параллельное соединение	$\Pi(P) = K_1(P) + K_2(P) + \dots + K_n(P)$
	$s+1$		
Идеальное интегрирующее	K/p		
Реальное интегрирующее	K	Встречно-параллельное соединение двух	$\Pi(P) = \frac{1}{1 \pm \Pi_1(P) \Pi_2(P)}$
	$\frac{pT - 1}{s+1}$		
Апериодическое (инерционное)	K	ной связью	
	$s+1$		
Колебательное	K	Замкнутая система	$\frac{N(p)}{D(p)} = \frac{N(p)}{T^2 p^2 + 2T\delta p + 1}$
	$T^2 p^2 + 2T\delta + 1$		

Примечание. K — коэффициент усиления; T — постоянная времени; δ — коэффициент успокоения (демпфирования); знак "+" при положительной, а "-" при отрицательной обратной связи; $N(p)$ и $D(p)$ — соответственно передаточные функции замкнутой и разомкнутой систем.

При измерении постоянных величин инерционность ИП проявляется в том, что выходной сигнал не мгновенно следует за измеряемой величиной, а постепенно приближается к своему новому устанавливающемуся значению. Например, при автоматическом контроле размера детали измерительный стержень из положения x_0 (рис. 2.15,а) мгновенно перемещается в положение x_2 . При этом выходная величина СИ изменяется от начального значения y_0 до значения y , (рис. 2.15,б) в соответствии с уравнением

$$y_1 = y_0 + 5_0(x - x_1), \quad (2.37)$$

где 5_0 — статическая чувствительность СИ.

Из рис. 2.15,б видно, что при этом имеет место переходный процесс с переходной функцией (2.37).

В общем случае переходная функция описывается уравнением

$$y = y_0 + 5_0(x - x_0)(1 - e^{-t/T}), \quad (2.38)$$

где T — постоянная времени.

Постоянную времени легко найти по графику переходной функции, проведя касательную к кривой (см. рис. 2.15,б), что составляет 0,63 от времени полного приращения до установившегося значения.

В реальных условиях кривая переходного процесса имеет более сложный колебательный характер из-за внешних и внутренних помех (шумов). Поэтому рабочий процесс измерения начинают спустя некоторое время после установки детали на позицию измерения. Время успокоения $t_{\text{усп}}$ обычно составляет (3...4)Т. При уменьшении δ , например, до 2Т из-за неустойчивости $\pm \Delta \Gamma$ времени успокоения (рис. 2.15,в) может возникнуть дополнительная динамическая погрешность $\pm \Delta y$.

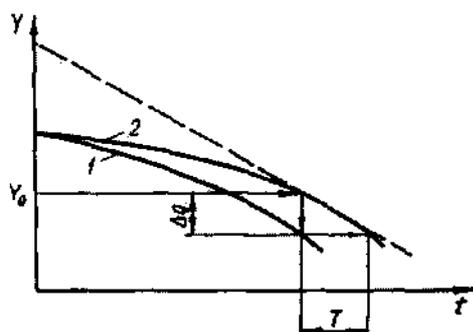


Рис. 2.16. Формирование динамической погрешности

При измерении величин, изменяющихся с постоянной скоростью и (например, измерение тока аккумуляторной батареи в режиме ее разряда), выходная величина y будет изменяться по кривой 2 (рис. 2.16), асимптотически приближающейся к прямой (пунктир), параллельно идеальной кривой 1 изменения величин и смещенной относительно нее вдоль оси времени на постоянную времени T . Тогда возникает систематическая динамическая погрешность $\Delta_c = -y)T$.

При случайном колебании скорости Δ_i дополнительно появляется случайная составляющая динамической погрешности $\Delta_{л, \pm \Gamma \Delta}$ [13]. При измерении величин, изменяющихся приблизительно по синусоидальному закону (например, при контроле биений, овалности и т. п.), входная величина изменяется как

$$x(t) = X \sin \omega t,$$

где X и ω — соответственно амплитуда и угловая скорость изменения измеряемой величины.

Соответственно изменение выходной величины y можно представить как

$$y(t) = Y \sin \omega t + \dots$$

Инерционность приводит к тому, что при изменении угловой скорости ω чувствительность изменяется, а колебание выходной величины смещается по фазе относительно $x(t)$ (рис. 2.17), т. е. чувствительность Y и сдвиг по фазе φ оказываются зависимыми от частоты ω колебания на выходе составят

$$y(t) = Y(\omega) X \sin[\omega t + \varphi(\omega)], \quad (2.39)$$

где $Y(\omega) = Y(\omega) X$ — амплитуда сигнала на выходе.

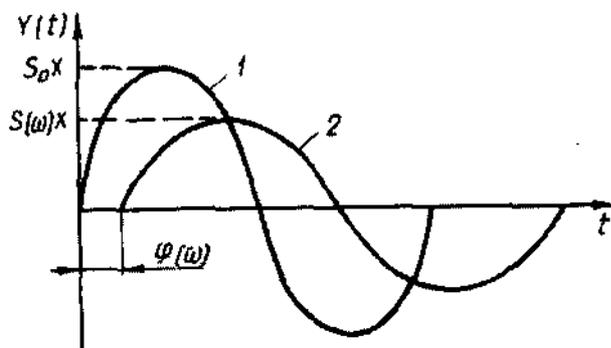


Рис. 2.17. Синусоидальное изменение измеряемого параметра

Тогда АЧХ системы будет равна отношению $Y(\omega) / X = Y(\omega) X / X$

АЧХ $|Y(\omega)|$ и ФЧХ $\varphi(\omega)$ почти не зависят от амплитуды измеряемой величины и являются универсальными характеристиками инерционности. Систематическая динамическая погрешность в соответствии с формулой (2.29) относительно амплитудных значений

$$\frac{Y}{X} = \frac{Y(\omega) X}{X} = Y(\omega)$$

Случайная составляющая динамической погрешности обусловлена колебаниями Δ_c частоты

Если, например, для звена АЧХ имеет вид $L(\omega) = \frac{1}{\omega^2 + 2\zeta\omega + 1}$, то

В общем случае для расчета динамической погрешности по уравнению (2.29) выходной сигнал представим в виде интеграла свертки

где $\delta(t)$ — импульсная функция. Тогда

$$(2.43) \quad y(t) = \int_0^t L(\omega) X \sin \omega \tau \delta(t - \tau) d\tau$$

Представим $x(t)$ многочленом степени n и запишем $x(t - \tau)$ в виде

$$x(t - \tau) = L_0 - L_1 \tau + L_2 \tau^2 + \dots + (-1)^n L_n \tau^n. \quad (2.44)$$

Подставим формулу (2.44) в (2.43) и получим

$$L_0 \int_0^t L(\omega) X \sin \omega \tau d\tau - L_1 \int_0^t L(\omega) X \tau \sin \omega \tau d\tau + \dots$$

Обозначим

, тогда

$$(2.45) \quad y(t) = \dots$$

Коэффициенты C_0, C_1, \dots, C_n называются коэффициентами ошибок. Их можно вычислить через передаточную функцию. Для этого, считая в уравнениях (2.32) $\omega = \omega_0 = 0$, $\omega_0 = 0$, получаем $C_0 = 1 - \dots$

Дифференцируя (2.32) по P и считая $P = 0$, находим

)-Л1

$C, =$

..... $C, =$

$z(0$

$/>=0$

Переходя к изображениям, получим

$\backslash(P) = Y(P) - X(P) = X(P)(\text{ЩР})-\backslash$, где $\text{ЩР})-\backslash$ есть передаточная функция ИП по погрешности.

Пример 2.10. Для термоприемника (термопары, термометр сопротивления и т. п.), имеющего передаточную функцию ЩР

$= -$, найти погрешность $D(t)$ при $x(0) = \text{соп}\$,$ линейном и

$Tp + I$

параболическом входном сигнале.

Решение. Сначала находим коэффициенты:

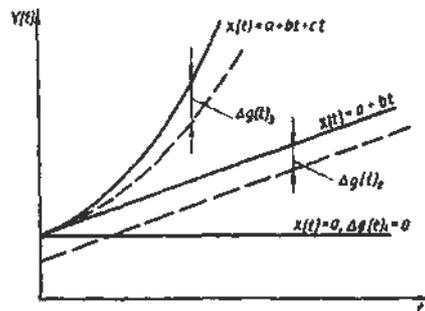


Рис. 2.18. Реализация различных видов сигналов

Тогда при $x(t) = a + bt + ct^2$; $D(0) = C a = 0$.

При линейном входном сигнале $x(t) = B + a$, $D(0) = C_a(B + a) +$

При параболическом $x(t) = a + Bt + Ct^2$. Значит, $D(0) = C_0(a + Bt + Ct^2) + C_1(2t) = -2\tau/\tau - \tau = -\tau(2// + /> + /) + \tau^2$.

Соответствующие графики приведены на рис. 2.18.

2.10.3. Динамические погрешности случайных процессов

Обычно на вход ИП подает полезный сигнал с помехами (шумом). Такой сигнал является случайной функцией времени. То же самое относится и к сигналу на выходе ИП, а динамическую погрешность можно рассматривать как сумму детерминированной составляющей, рассмотренной в 2.10.2, и случайной динамической погрешности, обусловленной шумом. Поэтому расчет такой случайной динамической погрешности состоит в определении ее статистических характеристик на выходе по известным статистическим характеристикам входного сигнала помех (шумового сигнала). Для этого используют математическую теорию случайных функций.

Характеристики случайных функций вводятся вместо законов распределения, поиск которых для случайных процессов — задача весьма трудоемкая и сопряженная с большими неточностями.

В качестве основных характеристик случайных функций принимают:

- математическое ожидание $m(t) = M[x(t)]$;
- дисперсию $\Pi(t) = \sigma^2(\tau) = M[x(t) - m(t)]^2$;
- корреляционную функцию $K_x(t_1, t_2) = M[x(t_1)x(t_2)]$, где $\mu(\tau) =$

$= (*, \tau)$, $(0$ и $x(t_2) = x(t_1) - m_x(t)$ — центрированные величины.

Если $\tau = t_2 - t_1$, то

При $\tau = t_2 + t_1$ =

Корреляционная функция — это мера связи между значениями этой функции в моменты времени t_1 и t_2 .

Функция корреляции между значениями одного случайного процесса в два разных момента времени (t_1, t_2) называется **автокорреляционной функцией**.

Вместо размерной корреляционной функции можно ввести безразмерную нормированную автокорреляционную функцию, модуль которой не превосходит единицы

(2.46)

Нормированную к дисперсии автокорреляционную функцию $= K_x(\tau)/c_x^2$ называют **коэффициентом корреляции**. Нормированная автокорреляционная функция случайных погрешностей случайных

функций играет ту же роль, что СКО и доверительный интервал при анализе случайных погрешностей случайных величин, т. е. характеризует погрешность результата.

Если корреляционная функция зависит только от разности аргументов в моменты I и $I \setminus$ то она аппроксимируется как

(2.47)

где $I = I - I'$, a — постоянный коэффициент, характеризующий плотность потока импульсов (т. е. среднее их количество), действующих в единицу времени. Если интервал корреляции τ_0 , то $a = \frac{1}{\tau_0}$.

Для оценки a можно использовать следующий прием. Как правило, до эксперимента в случайном процессе могут быть выделены быстро- и медленнопеременные составляющие со своими дисперсиями θ_b и θ_m , тогда

τ_0

Для оценки a можно использовать следующий прием. Как правило, до эксперимента в случайном процессе могут быть выделены быстро- и медленнопеременные составляющие со своими дисперсиями θ_b и θ_m , тогда

$\tau_0 = \frac{\theta_b}{\theta_m} \cdot \tau_0$, -

Это деление осуществляют по спектральному признаку граничной частоты ω_r . Обычно $\omega_r = 0,05$ Гц и соблюдается условие

При проведении измерений о свойствах входного сигнала известно немного. В пределах корреляционной теории случайных процессов предполагают, что входной сигнал стационарен с нулевым математическим ожиданием, поскольку шумовая составляющая его колеблется случайным образом около нулевой линии.

Для оценки распределения мощности шума по частоте используется более наглядная, чем $A^2(t)$, характеристика — спектральная плотность $S(\omega)$. При спектральном разложении стационарной (Случайной функции $x(t)$ на конечном времени $(0, T)$ справедлива взаимосвязь (преобразование Фурье): $S(\omega) = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) \cos^2(\omega t) dt$

При этом взаимосвязь спектральных плотностей входа и выхода СИ с передаточной функцией $H(\omega)$ выражается как

Тогда дисперсия шума на выходе, характеризующая динамическую погрешность СИ:

Пример 2.11. На вход СИ с передаточной функцией $H(\omega) = \frac{1}{a^2 + \omega^2}$

-поступает помеха со спектральной плотностью $S_1(\omega) = \frac{1}{\omega^2 + 1}$

$= \frac{4a}{(a^2 + \omega^2)^2}$. Найти динамическую погрешность в виде СКО. Решение. Спектральная плотность на входе СИ составит

$S_2(\omega) = \frac{4a}{(a^2 + \omega^2)^2}$. Тогда

$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty \frac{4a}{(a^2 + \omega^2)^2} d\omega$ или

2.11. Суммирование погрешностей

Определение расчетным путем оценки результирующей погрешности по известным оценкам ее составляющих называется *суммированием погрешностей*.

Главной проблемой, возникающей при суммировании, является то, что все составляющие погрешности должны рассматриваться как случайные величины. С точки зрения теории вероятностей они наиболее полно могут быть описаны своими законами

распределения, а их совместное действие — соответствующим многомерным распределением.

Однако в такой постановке задача суммирования погрешностей практически не разрешима уже для нескольких составляющих, не говоря о нескольких десятках.

Практически приемлемый путь решения данной задачи суммирования погрешностей состоит в отказе от определения и использования многомерных функций распределения составляющих погрешности. Необходимо подобрать для характеристик составляющих такие числовые оценки (СКО, эксцесс и др.), оперируя с которыми можно было бы получить соответствующие числовые оценки результирующей погрешности. При этом следует учитывать, что:

- отдельные составляющие погрешности могут быть коррелированы между собой;

- при суммировании случайных величин их законы распределения существенно деформируются, т. е. форма закона суммы может резко отличаться от формы закона распределения составляющих. Наиболее просто задача суммирования решается, если удастся организовать измерения так, чтобы погрешность результата полностью определялась систематической погрешностью в виде предельной погрешности СИ.

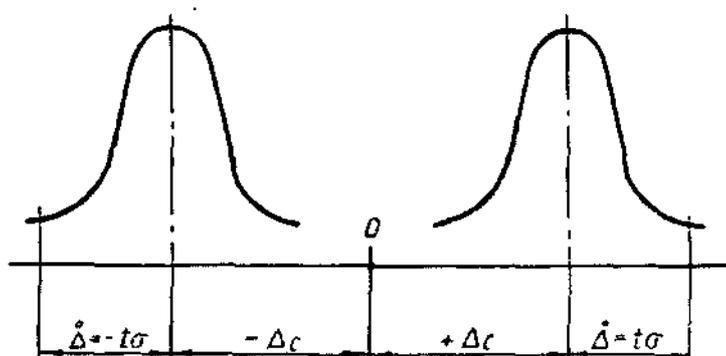


Рис. 2.19. Суммирование составляющих погрешностей

Этого можно достичь, например, минимизируя случайную погрешность большим числом измерений, однако это не всегда можно реализовать практически из-за производственного характера измерений, большой их продолжительности или стоимости. Поэтому в общем случае следует предполагать наличие как систематической, так и случайной составляющих, и результирующая абсолютная погрешность будет равна сумме

$$(2.48)$$

где A_c и A — сгруппированные суммы соответственно систематических и случайных составляющих.

Механизм такого суммирования приведен на рис. 2.19, из которого следует, что систематическая погрешность может суммироваться только с доверительным интервальным значением случайной погрешности $A = \hat{a}_E$, где \hat{a} и a_E — соответственно коэффициент Стьюдента и СКО суммарной случайной погрешности.

Исходя из положений теории вероятностей, суммирование случайных погрешностей, как случайных величин, производится по-разному в зависимости от степени взаимосвязи составляющих случайной суммарной погрешности. Если взаимосвязь между/-ми составляющими отсутствует, т. е. коэффициент корреляции $\rho = 0$, то используется геометрическое суммирование

$$(2.49)$$

Если эта связь имеется, то считают, что коэффициент корреляции $\rho = \pm 1$, и используется арифметическое суммирование

$$(2.50)$$

Коррелированными являются такие погрешности, которые вызваны одной общей причиной (изменением температуры, напряжения в сети, вибрациями, магнитными полями и т. д.).

Коэффициент Стьюдента на уровне доверительной вероятности $P = 0,9$ принимают равным $t_p = 2$.

Если известны доверительные интервалы по каждой составляющей суммарной случайной погрешности A_i , то

$$(2.51)$$

При оценке результирующей систематических погрешностей арифметическое их суммирование приводит к существенно завышенным результатам, поскольку предполагает проявление этих погрешностей их максимальными значениями и с одним знаком, что маловероятно. Этот способ оправдан в одном случае — когда важна гарантированная оценка "сверху". Поэтому, считая составляющие систематической погрешности взаимонезависимыми, можно пользоваться формулой геометрического суммирования, аналогичной (2.49). Учитывая, что систематические погрешности в известной мере определяются случайными причинами, в формулу (2.49) вводится поправочный коэффициент K_p , зависящий от доверительной вероятности P : или шкалы СИ определяется как $\sigma_{\text{окр}} = C \cdot \sqrt{12}$; a_m^2 — СКО погрешности метода измерения.

Практически все $< 0,3 a_{\text{тах}}$ (где $a_{\text{тах}}$ — максимальная величина из всех влияющих) отбрасываются. Это объясняется тем, что исходя из геометрического сложения погрешности (2.49), "вклад" погрешности a_m в общий результат быстро падает по мере уменьшения a_m .

Если выделены основная и дополнительная погрешности, то результирующая погрешность определяется по формуле (2.52).

Пример 2.12 При измерении электрических параметров устройства установлено, что общая погрешность результата определяется четырьмя составляющими: основной погрешностью СИ $\delta_{СИ} = \pm 1\%$ и дополнительными (от изменения напряжения питания сети $\delta_c = \pm 0,5\%$, от изменения температурного режима $\delta_t = \pm 0,45\%$ и от влияния (наводок) электрического поля ($\delta_n = \pm 1\%$)).

Оценить общую погрешность измерения.

Решение. Принимаем $P = 0,9$, по формуле (2.52) получим

$$S_2 = 0,95/1^2 + 0,5^2 + 0,45^2 + 1^2 = 1,49 = 1,5\%.$$

В пределах некоторого диапазона изменения, как правило десятикратного, измеряемой величины изменение результирующей погрешности может быть с достаточной степенью точности представлено прямой линией или простейшей кривой (парабола, гипербола). Это дает возможность описать результирующую погрешность линейной или нелинейной двухзвенной формулой.

Пример 2.13. Основная допускаемая погрешность измерения сопротивления цифрового микропроцессорного измерителя им-митанса марки E7-14 при различных диапазонах измерения и добротностях приведена в таблице.

Диапазон измерения	Конечное значение диапазона K_k , Ом	Предел допустимого значения основной погрешности, Ом
0,1... 1000 мОм	1	$10^{-3}(1+0)K + 3 \cdot 10^{-3}K$
0,001... 10 Ом	10	$10^{-3}(1+0)K + 2 \cdot 10^{-3}K$
0,01... 100 Ом	100	$10^{-3}(1+0)K + 2 \cdot 10^{-3}K$
100... 1000 Ом	1000	$[10^{-3}(1+0)K + 2 \cdot 10^{-3}K]K$
1... 10 кОм	10000	$[10^{-3}(1+d)K + 2 \cdot 10^{-3}K]K$

При большем изменении намеряемой величины весь диапазон разбивается на участки, для которых и определяются крайние погрешности.

Для устранения влияния деформации формы законов распределения все суммируемые составляющие исходно представляются своими СКО и все операции расчетного суммирования проводятся только над ними. Учет взаимных корреляционных связей между суммируемыми составляющими производится путем использования различных правил суммирования для жестко и слабо коррелированных составляющих. Эти правила будут рассмотрены далее.

В результате суммирования СКО составляющих получаются средние квадратические отклонения соответственно аддитивной, мультипликативной или нелинейной составляющих результирующей погрешности. СКО аддитивной составляющей результирующей погрешности будет характеризовать результирующую погрешность в начале диапазона. Сумма СКО аддитивной и мультипликативной составляющих в конце диапазона описывает результирующую погрешность в конце диапазона. Если участков несколько, то суммирование проводится на всех участках, а затем принимается решение о методе описания результирующей погрешности.

Результирующую погрешность необходимо выразить в виде доверительного интервала. Его расчет по полученному СКО является с точки зрения теории самой трудной операцией при суммировании погрешностей. Это связано с тем, что доверительный интервал равен произведению рассчитанного СКО и множителя, зависящего от закона распределения результирующей погрешности. В то же время вся излагаемая методика с самого начала была нацелена на то, чтобы обойтись без точного определения результирующего закона распределения суммы всех составляющих.

Практические правила расчетного суммирования результирующей погрешности состоят в следующем:

1. Для определения суммарного значения СКО должны учитываться корреляционные связи различных составляющих погрешности. В связи с этим исходными данными для более точного расчета должны служить оценки именно всех отдельных составляющих погрешности, а не оценки некоторых суммарных погрешностей.

2. Для каждой составляющей должно быть найдено СКО. В большинстве случаев для этого необходимо знание или предположение о виде закона ее распределения. 3. Все суммируемые погрешности разделяются на аддитивные и мультипликативные составляющие, которые суммируются отдельно.

4. Так как в большинстве случаев точное значение коэффициентов корреляции ρ найти невозможно, то все погрешности должны быть условно разделены на:

- сильно коррелированные при $0,7 < |\rho| < 1$, для которых считают $\rho = \pm 1$ в зависимости от знака коэффициента корреляции;
- слабо коррелированные при $0 < |\rho| < 0,7$, для которых $\rho = 0$.

5. Из суммируемых составляющих выделяются группы сильно коррелированных между собой погрешностей, и внутри этих групп производится алгебраическое суммирование их оценок.

6. После алгебраического суммирования групп сильно коррелированных погрешностей суммарные по группам и оставшиеся вне групп погрешности можно считать некоррелированными и складывать по правилу геометрического суммирования.

Для определения СКО суммарной погрешности при начальном значении измеряемой величины складывают лишь аддитивные составляющие, а для определения СКО погрешности в конце диапазона изменения измеряемой величины — все просуммированные выше составляющие.

7. Для перехода от СКО погрешности к доверительному значению должно быть вынесено суждение о форме закона распределения результирующей погрешности и тем самым выбрано значение квантильного множителя.

Изложенная методика может быть несколько упрощена. Самым сложным в ней являются нахождение СКО всех составляющих по известным их интервальным оценкам и определение интервальной оценки результирующей погрешности по полученному СКО.

В обоих случаях необходимо знание закона распределения погрешностей. Упрощение методики суммирования состоит в том, чтобы сделать эти переходы по возможности более простыми. Один из вариантов состоит в следующем. Согласно центральной предельной теореме, если число суммируемых независимых составляющих достаточно велико (практически при $m > 5$) и если среди этих составляющих нет существенно преобладающих над остальными, то результирующий закон распределения близок к нормальному. Однако предположение о близости закона распределения к нормальному без соответствующего анализа достаточно рискованно даже и при большом числе суммируемых составляющих. Тем не менее при

недостатке времени и невысоких требованиях к точности получаемого результата предположение о нормальности закона распределения результирующей погрешности вполне возможно. В этом случае доверительный интервал $D = \gamma D_0$, где γ — квантильный множитель, определяемый через функцию Лапласа; 5γ — суммарное СКО или его оценка.

Такой прием существенно снижает трудоемкость расчетов, но может вносить весьма значительные ошибки, если реальное распределение сильно отличается от нормального закона. Например, при фактическом арксинусоидальном распределении ошибка может достигать 180% [12]. Поэтому использовать его надо весьма осторожно.

В качестве другого пути упрощения перехода от СКО результирующей погрешности к ее интервальной оценке следует указать возможность использования доверительной вероятности $P_d = 0,9$, при которой для большой группы различных распределений имеет место соотношение

$$A = 1,65; \quad (2.53)$$

Действительно, как показано в [28], для широкого класса симметричных, высокоэнтропийных ($I_c > 1,7$) распределений, а именно для равномерного, треугольного, трапецеидального, нормального, экспоненциального с показателем степени $a > 2/3$, двухмодальных с глубиной антимодальности менее 1,5, интегральные кривые $\Gamma(x)$ в области 0,05 и 0,95 квантилей пересекаются между собой в очень узком интервале значений $X/5 = 1,6 \pm 0,05$. Поэтому с погрешностью 0,055 можно считать, что квантили 0,05 и 0,95 для любых из этих распределений могут быть найдены как $X_{0,05} = X_0 - 1,65$ и $X_{0,95} = X_0 + 1,65$, где X_0 — координата центра распределения; 5 — его СКО. Отсюда следует, что значение доверительного интервала, найденное по формуле (2.53), для любого из названных распределений является интервалом с 90%-ной доверительной вероятностью.

При $P_d > 0,9$ интегральные кривые для разных законов распределения резко расходятся между собой. В этом случае для нахождения доверительного интервала $A = 75_2$ в [28] предложено вместо большого числа таблиц квантилей разнообразных распределений найти для близких классов распределений аппроксимирующие выражения $I =$

$I = \dots$, где e — эксцесс распределения.

Динамические погрешности являются дополнительными и обычно не суммируются с остальными, а просто ограничивают частотный диапазон предельной величины указанием соответствующего рабочего диапазона частот.

Изложенное выше позволяет дать некоторые практические рекомендации, которые можно использовать при проведении измерений.

1. Во всех случаях расчетов считается, что погрешности измерения по абсолютной величине существенно меньше измеряемой величины.

2. При суммировании случайных погрешностей промежуточные значения коэффициента корреляции от 0 до 1 практически не учитываются, принимая либо наличие жесткой связи при $p > 0,7$, либо ее полное отсутствие при $p < 0,7$.

3. Случайные погрешности характеризуются следующими аксиомами:

а) малые по величине случайные погрешности встречаются чаще, чем большие;

б) отрицательные и положительные погрешности, равные по величине, встречаются одинаково часто;

в) для каждого метода изготовления изделия есть свой предел, за которым погрешности практически не встречаются.

Оценить случайные погрешности средним арифметическим, вследствие аксиомы "б", не представляется возможным, так как она стремится к нулю при увеличении числа погрешностей. Поэтому случайные погрешности оценивают через СКО σ_x , или предельной погрешностью ($A_{пр} = \pm 3\sigma_x$).

4. Погрешность несоответствия математической модели реальному объекту измерения не должна превышать 10% заданной погрешности измерения. Поскольку погрешность результата определяется составляющей, имеющей наибольшую погрешность $A_{таx}$, стремление уменьшить другие составляющие практически не имеет смысла. Следует стремиться уменьшить прежде всего D^{\wedge} . Например, погрешность косвенного измерения, как правило, в 3—4 раза выше погрешности СИ. В этих условиях улучшение метрологических характеристик СИ не дает заметного снижения результирующей погрешности измерения — нужно изменить, например, методику измерений. Это обстоятельство частично объясняет наличие большого количества нестандартизованных СИ, когда при их применении стараются от косвенных методов измерения перейти к прямым.

5. Нестабильность измеряемого параметра в течение времени измерения не должна превышать 10% заданной погрешности измерений. Строго говоря, измерять можно только постоянные величины. Если говорят об измерении переменных величин, то под этим понимают либо измерение постоянных параметров этих величин, либо их измерения в фиксированные моменты времени.

6. Для устранения влияния деформации законов распределения предпочтительным является суммирование составляющих через СКО.

7. Точность обработки числового материала должна быть согласована с точностью измерений. Вычисления с большим количеством десятичных знаков дают лишь ложное представление о повышении точности, требуя больших затрат времени. При округлении результата используют правила математики.

Следует пользоваться основным правилом: погрешность, получающаяся в результате вычислений, должна быть на порядок (в 10 раз) меньше суммарной погрешности измерений.

8. В зависимости от условий измерения, свойств объекта, оснастки, алгоритмов обработки информации погрешности измерения одного и того же параметра с помощью одних и тех же СИ могут отличаться в несколько раз. В целом погрешности технических измерений определяются инструментальными и методическими составляющими. Доля методической составляющей для различных видов измерений колеблется от 5 до 80%. При динамических измерениях этот разброс еще выше.

9. Все виды погрешностей измерений целесообразно свести в две группы:

I. *Методические*, независимые от СИ (погрешности косвенного измерения; погрешности передачи размера из-за неправильного подключения (установки) СИ к объекту; погрешности из-за ограниченного числа точек измерений, например, при измерении полей; погрешности вычислительных операций).

II. *Инструментальные*, связанные с СИ (погрешности самих СИ; погрешности из-за взаимодействия СИ с объектом; погрешности из-за ограниченной разрешающей способности СИ). При проведении измерений, как правило, известна лишь погрешность СИ. Поэтому выделение указанных двух групп позволяет:

оценить потенциальные возможности выбранного метода, выделяя основные методические составляющие из I группы;

определить ограничивающие факторы по I и II группам и при необходимости повысить точность измерений, принять решение об усовершенствовании методики или выборе более точного СИ;

оценить, какая часть погрешностей может увеличиваться со временем и при изменении внешних факторов, т. е. какая часть погрешностей и когда требует периодической аттестации;

рассчитать инструментальную составляющую до полной разработки методик выполнения измерений; оценить все погрешности по группам I и II, а затем суммировать их по вышеприведенным правилам.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основные постулаты метрологии.
2. Назовите основные виды измерений.
3. Назовите основные методы измерений.
4. Охарактеризуйте основные виды погрешностей измерений.
5. Какими методами корректируют (уточняют) результаты измерений?
6. Что такое качество измерений?
7. Дайте характеристику принципа обработки результатов различных видов измерений.
8. Что такое динамические измерения и их погрешности?
9. На чем основана теория расчетного суммирования погрешностей?
10. Расшифруйте понятия коррелированных и некоррелированных случайных величин. Что считается границей между этими случайными величинами при их суммировании?
11. Как суммируются случайные и систематические погрешности?

ГЛАВА 3. НОРМИРОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Виды средств измерений

Средство измерения (СИ) — это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и(или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени. Под метрологическими характеристиками (МХ) понимают такие характеристики СИ, которые позволяют судить об их пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью. В отличие от СИ приборы или вещества, не имеющие нормированных МХ, называют индикаторами. СИ — это техническая основа метрологического обеспечения.

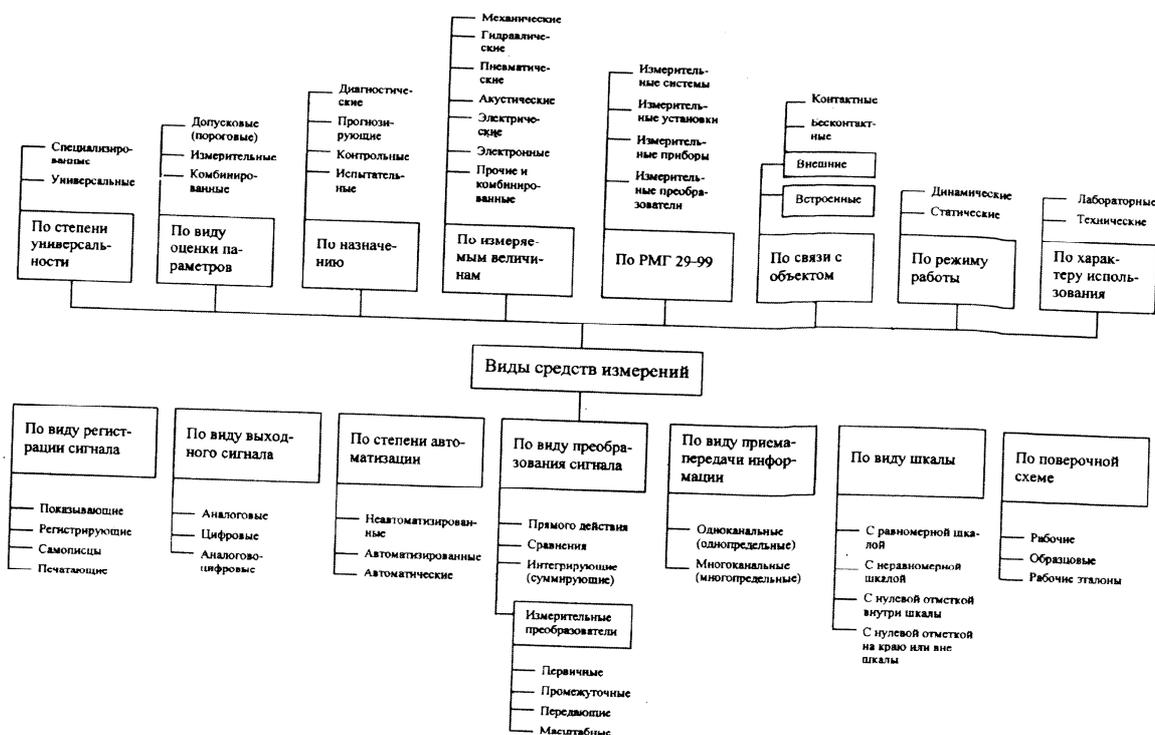


Рис. 3.1. Классификация средств измерений

Классификация СИ приведена на рис. 3.1. Кратко дадим пояснения к классификации по РМГ 29—99.

Меры — это СИ, воспроизводящие или хранящие физическую величину заданного размера. Меры могут быть однозначными, воспроизводящими одно значение физической величины (гиря, калибр на заданный размер, образцы твердости, шероховатости, катушка сопротивления, нормальный элемент, воспроизводящий значение ЭДС), и многозначными — для воспроизведения плавно или дискретно ряда значений одной и той же физической величины (измерительный конденсатор переменной емкости, набор конечных мер, магазин емкостей, индуктивности и сопротивления, измерительные линейки).

Измерения методом сравнения с мерой выполняют с помощью специальных технических средств — компараторов (равноплечие весы, измерительный мост и т. д.). Иногда в качестве компаратора выступает человек, например при измерении длины линейкой.

Измерительные преобразователи — СИ, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Это термопары, измерительные трансформаторы и усилители, преобразователи давления. По месту, занимаемому в измерительной цепи, они делятся на первичные, промежуточные и т. п. Конструктивно они выполняются либо отдельными блоками, либо составной частью СИ. Не следует отождествлять измерительные преобразователи с преобразовательными элементами. Последние не имеют метрологических характеристик, как, например, трансформатор тока или напряжения.

Измерительный прибор — СИ, предназначенное для переработки сигнала измерительной информации в другие, доступные для непосредственного восприятия наблюдателем формы. Различают приборы прямого действия (амперметры, вольтметры, манометры) и приборы сравнения (компараторы).

По способу отсчета измеряемой величины СИ делятся на показывающие (аналоговые, цифровые), регистрирующие (на бумажную или магнитную ленту) и т. п.

Измерительная установка — совокупность функционально объединенных СИ и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте. Например, поверочные установки, установки для испытания электротехнических, магнитных и других материалов.

Измерительная установка позволяет предусмотреть определенный метод измерения и заранее оценить погрешность измерения.

Измерительная система — это комплекс СИ и вспомогательных устройств с компонентами связи (проводные, телевизионные и др.), предназначенный для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических системах управления.

В отличие от измерительных установок, предусматривающих изменения режима и условий функционирования, измерительная система не воздействует на режимы работы, а предназначена только для сбора и (или) хранения информации. Частными случаями измерительной системы являются информационно-вычислительный комплекс (ИВК), информационно-измерительные системы (ИИС). К последним можно отнести системы автоматического контроля, системы технического диагностирования, системы распознавания образов, системы для передачи неизмерительной информации. При организации поверки рабочих СИ используют различные эталоны и образцовые СИ.

СИ, как правило, работают совместно с датчиками (измерительными преобразователями), имеющими свои МХ.

3.2. Метрологические характеристики средств измерений

Для оценки пригодности СИ к измерениям в известном диапазоне с известной точностью вводят МХ СИ с целью: обеспечения возможности установления точности измерений; достижения взаимозаменяемости СИ, сравнения СИ между собой и выбора нужных СИ по точности и другим характеристикам; определения погрешностей измерительных систем и установок на основе МХ входящих в них СИ; оценки технического состояния СИ при поверке.

По ГОСТ 8.009—84 устанавливают перечень МХ, способы их нормирования и формы представления. Каждая из видов МХ по назначению может быть представлена более детально с учетом видов самих измерений и СИ в зависимости от изменений влияющих величин или неинформативных параметров входного сигнала.

Неинформативным называется параметр входного сигнала СИ, не связанный функционально с измеряемым параметром. Например, частота переменного тока при измерении его

амплитуды. Нормальные метрологические характеристики (НМХ) устанавливаются документами. МХ, определенные документами, считаются действительными. На практике наиболее распространены следующие МХ СИ.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности СИ (для преобразователей — это диапазон преобразования).

Предел измерения — наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения. Для мер — это номинальное значение воспроизводимой величины.

Например, у шкалы на рис. 3.2 начальный участок (~20%) сжат, потому производить отсчеты на нем неудобно. Тогда предел измерения по шкале составляет 50 ед., а диапазон — 10...50 ед.

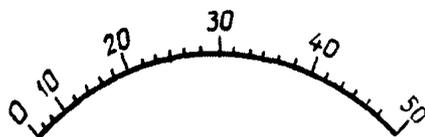


Рис. 3.2. Неравномерная шкала СИ

Цена деления шкалы — разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Приборы с равномерной шкалой имеют постоянную цену деления, а с неравномерной — переменную. В этом случае нормируется минимальная цена деления.

Чувствительность — отношение изменения сигнала Δu на выходе СИ к вызвавшему это изменение изменению Δx сигнала на входе

$$S = \Delta u / \Delta x$$

Например, для стрелочного СИ — это отношение перемещения $a''l$ конца стрелки к вызвавшему его изменению Δx измеряемой величины

$$S = (l / \Delta x)$$

Таким образом, для неравномерных шкал величина $S = 1/a''$, и степень неравномерности шкалы оценивают через коэффициент

Для равномерных шкал $S = S_c = \text{const}$ и $b^1 = 1/x^2$, где x , — диапазон измерений.

Поскольку x и y могут быть выражены в различных единицах,

Гмм~| Гмм! [градус] то величина S имеет размерность $\sim \sim \sim > \sim \sim \sim$ И — г — и т.д. Го-

л я в

вора о чувствительности, указывают чувствительность тока, напряжения и т. д.

Иногда для оперирования безразмерными единицами вводят понятие относительной чувствительности

где x_0, y_0 — номинальные (или средние) величины.

Чувствительность нельзя отождествлять с *порогом чувствительности* — наименьшим значением измеряемой величины, вызывающим заметное изменение показаний прибора.

Величину, обратную чувствительности, называют постоянной прибора $C = 1/S$.

Как правило, выходным сигналом СИ является отсчет (показание) в единицах величины. В этом случае постоянная прибора C равна цене деления. Поэтому для СИ с неравномерной шкалой чувствительность — величина переменная.

Вариация (гистерезис) — разность между показаниями СИ в данной точке диапазона измерения при возрастании и убывании измерений величины и неизменных внешних условиях:

$$\Delta = |x_1 - x_2|$$

где x_1, x_2 — значения измерений образцовыми СИ при возрастании и убывании величины x .

Следует иметь в виду, что, хотя вариация показаний СИ вызывается случайными факторами, сама она — не случайная величина. Зависимость между выходным и входным сигналом СИ, полученную экспериментально, называют градуировочной характеристикой, которая может быть представлена аналитически, графически или в виде таблицы.

Градуировочная характеристика может изменяться под воздействием внешних и внутренних причин. Например, при быстром изменении тока подвижная часть СИ, вследствие инерции, не успевает "следить" за изменением тока. Градуировочная характеристика в этом случае должна выражаться дифференциальным уравнением.

Основная МХ СИ — *погрешность СИ* — есть разность между показаниями СИ и истинными (действительными) значениями ФВ.

Классификация погрешностей СИ приведена на рис. 3.3.

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

Основная погрешность — это погрешность СИ при нормальных условиях эксплуатации. Как правило, нормальными условиями эксплуатации являются: температура 293 ± 5 К или $20 \pm 5^\circ\text{C}$, от-

носительная влажность воздуха $65 \pm 15\%$ при 20°C , напряжение в сети питания $220 \text{ В} \pm 10\%$ с частотой $50 \text{ Гц} \pm 1\%$, атмосферное давление от $97,4$ до 104 кПа , отсутствие электрических и магнитных полей (наводок).

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

Существуют три способа нормирования основной погрешности СИ:

- нормирование пределов допускаемой абсолютной ($\pm A$) или приведенной ($\pm u$) погрешностей, постоянных во всем диапазоне измерения;
- нормирование пределов допускаемой абсолютной ($\pm D$) или относительной ($\pm a$) 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 выступает наибольшая погрешность, вызываемая изменением влияющей величины, при которой СИ по техническим требованиям может быть допущено к применению. То же самое относится и к дополнительным погрешностям. При этом исходят из следующих положений:

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

В общем виде суммарная абсолютная погрешность СИ при влияющих факторах где D_0 — основная погрешность СИ; A_i — дополнительная погрешность, вызванная изменением i -го влияющего фактора.

Иногда дополнительную погрешность нормируют в виде коэффициента, указывающего, "на сколько" или "во сколько" изменяется погрешность при отклонении номинального значения. Например, указание, что температурная погрешность вольтметра составляет $\pm 1\%$ на 10°C , означает, что при изменении среды на каждые 10°C добавляется дополнительная погрешность 1% .

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

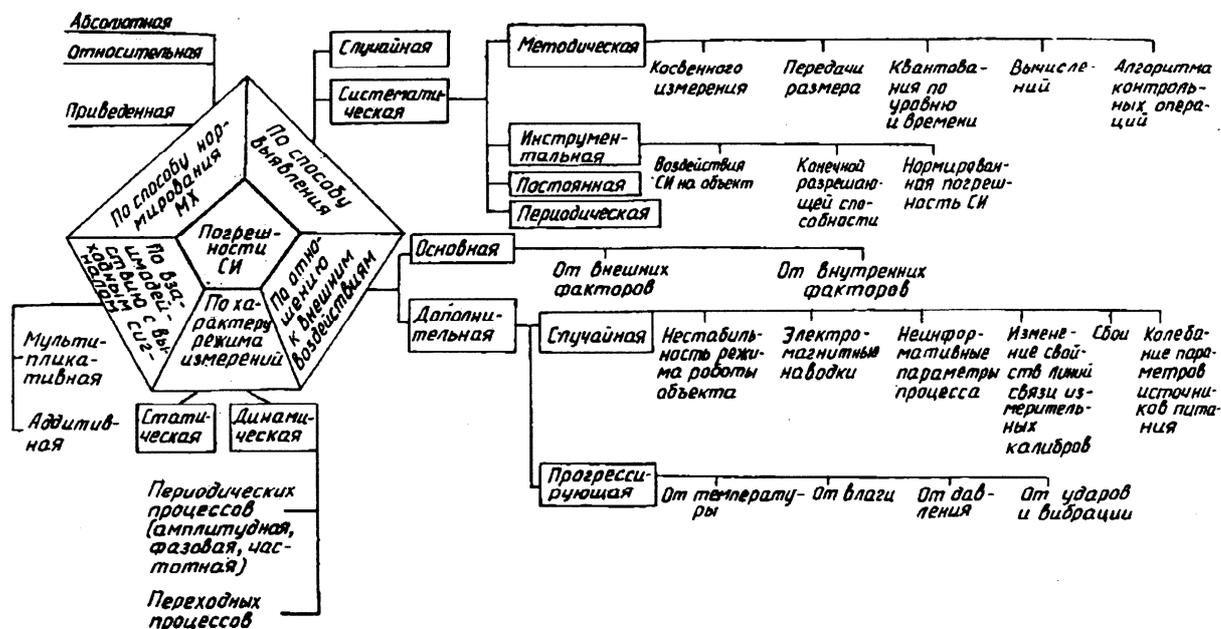
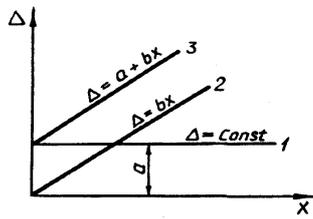


Рис. 3.3. Классификация погрешностей СИ

Систематическая погрешность СИ — это составляющая общей погрешности, которая остается постоянной или закономерно изменяется при многократных измерениях одной и той же величины.

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



Статические погрешности возникают при измерении постоянных величин после завершения переходных процессов в элементах СИ.

Динамическая погрешность — разность между погрешностями СИ в динамическом режиме и его статической погрешностью.

В соответствии с ГОСТ 8.401—80 для пределов допускаемой основной (и дополнительной) погрешностей предусмотрены различные способы выражения в виде абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

Абсолютная погрешность—разность между показанием СИ и действительным значением x_d измеряемой величины

$$D = [x - x_{д}]$$

В качестве $x_{д}$ выступает либо номинальное значение (например, меры), либо значение величины, измеренной более точным (не менее чем на порядок, в 10 раз) СИ.

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой физической величины и может быть задана:

- а) либо одним числом (линия 1 на рис. 3.4): $D = \pm a$;
- б) либо в виде линейной зависимости (линии 2 и 3): $A = \pm Bx \setminus D = \pm (a + Bx)$;
- в) в виде функции $D = D(x)$ или графика, таблицы.

Рис. 3.4. Формирование аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности

Если значение погрешности не изменяется во всем диапазоне измерения (линия 1), например, из-за трения в опорах, то такая погрешность называется аддитивной (или погрешностью нуля).

Если погрешность изменяется пропорционально измеряемой величине (линия 2), то ее называют мультипликативной.

В большинстве случаев аддитивная и мультипликативная составляющие присутствуют одновременно (линия 3).

Поскольку абсолютная погрешность выражается в абсолютных единицах физической величины, то это не дает возможность сравнить СИ и измеряющие разные физические величины. Для этой цели можно использовать относительные погрешности δ как отношение абсолютной погрешности к действительному x_d значению, выраженные в процентах

$$\delta = \pm \frac{D}{x} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Эта формула показывает, что для одного и того же СИ δ уменьшается с ростом x_d приближается к «>» прихд— »0. То есть при измерении на начальном участке шкалы с начальной нулевой отметкой погрешности измерения могут быть сколь угодно велики. Поэтому в метрологии существует принцип запрета измерений на таких участках шкалы СИ. Выбор вида нормирования погрешности зависит от характера ее изменения по диапазону измерения. Если СИ имеет только аддитивную составляющую (или мультипликативной можно пренебречь), то предел допускаемой абсолютной погрешности $D = \pm a$, а δ будет изменяться по гиперболе (рис. 3.5). В этом случае удобнее нормировать абсолютную $D = \pm a$ или приведенную погрешность $D = \pm(a/x) = \text{СОП}81$.

В СИ с преобладающей мультипликативной погрешностью удобнее нормировать предел допустимой относительной погрешности $\delta = \pm c = \text{СОП}81$ (см. рис. 3.5). Таким способом нормируют счетчики электроэнергии, мосты постоянного и переменного тока.

Для нормирования погрешностей с аддитивной и мультипликативной составляющими (см. рис. 3.5) принята более сложная зависимость.

Действительно, пусть $D = \pm(a + Bx)$, тогда

Чтобы связать δ с конечным значением x_k шкалы, к последнему уравнению прибавим и вычтем величину a/x_k , (здесь x_k — больший по модулю из пределов измерений). Тогда обозначим $c = (B + a/x_k) = \text{СОП}81$ и $d = a/x_k = \text{СОП}81$.

Отсюда

$$\delta = \pm(c + \Delta/x) = \pm[c + \Delta/(x/x_k - 1)].$$

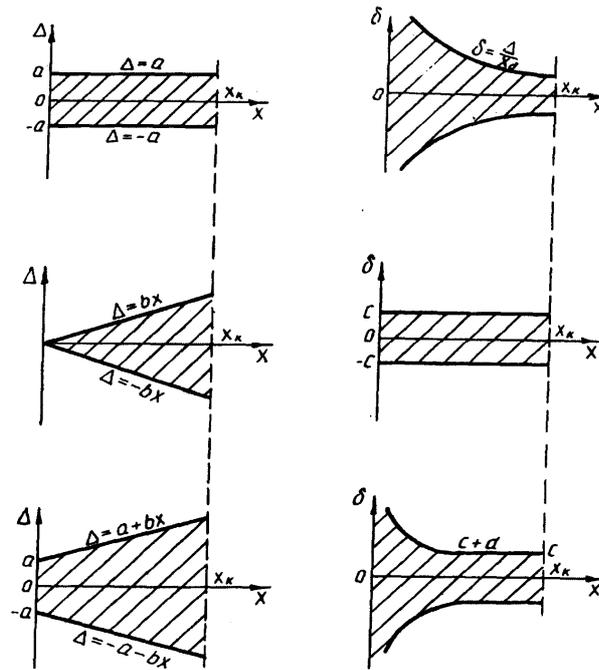


Рис. 3.5. Нормирование погрешностей с аддитивной и мультипликативной составляющими
Из формулы следует, что минимальное значение $\delta_{\text{тп}}$ будет при $x = x_k$. Однако на практике имеют место и другие случаи получения δ . Поэтому вводят значение $\delta_{\text{тп}}$, соответствующее x_a , тогда $\delta = \pm[c + \Delta/(x_a/x_k - 1)]$. (3.2)

Здесь значение δ возрастает как при убывании, так и при возрастании величины x относительно x_a . Физически величина c есть погрешность в начале диапазона $\delta_H = c$, величина L — погрешность в конце диапазона $\delta_K = c$ измерения, т. е.

где A_0 — аддитивная составляющая погрешности; Δ — предел измерения; δ_M — мультипликативная составляющая погрешности; $D(x)$ — значение абсолютной погрешности, возрастающей прямо пропорционально текущему значению x измеряемой величины.

Формула (3.2) применяется для нормирования погрешностей высокоточных СИ — цифровых, многозначных мер сопротивления и т. п.

Указание только абсолютной погрешности не позволяет сравнивать между собой по точности СИ с разным пределом измерений, а указание относительной погрешности также ограничено из-за непостоянства величины δ (кроме случая на рис. 3.6, б). Поэтому получило большое распространение нормирование приведенной погрешности как отношение D к нормируемому значению $x_{\text{н}}$ (в, %):

$$T = \pm \frac{D}{x_{\text{н}}} 100\%.$$

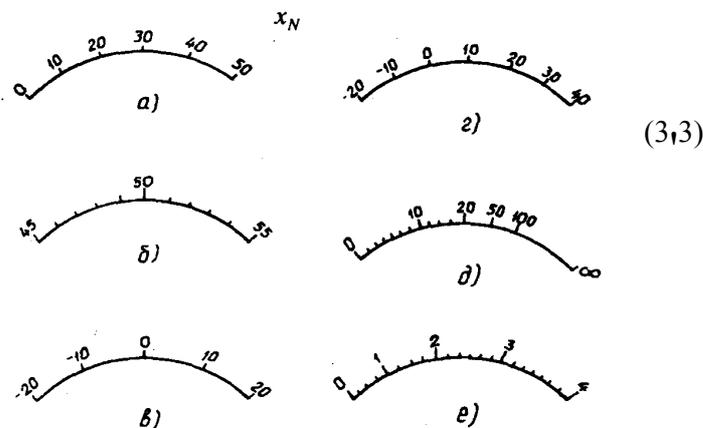


Рис. 3.6. Виды шкал СИ

Нормирующее значение $x_{\text{н}}$, выбирают в зависимости от вида и характера шкалы прибора. Различают равномерные (рис. 3.6, а, б, в, г) и неравномерные шкалы. Последние делятся на существенно неравномерные и степенные.

Под существенно неравномерной шкалой понимают шкалу с сужающимися делениями, на которой отметка, соответствующая полусумме начального и конечного значения рабочей части шкалы, расположена между 65 и 100% длины этой рабочей части (рис. 3.6,5).

Под степенной шкалой понимают шкалу с расширяющимися или сужающимися делениями, но не попадающими под определение существенно неравномерных (рис. 3.6,е).

Тогда нормирующее значение x_n принимается равным:

- конечному значению рабочей части шкалы $x_n = x_k$, если нулевая отметка — на краю или вне рабочей части шкалы (равномерная шкала рис. 3.6, а — $x_n = 50$; рис. 3.6, б — $x_n = 55$; степенная шкала — $x_n = 4$ на рис. 3.6,е);
- сумме конечных значений шкалы (без учета знака), если нулевая отметка — внутри шкалы рис. 3.6,в, $x_n = 20+20=40$; рис. 3.6,г, $x_n = 20+40=60$;
- длине шкалы, если она существенно неравномерна. В этом случае поскольку длина выражается в миллиметрах, то абсолютную погрешность надо выражать также в миллиметрах (рис. 3.6,5);
- номинальному значению x , если СИ предназначено для измерения отклонения измеряемой величины от номинального значения.

Специфическим видом погрешности цифровых СИ и дискретных преобразователей является погрешность квантования, которая вносится округлением значения измеряемой величины и номинального значения. На рис. 3.7 приведена текущая разность (погрешность квантования) номинальной (линия 1) и реальной (линия 2) характеристик цифрового СИ в полосе (штриховые линии) погрешностей. Поскольку измеряемая величина может принимать случайные значения в интервале от $+D$ до $-D$, то погрешность квантования есть случайная аддитивная статическая погрешность. Она не зависит ни от текущего значения x , ни от скорости изменения во времени. На рис. 3.7 величина q — шаг квантования по уровню.

Наличие погрешностей приводит к тому, что характеристики СИ (датчиков, приборов, каналов ИИС и ИВК) оказываются неоднозначными. При экспериментальном их определении (градуирование СИ) находят некую среднюю линию. Тогда реальные отношения характеристик от этой аппроксимирующей являются погрешностью адекватности.

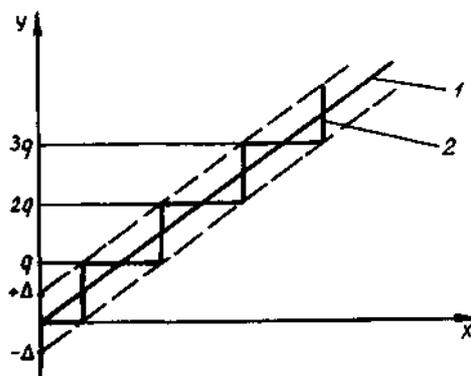


Рис. 3.7. Квантование погрешности цифровых СИ

От рассеяния результата измерения следует отличать рассеяние показания СИ и рассеяние самой измеряемой величины, характеризующее однородность (стабильность) измерительного процесса. Последнее особенно важно учитывать при диагностических измерениях.

Типовые (градуировочные) характеристики, предназначенные для оценки результатов измерений, нормируют как номинальные характеристики СИ данного типа. Для отдельных экземпляров СИ допускается использование одной при нескольких индивидуальных характеристиках с указанием границ в конкретных условиях применения.

Характеристики систематической составляющей погрешности СИ нормируют путем установления либо положительного и отрицательного допускаемых пределов A_{SP} , либо D_{SP} совместно с математическим ожиданием $M[D_C]$ и СКО $8[A_C]$ систематической составляющей.

Характеристики случайной составляющей погрешности нормируют путем установления либо ее допускаемого предела СКО $\sigma_p [d]$, либо $a [l \ 1]$ совместно с номинальной нормализованной автокорре-

ляционной функцией $\gamma(D_T)$, или номинальной функцией спектральной плотности $|d_{(y)}|$ случайной составляющей и пределами допускаемых отклонений этих функций от номинальных.

Погрешность от гистерезиса D_n нормируется установлением предела Δ без учета знака допускаемой вариации выходного сигнала (показания) СИ.

Характеристику погрешности СИ, в том числе и в заданном интервале, нормируют установлением предела (положительного и отрицательного) A^{\wedge} допустимой погрешности совместно с H_p . При этом дается оценка значимости составляющих погрешности (см. п. 2.9).

Характеристики погрешности нормируются для СИ, если значение СКО случайной составляющей в каждой точке диапазона измерений не существенно и не превышает установленного в нормативно-технической документации (НТД) значения

$$\sigma_{\text{таж}}(\text{в\%от}D_{\text{;}}); \sigma[A] < A^{\wedge} D / 100.$$

Для СИ, не входящих в измерительные системы и комплексы, когда их погрешность в рабочих условиях определяется верхней A_v и нижней D_n границами интервала, в котором в нормальных условиях лежит погрешность с заданной вероятностью P , ограничение $<7_{\text{таж}}$ не вводится.

Функции влияния нормируют установлением либо номинальной функции $4^{\wedge}(4)$ и пределами допускаемых от нее отклонений, либо граничных функций, включая верхний ЧД и нижний Ч $'_n$ (\wedge) пределы. Второй способ используется при большом разбросе функций влияния по множеству данного типа СИ.

Изменения значений МХ, вызванные изменениями влияющих величин, нормируют установлением пределов ϵ_p (\wedge) при заданной величине изменения влияющих факторов. Такие пределы изменения значений МХ называются пределами допускаемой дополнительной погрешности СИ.

Величины ϵ_p (\wedge) и ϵ_p (\wedge), как правило, нормируют отдельно от каждого влияющего фактора. Если таких факторов несколько, то устанавливают соответственно либо $\epsilon^*(\wedge, \wedge_2, \dots)$, либо $\epsilon(\{\wedge, \wedge_2, \dots\})$.

Полную и частную динамическую характеристику (ДОС) линейных (или близких к линейным) аналоговых и цифровых СИ нормируют одной из номинальных характеристик и пределами допускаемых от нее отклонений. Для СИ, у которых велик разброс динамических характеристик по множеству экземпляров, можно нормировать граничные значения указанных ДХ.

Характеристики СИ, отражающие их способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений, нормируют установлением номинальных характеристик и пределов допускаемых отклонений от них или граничных условий.

Неинформативные параметры выходного сигнала СИ нормируют установлением номинальных значений этих параметров и пределов допускаемых отклонений от них или граничных условий.

3.3. Классы точности средств измерений

Приведенная в предыдущем параграфе номенклатура МХ в известном смысле предполагает строгое нормирование МХ СИ, используемых при высокоточных лабораторных измерениях и метрологической аттестации, других СИ.

При технических измерениях, когда не предусмотрено выделение случайных и систематических составляющих, когда не существенна динамическая погрешность СИ, когда не учитываются Влияющие (дестабилизирующие) факторы и т.д., можно пользоваться более грубым нормированием — присвоением СИ определенного класса точности по ГОСТ 8.401—80.

Класс точности — это обобщенная МХ, определяющая различные свойства СИ. Например, у показывающих электроизмерительных приборов класс точности помимо основной погрешности включает также вариацию показаний, а у мер электрических величин — величину нестабильности (процентное изменение значения меры в течение года). Класс точности СИ уже включает систематическую и случайную погрешности. Однако он не является непосредственной характеристикой точности измерений, выполняемых с помощью этих СИ, поскольку точность измерения зависит и от метода измерения, взаимодействия СИ с объектом, условий измерения и т.д.

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

Правда, в некоторых случаях возможна и противоположная ситуация, когда погрешность измерения меньше погрешности прибора (нулевые методы измерения). Например, схема измерения построена так, что стрелка нуль-индикатора при разности измеряемых величин, равной 1%, отклоняется полностью на 100 делений. Пусть погрешность нуль-индикатора равна одному делению. В этом случае возможен остаточный разбаланс также на одно деление, равный 1% однопроцентной разности измеряемых величин. Тогда относительная погрешность измерения не превысит 0,01%, т. е. составит одну сотую относительной погрешности нуль-индикатора. Однако рассмотренный случай можно отнести к исключениям из общего правила.

В связи с большим разнообразием как самих СИ, так и их МХ, ГОСТ 8.401—80 устанавливает несколько способов назначения классов точности. При этом в основу заложены следующие положения:

- в качестве норм служат пределы допускаемых погрешностей, включающие систематические и случайные составляющие;
- основная δ и все виды дополнительных погрешностей δ _{оси}, δ _г и δ _{доп} нормируются порознь (см. п. 3.2).

Первое положение свидетельствует о необходимости разрабатывать СИ с учетом однократного отчета показаний по величине общей погрешности.

Второе положение направлено на обеспечение максимальной однородности однотипных СИ.

Например, можно обеспечить $\delta^5 =$

за счет любого б. Од-

нако замена одного СИ другим не всегда будет эквивалентной, поскольку одно СИ будет иметь большую температурную погрешность, другое — частотную, что при конкретном измерении неизвестно.

Определяя класс точности, нормируют прежде всего пределы допускаемой основной погрешности δ^A . Пределы допускаемой дополнительной погрешности устанавливают в виде дольного (кратного) значения [δ^A].

Классы точности присваивают СИ при их разработке по результатам государственных приемочных испытаний. Если СИ предназначены для измерения одной и той же физической величины, но в разных диапазонах, или — для измерения разных физических величин, то этим СИ могут присваиваться разные классы точности как по диапазонам, так и по измеряемым физическим величинам.

В эксплуатации СИ должны соответствовать этим классам точности. Однако при наличии соответствующих эксплуатационных требований класс точности, присвоенный на производстве, в эксплуатации может понижаться.

Пределы допускаемых основной и относительной погрешностей выражают в форме абсолютной, относительной или приведенной погрешностей. Способ выражения погрешностей зависит от характера изменения погрешности по диапазону измерения, назначения и условий применения СИ.

Если погрешность результатов измерений в данной области измерений принято выражать в единицах измерений величины или делениях шкалы, то принимается форма абсолютных погрешностей (меры, магазины номинальных физических величин). Если границы абсолютных погрешностей в пределах диапазона измерений практически постоянны, то принимается форма приведенной погрешности, а если эти границы нельзя считать постоянными, то форма относительной погрешности.

Поэтому ГОСТ 8.401—80 в качестве основных устанавливает три вида классов точности СИ:

- для пределов допускаемой абсолютной погрешности в единицах измеряемой величины или делениях шкалы;

- для пределов допускаемой относительной погрешности в виде ряда чисел $\delta = \pm A \cdot 10^n$, (3.4)

где $A = \setminus; 1,5; (1,6); 2; 2,5; (3); 4; 5$ и 6 ; значения $1,6$ и 3 -допускаемые, но не рекомендуемые; $n = 1; 0; -1; -2; \dots$;

- для пределов допускаемой приведенной погрешности с тем же рядом (3.4): $y = \pm A \cdot 10^n$.

Абсолютная погрешность может выражаться одним числом $D = \pm a$ при неизменных границах, двучленом $D = \pm (a + bx)$ — при линейном изменении границ абсолютной погрешности, т. е. при совместном проявлении аддитивной и мультипликативной составляющих (см. рис. 3.4), или в виде таблицы, графика функции при нелинейном изменении границ (например, табл. 3.1).

Таблица 3.1

Пределы допускаемой абсолютной погрешности вольтметра М-366

Показания СИ, В	0	10	20	30	40	50	60	70	75
Погрешность Д, В	-0,20	-0,10	0	0,10	0,20	0,35	0,45	0,55	0,70

Классы точности СИ, выраженные через абсолютные погрешности, обозначают прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. При этом чем дальше буква от начала алфавита, тем больше значения допускаемой абсолютной погрешности. Например, СИ класса С более точен, чем СИ класса М, т. е. это число — условное обозначение и не определяет значение погрешности.

Класс точности через относительную погрешность СИ назначается двумя способами.

- Если погрешность СИ имеет в основном мультипликативную составляющую, то пределы допускаемой основной относительной погрешности устанавливаются по формуле $\delta = \pm 100\% = A \cdot 10^{-n} = \pm < 7 \cdot x$

(3.5)

Так обозначают классы точности мостов переменного тока, счетчиков электроэнергии, делителей напряжения, измерительных трансформаторов и др.

- Если СИ имеют как мультипликативную, так и аддитивную составляющие, то класс точности обозначается двумя цифрами, соответствующими значениям c и l ? формулы:

(3.6)

Здесь c и A выражаются также через ряд (3.4). Причем, как правило, $c > l$. Например, класс точности 0,02/0,01 означает, что $c = 0,02$, а $l = 0,01$, т. е. приведенное значение относительной погрешности к началу диапазона измерения $y = 0,02\%$, а к концу —

Кроме того, ГОСТ 22261—94 устанавливает пределы допускаемой основной погрешности в виде относительной погрешности, выраженной в децибелах (дБ):

где $L = 10$ при измерении энергетических величин (мощности, энергии, плотности энергии); $A' = 20$ при измерении силовых электромагнитных величин (напряжения, силы тока, напряженности поля). Следует иметь в виду, что если два прибора имеют разные чувствительности $S_1 = -100$ дБ/Вт и $S_2 = -95$ дБ/Вт, то значение чувствительности у второго СИ выше, чем у первого, так как $-95 > -100$.

Наиболее широкое распространение (особенно для аналоговых СИ) получило нормирование класса точности по приведенной погрешности:

$$y = \pm \frac{A}{x} \cdot 100\% = \pm A \cdot 10^{-n} \quad (3.7)$$

Условное обозначение класса точности в этом случае зависит от нормирующего значения x , т. е. от шкалы СИ.

Если X_d , представляется в единицах измеряемой величины, то класс точности обозначается числом, совпадающим с пределом допускаемой приведенной погрешности. Например, класс 1,5 означает, что $y = 1,5\%$.

Если X_d — длина шкалы (например, у амперметров), то класс 1,5 означает, что $y = 1,5\%$ длины шкалы.

Не всегда число, обозначающее класс точности, показывает предел допускаемой погрешности. В частности, у некоторых однозначных мер электрических величин оно характеризует нестабильность, показывая, на сколько процентов значение меры может изменяться в течение года.

Сравнения способов выражения погрешностей позволяют высказать некоторые соображения.

При известных классе точности СИ, выраженном через приведенную погрешность y , и чувствительности S абсолютная погрешность СИ составит $A = yX_d/100S$, а относительная на отметке x , соответственно, $\delta = yX_d / xS$.

Сравнение формул (3.6) и (3.7) показывает, что первая отражает гиперболическую, а вторая — линейную зависимость. При форме записи (3.6) абсолютная погрешность имеет вид:

$$*_{п} \quad x \cdot A = \frac{c}{b} \cdot x + 100 \left[\frac{x}{b} \right]$$

Если $x > 3x_0$, то шкала становится резко нелинейной и производить измерения на этом участке неудобно. Целесообразно перейти на другой диапазон измерения. Расчетные коэффициенты c и b округляются до принятых рядом (3.4), а соотношение их с классом точности по приведенной погрешности у приведено в табл. 3.2.

Таблица 3.2 Соотношение классов точности y и коэффициентов c и b

Класс точности	1,0	1,5	2,5	4,0
Коэффициенты c/l	4/1,0	6/1,5	10/2,5	15/4,0

Отрицательное влияние аддитивной составляющей погрешности заключается в том, что она не позволяет использовать одно и то же СИ для измерения как больших, так и малых величин. Поэтому на начальной части шкалы СИ измерения, как правило, недопустимы.

Из формулы относительной погрешности $\delta = \frac{D}{x}$ видно, что ее значение растет обратно пропорционально x и изменяется по гиперболе (рис. 3.8), т. е. относительная погрешность равна классу СИ b_0 лишь на последней отметке шкалы ($x = x_k$). При $x \rightarrow 0$ величина $\delta \rightarrow \infty$. При уменьшении измеряемой величины до значения x_{m-n} относительная погрешность достигает 100%.

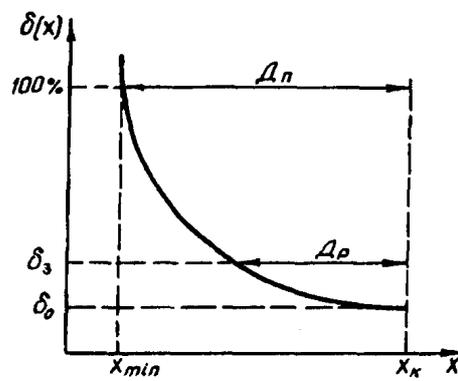


Рис. 3.8. Оценка порога чувствительности

Такое значение измеряемой величины называется *порогом чувствительности*. Эта величина ограничивает снизу полный диапазон D_n измеряемых величин. Верхняя граница D_n ограничена пределом измерения x^{\wedge} .

Отношение $D_n = x_k/x_{min}$ называют еще полным динамическим диапазоном измерения.

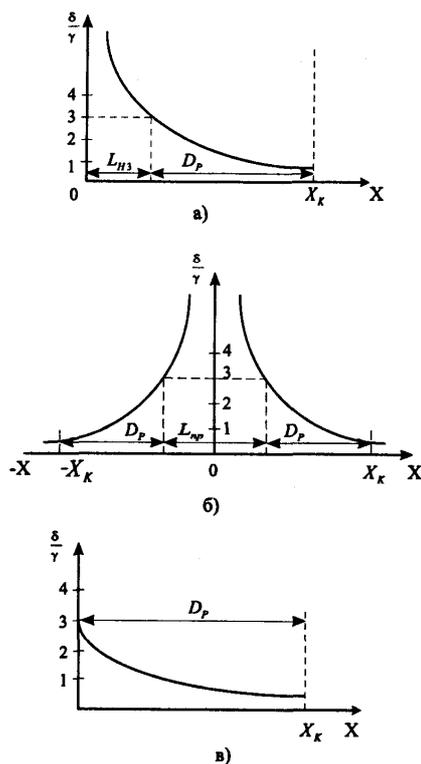
Тогда, задаваясь некоторым значением относительной погрешности δ_3 (например $\delta_3 = 5, 10$ и 20%), можно ограничить снизу рабочий диапазон D_p (рис. 3.8), т. е. величина D_p назначается достаточно произвольно. Резюмируя изложенное, следует сказать, что если класс точности СИ установлен по наибольшему допускаемому приведенному значению погрешности (формула (3.7), а для оценки погрешности конкретного измерения необходимо знать значение абсолютной или относительной погрешности в данной точке, то в этом случае выбор СИ, например, класс 1 ($y = 1\%$) для измерения с относительной погрешностью $\pm 1\%$ будет правильным, если верхний предел x_k СИ равен измеряемому значению x величины. В остальных случаях относительную погрешность измерения необходимо определять по формуле

$$\delta_{\text{отн}} = \frac{y}{x} \cdot \Delta \quad (3.8)$$

x

Таким образом, снять показание — не значит измерить. Надо оценить еще и погрешность измерения, учитывая, что случайные погрешности делают результат ненадежным, а систематические — неверным. Допускаемая величина относительной погрешности СИ определяется требуемой точностью $\delta_{\text{изм}}$ измерений. Постоянство вероятности получения наибольшей возможной абсолютной погрешности во всех точках шкалы следует из формулы (3.8). Обычно относительная погрешность в пределах рабочего участка шкалы не может превышать приведенную погрешность более чем в три раза. Выполнение этого условия по отношению к СИ с равномерной шкалой приводит к тому, что при односторонней шкале рабочий диапазон D занимает последние две трети ее длины (рис. 3.9, а), при двусторонней шкале того же диапазона — одну треть (рис. 3.9, б), при безнулевой шкале D_p может распространяться на всю длину шкалы (рис. 3.9, в), т. е. нерабочая зона шкалы $I_{\text{из}} = 0$.

Для некоторых СИ характерна сложная зависимость относительной погрешности от измеряемой величины или влияющих факторов, которая приводит к логарифмической характеристике точности. В основном это широкодиапазонные СИ, например мосты постоянного тока, мосты сопротивлений, цифровые частотомеры и т. п. Для них ГОСТ 8.401—80 допускает нормирование классов точности трехчленной формулой

. Рис. 3.9. Оценка рабочей зоны СИ x X_K где $x_{\text{гп}}$ и x_K

— порог и предел чувствительности; δ_3 — относительная погрешность, ограничивающая снизу рабочий диапазон, в обозначениях рис. 3.8

Например, у широкодиапазонного моста сопротивлений в технической документации указано, что относительная погрешность не превосходит значений в диапазонах:

$10^2, \dots, 10^4$ Ом - 0,5%; $5, \dots, 10^5$ Ом - 1%;

$0,5, \dots, 10^6$ Ом - 5%; $0,2, \dots, 2 \cdot 10^6$ Ом - 10% и $0,1, \dots, 4 \cdot 10^6$ Ом - 20%.

При $\delta_3 = 0,5\%$, $x_{\text{гп}} = 0,02$ Ом и $x_K = 20 \cdot 10^6$ Ом для любого d : относительная погрешность составит $\delta_M = [0,02/x + 0,5/100 + x/20 \cdot 10^6] 100\%$.

Обозначения классов точности в документах и на приборах приведены в табл. 3.3. Таблица 3.3

Формулы вычисления погрешностей и обозначение классов точности СИ

Вид погрешности	Формула по тексту	Примеры пределов допускаемой погрешности	Обозначение класса точности		СИ, рекомендуемые к обозначению таким способом
			в НТД	на СИ	
Абсолютная	$D = \pm a$	$D = \pm 0,2\text{Л}$	Класс точности N или класс точности III	N	Меры
	III			Тоже	
Относительная	(3.5)	$\delta = \pm 0,5\%$	Класс точности 0,5	$\wedge 5$ Ч1У	Мосты, счетчики, делители, измерительные трансформаторы

распределения и доверительной вероятностью нахождения погрешности в заданном интервале.

Пример 3.2. Определить погрешность канала измерения мощности, структурная схема которого приведена на рис. 3.10. Здесь ТТ и ТН — соответственно трансформаторы тока и напряжения; ПР_ш, ПР_у, — преобразователи соответственно мощности и тока; К — коммутатор; АЦП — аналого-цифровой преобразователь. Исходные данные: относительная погрешность ТТ, приведенная к началу диапазона измерения, составляет $\delta_{ТТН} = 0,1\%$, а к концу — $\delta^{\wedge} = 0,5\%$; относительная погрешность ТН $\delta_{ТН} = 0,5\%$; СКО погрешность преобразования мощности состоит из пяти составляющих: основной погрешности (1%); погрешности от пульсации (0,2%); дополнительной погрешности от изменения $\cos\varphi$ (0,15%); погрешности от колебания напряжения питания (0,1%) и от колебаний температуры окружающей среды (0,6%); $\cos\varphi = 0,85$; $\delta_{ш} = 0,06\%$ и от изменения температуры окружающей среды; погрешность коммутатора на 128 каналов состоит из трех составляющих: погрешности падения напряжения открытого ключа (0,4%), от утечки тока в каждом из 127 закрытых ключом каналов (0,13%) и пульсации несущей частоты (0,06%); $\delta_{кЛЦП} = 0,2\%$, $\delta^{\wedge}_{ш} = 0,3\%$.

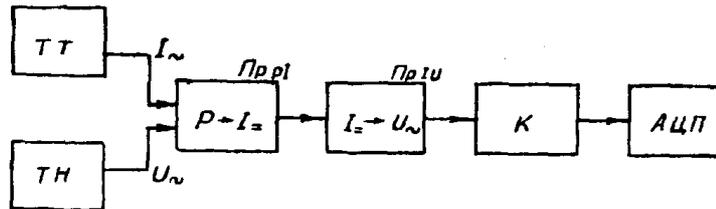


Рис. 3.10 Канал для измерения мощности

Решение. 1. Учитывая, что закон распределения погрешности неизвестен, примем его равномерным ($A=1,73$), и по формуле (3.11) находим $\delta^{\wedge} = 0,06\%$ и $\delta^{\wedge} = 0,29\%$.

2. Для трансформатора напряжения $\delta_{ТНН} = \delta_{ТНК} = 0,5\%$. Принимая предыдущие условия, $\delta_{ТНН} = \delta_{ТНК} = 0,29\%$.

5. Для преобразователя мощности $\delta_{Л\cdot} = 6\delta_{ш} = 6^{\wedge}_{ш}$.

Тогда $a_{ш} = \Delta\sigma = \sqrt{1^2 + 0,2^2 + 0,15^2 + 0,1^2} = 1,06\%$.

$1/1=1$

Здесь не учтена погрешность от колебаний окружающей температуры, так как эта погрешность жестко коррелирована ($\rho = 1$) с погрешностью преобразователя ПР_ш для которого она составляет $\sigma^{\wedge} = 0,06\%$. В этом случае СКО погрешностей складываются алгебраически $\sigma_{доп} = a_{ш} + \sigma^{\wedge} = 0,66\%$ и учитываются уже в суммарной погрешности этих преобразователей.

Поскольку ПР_ш не имеет других погрешностей, то общая погрешность преобразователей составит

$\sigma_{ш} = \sqrt{1,06^2 + 0,66^2} = 1,3\%$. 4. Для коммутатора, приняв условия п. 1,

$\sigma_{к} = \sqrt{0,4^2 + 0,13^2 + 0,06^2} = 0,44\%$.

При этом $\sigma_{к} = a_{кЛ} = \sigma_{кК}$.

5. Относительные погрешности АЦП заданы. Полагая закон их распределения равномерным, получим

6. Окончательно СКО И К для конца диапазона составит

$\sigma_{ик}$.

а для начала

$\sigma_{ик} = \sqrt{0,06^2 + 0,29^2 + 1,30^2 + 0,24^2 + 0,13^2} = 1,37\%$,

$\sigma_{ик} = \sqrt{0,29^2 + 0,29^2 + 1,30^2 + 0,24^2 + 0,17^2} = 1,71\%$.

7. Приняв квантильный коэффициент $A = 1,95$ для доверительной вероятности $P = 0,95$, окончательно для начала и конца диапазона измерений ИК получим $\delta_{к} = 1,95 \cdot 1,37 = 2,66\%$ и $\delta_{к} = 1,95 \cdot 1,71 = 3,32\%$.

Тогда с учетом округлений по ряду (3.4)

$\delta^{\wedge} \pm [2,5 + 3$

Это расчетное значение погрешности следует умножить на коэффициент запаса, учитывающий старение элементов ИК. Обычно для рассмотренных звеньев ИК скорость старения не превышает 0,1% в год.

3.5. Метрологические характеристики цифровых средств измерений

3.5.1. Общие положения

Под цифровыми СИ (ЦСИ) будем понимать приборы, предусматривающие либо цифровой отсчет показаний, либо цифровое преобразование измерительной информации: ЦИУ (ЦИП) — цифровые измерительные устройства (приборы); ИВК — информационные вычислительные комплексы; АЦП — аналого-цифровые измерительные преобразователи; ЦАИ — цифроаналоговые измерительные преобразователи. Комплекс нормируемых метрологических характеристик (НМХ) ЦСИ устанавливается исходя из их назначения. Если они относятся к СИ, то в основу должны быть положены ГОСТ 8.009-84, ГОСТ 8.401-80, РД 50-453-84. Если ЦСИ выступает как средство автоматизации, то используют другие стандарты.

Для большинства ЦСИ характерно линейное преобразование измеряемой величины, т. е. показание ЦСИ пропорционально числовому значению измеряемой величины или ее отклонению от заданного (например) значения. Различают однопредельные, многопредельные и комбинированные ЦСИ для прямых, косвенных или совокупных измерений.

Обобщенная структурная схема ЦСИ (рис. 3.11) включает аналоговый преобразователь (АП) входной величины, квантователь (КВ), преобразователь (ПК) и отсчетное устройство (ОУ).

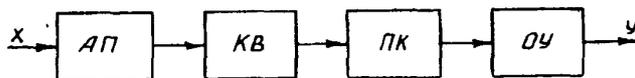


Рис. 3.11. Блок-схема ЦСИ

Для упрощения на схеме (см. рис. 3.11) не показаны блоки синхронизации, управления, памяти и другие блоки и устройства, необходимые для обеспечения заданного качества работы ЦСИ. Отметим лишь, что квантователь осуществляет квантование входного аналогового сигнала по уровню (или по времени). В общем случае ЦСИ производит над измеряемой величиной три операции — квантование по уровню, дискретизацию времени и кодирование. Сущность квантования по уровню заключается в том, что бесконечному множеству точек сигнала x в рассматриваемом диапазоне от x_n (нижнее) до x_v (верхнее значение) ставится в соответствие конечное и счетное множество выходных кодов (квантов) [8; 55].

Дискретизация по времени заключается в том, что измерение производится периодически (дискретно) в моменты времени, задаваемые, например, генератором цикла. Интервал времени от момента подачи входного сигнала до момента получения кодов называется временем цикла.

Принцип действия ЦСИ определяется принципом действия его квантователя: время-импульсное ЦСИ имеет квантователь интервала времени; частотно-импульсное ЦСИ имеет квантователь частоты; кодо-импульсное (или поразрядного уравнивателя) ЦСИ содержит квантователь постоянного тока или напряжения. Встречаются и комбинации квантователей.

В общем случае показание отсчетного устройства ЦСИ

$$Y = \partial \mathcal{Q}, \quad (3.12)$$

где ∂ — шаг (квант, ступень) квантования в единицах измеряемой величины.

Константа $\#$ — важнейшая метрологическая характеристика ЦСИ, устанавливающая связь между измеряемой величиной x и выходным кодом и определяющая чувствительность ЦСИ ($\delta = 1/\#$).

Величину ∂ называют еще номинальной ценой единицы наименьшего (младшего) разряда кода.

Обычно

$$\partial = 1c \cdot 10^m,$$

где $1c = 1, 2$ или 5 ; m — любое целое число (положительное или отрицательное) или нуль.

Такое название связано с тем, что обычно при $1c = 1$ размер номинальной ступени квантования $0 = \partial$, где ∂ — цена единицы наименьшего (младшего) разряда выходного кода N . Например, при $A = 2$ в младшем десятичном разряде числа, выражающего результат измерения, индицируются только четные цифры и нуль. Если $A = 5$ — индицируются только 0 или 5. При $L = 5$ квант в 5 раз больше значения единицы младшего разряда ($\partial = 5\partial$).

В любом ЦСИ предусмотрено определенное количество десятичных разрядов, каждый из которых реализует возможные состояния входного сигнала, соответствующие цифрам от 0 до 9. Тогда максимальное число $\#_{\text{таб}}$, которое может индицироваться на ОУ, при трех разрядах составляет 999, при четырех — 9999 и т. д. По аналогии со стрелочными СИ число N , L называют длиной цифровой шкалы.

Количество квантов N_{\parallel} совпадает с $N_{\text{таб}}$ при $1c = 1$. В общем случае $L = L_{\text{таб}}$ и число N_{\parallel} называют разрешающей способностью ЦСИ, которую обозначают как отношение, например, 1:999.

Величина $N_{\text{таб}}$ определяется разрядностью ЦСИ и при полном использовании старшего разряда

$$N_{\text{таб}} = c^n - 1,$$

где c — основание системы счисления; n — число разрядов. Например, при $c = 10$ и $n = 4$ $N_{\text{таб}} = 10^4 - 1 = 9999$. При заданной верхней границе $x_{\text{таб}}$ диапазона измерений

$$N_{\text{таб}} = \frac{x_{\text{таб}}}{\partial}$$

При анализе погрешностей измерения ЦСИ рассматривают два режима — статический и динамический.

Погрешность измерения в динамическом режиме зависит не только от свойств ЦСИ, но и от свойств измеряемого сигнала, например частотного спектра изменений x_m , подаваемого на ЦСИ. Поэтому для описания влияния динамических свойств ЦСИ на погрешность измерения в динамическом режиме понятие динамической погрешности не используют, а рассматривают только динамические характеристики самого ЦСИ, в частности его переходную характеристику.

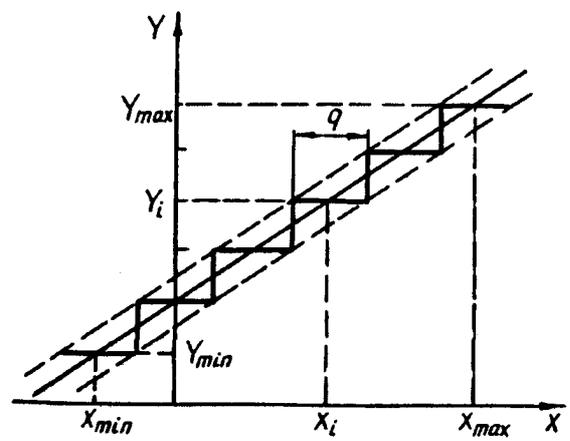
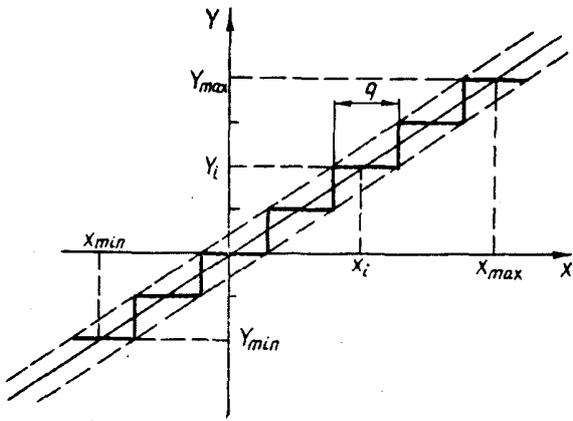


Рис. 3.12. Номинальная функция преобразования ЦСИ

3.5.2. Статические погрешности цифровых средств измерений

Основная метрологическая характеристика линейного ЦСИ — номинальная функция преобразования

$$y = I_{c5}x \quad (3.13)$$

или

где I_{c5} — соп81 — номинальный коэффициент преобразования.

Ступенчатая линия рис. 3.12 описывается формулой, соответствующей (3.13):

$$y = \lfloor c_5 x / d + 0,5 \rfloor d, \quad (3.15)$$

а рис. 3.13 — формулой, соответствующей уравнению (3.14):

$$y = \lfloor I_{c5} x + M \rfloor d + K \cdot \dots \quad (3.16)$$

где $\lfloor A \rfloor$ означает "целая часть A"; $z^{\text{еп}} A$ — функция числа A (81§п A = 1 при A > 0 и 81§п A = -1 при A < 0).

Почти все ЦСИ выполняют так, что $I_{c5} = 1$, и в идеальном случае функция ЦСИ (3.15) или (3.16) стремится к идеальной функции преобразования аналогового СИ $y = I_{c5}x$:

$y =$

Рис. 3.13. Формирование реальной погрешности ЦСИ

Поскольку у ЦСИ, как квантователя, всегда $d \neq 0$, то даже идеальные ЦСИ обладают погрешностью, обусловленной наличием d .

Как и для аналоговых СИ, в случае ЦСИ основная статическая погрешность A есть сумма систематической и случайной составляющих ($D = D_c + D_s$). Для раскрытия их структуры рассмотрим две составляющие погрешности ЦСИ: методическую, обусловленную принципом аналого-цифрового преобразования, и инструментальную, обусловленную конструкцией и свойствами реальных элементов схемы ЦСИ. В литературе [4; 6] встречаются еще понятия погрешности нелинейности или дифференциальной линейности. Однако величина этой погрешности в условиях эксплуатации ЦСИ весьма мала и представляет интерес лишь для разработки ЦСИ.

В аналоговых СИ числовое значение результата измерения определяет оператор (снимает показания, производит округление и записывает результат полученных чисел значащих цифр). При этом возникает субъективная ошибка определения.

В ЦСИ операция округления производится самим СИ, и ошибка этой операции относится к методической погрешности. Одновременно с округлением ЦСИ осуществляет квантование сигнала путем сравнения его с определенным уровнем. Таким образом, линейное ЦСИ есть квантователь непрерывной измеряемой величины, и его номинальная характеристика преобразования имеет вид:

$< ?$

где N — значение выходной величины ЦСИ (целое число); x — значение измеряемой величины.

При квантовании число N должно быть таким, чтобы выполнялось неравенство

$$(M - 0,5d) < x < (M + 0,5d),$$

означающее, что любое значение x , попавшее в этот интервал, округляется до значения N .

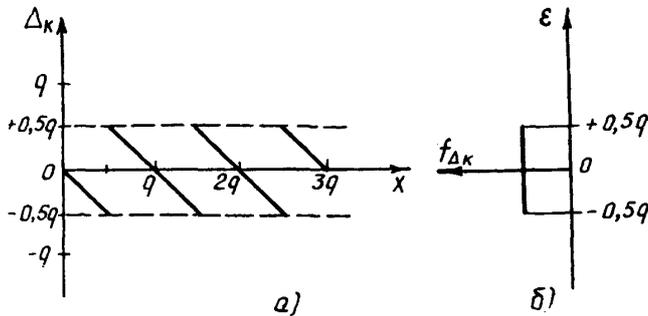
Абсолютная погрешность квантования, приведенная ко входу, составит

$$\Delta = N - x,$$

а к выходу

$$\Delta_k = \dots = N$$

Графически функция $D_k = D(x)$ приведена на рис. 3.14, а. Поскольку x — величина случайная, то и D_k — тоже случайная величина, как правило, с равномерным законом распределения (рис. 3.14, б). Погрешность квантования является центрированной (с математическим ожиданием, равным нулю) случайной величиной. Предельное значение ее $[D_k] = 0,5q$, и СКО: Рис. 3.14. Погрешность квантования ЦСИ



Погрешность квантования является аддитивной погрешностью, так как абсолютное ее значение не зависит от того, в какой части диапазона находится x . Погрешность квантования контролю не подлежит.

Относительная погрешность квантования

$$\delta_{\text{кв}} = \frac{\Delta_k}{x} \sim \frac{1}{2^n}$$

а приведенная погрешность квантования

$$\delta_{\text{кв}}^* = \frac{\Delta_k}{x} \sim \frac{1}{2^n} \cdot \frac{1}{\sqrt{12}}$$

"н-ч" $\delta_{\text{кв}}^* < 1\%$ "С"

Отсюда можно получить выражение для определения необходимого числа разрядов

$$M \geq 100\% \frac{1}{\delta_{\text{кв}}^*}$$

Например, для ЦСИ с десятичным отсчетом при $\delta_{\text{кв}} = 0,5; 0,05$ и $0,005\%$ необходимо иметь соответственно 2, 3 и 4 десятичных разряда, а для двоичного ЦСИ - 7 ($2^7 = 128$), 10 ($2^{10} = 1024$) и 14 ($2^{14} = 16384$) двоичных разрядов.

Для частотно-импульсных ЦСИ, т. е. измеряющих частоту, время, фазу и т.п., характерна погрешность несинхронизации, также относящаяся к методическим. В таких СИ результат измерения N получают подсчетом числа импульсов периодического сигнала T интервал времени. При измерении интервала времени T образцовый является частота f_0 , импульсов, а при измерении частоты f_x образцовым является интервал времени T_0 (рис. 3.15).

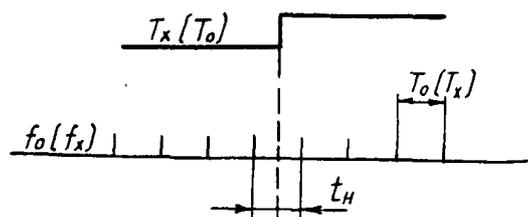


Рис. 3.15. Погрешность несинхронизации ЦСИ

Время несинхронизации t_H — это время между моментами, соответствующими началу интервала и переднему фронту одного (очередного) из счетных импульсов. Очевидно, при измерении T_k это время находится в пределах $0 < t_H < T_0$, а при измерении частоты f_x — $0 < t_H < T_x$.

Синхронизация в цифровых СИ может быть организована по-разному. Если она вообще не предусмотрена, то t_H — случайное время, а следовательно, и погрешность несинхронизации — случайная величина. Введением синхронизации эта погрешность либо исключается, либо становится систематической.

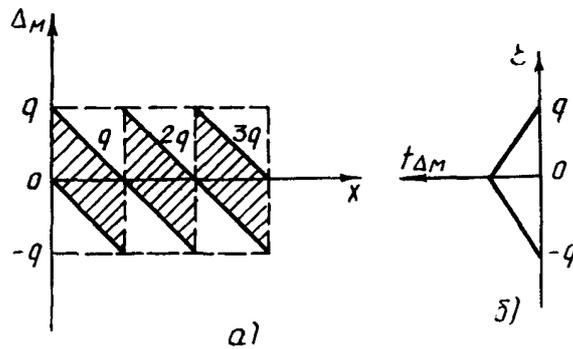
При измерении интервала времени T функция преобразования ЦСИ

Поскольку в таких СИ $f_0 = \frac{1}{T_0}$, то

то

Очевидно, что если время $t_H = 0,5T_0$, то погрешность несинхронизации $D_k = 0$ и методическая погрешность будут иметь только одну составляющую — погрешность квантования (см. рис. 3.14, а).

При синхронизации без задержки $I_H = 0$ и $D_s = -0,5T_x = -0,5T_0$. В этом случае методическая погрешность $A_M = \Delta_k + D_s$ (рис. 3.16, а) с равномерной плотностью $A(\wedge)$ распределения (рис. 3.16, б).



При отсутствии синхронизации время I_H и погрешность A_k становятся случайными величинами и D_M расположена в границах (заштрихованы), показанных на рис. 3.17, а.
 Рис. 3.16. Погрешность квантования при отсутствии погрешности несинхронизации ЦСИ

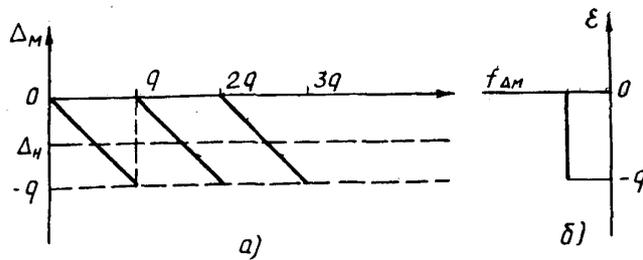


Рис. 3.17. Методическая погрешность цси при отсутствии синхронизации
 Поскольку I_H — случайная величина с равномерной плотностью и погрешность квантований Δ_k — тоже случайная величина с равномерной плотностью, то их композиция дает треугольный закон (закон Симпсона) с предельным значением погрешности $D_M = \Delta_k$ и Δ_k .
 При цифровом измерении частоты так как $f = \sqrt{T_0}(T_0 - \text{предел образцовой частоты}/0)$, то для обеспечения округления необходимо вводить задержку при синхронизации на значение $I_H = 0,5 T_x$. Если в СИ предусмотрена такая регулируемая задержка, то $D_s = 0$.
 При синхронизации (когда $I_H = 0$) показание, например, частотомера может быть только заниженным, а погрешность $D_s = -0,50 = -0,5$ — является систематической. Методическая погрешность показана на рис. 3.16.

При отсутствии синхронизации возникает случайная погрешность несинхронизации D_s и методическая погрешность будет иметь вид (см. рис. 3.17,б).

Поскольку погрешности квантования и синхронизации присущи принципу работы цифрового СИ, то они отнесены к разряду методических, а не инструментальных.

Для оценки инструментальной погрешности ЦСИ разобьем шкалу идеального линейного квантования на строки, равные номинальному значению Δ (верхняя часть рис. 3.18, а). Цифровому значению соответствует некоторая область (так как реально число округляется) значений измеряемой величины x . Эта область находится между уровнями $(I - 0,5)\Delta$ и $(A + 0,5)\Delta$. Считаем, что A -й точке квантованной шкалы соответствует значение измеряемой величины, равное $(A + 0,5)\Delta$.

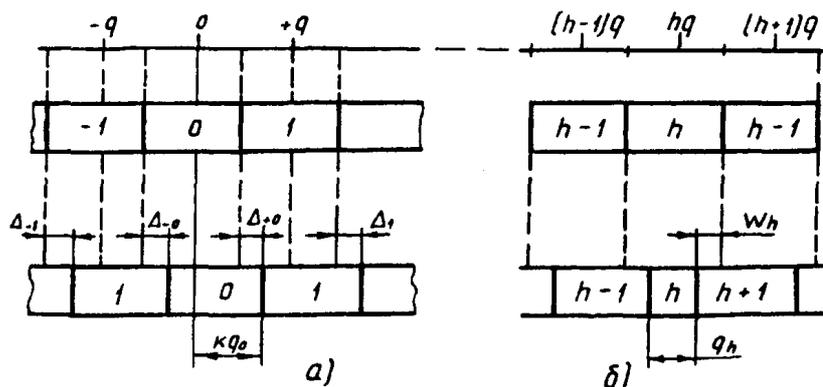


Рис. 3.18. Оценка инструментальной погрешности ЦСИ

В реальном квантователе (нижняя часть рис. 3.18, а) значения ступеней квантования могут не только отличаться от номинального d , но и быть неравными между собой. Тогда действительные значения уровня А-й точки шкалы (рис. 3.18, б):

$$|U_i = 0,5 \cdot \theta_i + \beta_i,$$

где θ_i, β_i — действительные значения ступеней квантования в точках 0 и / соответственно.

Таким образом, разность между действительным и номинальным значениями рассмотренных уравнений есть инструментальная погрешность

$$D_{ин} = (A + 0,5)\theta_i - \beta_i, \quad (3.18)$$

Графическая интерпретация суммирования методической и инструментальной погрешностей ЦСИ приведена на рис. 3.19, а, а функции погрешности — на рис. 3.19 б

Составляющая погрешности из-за квантования пренебрежительно мала, если предел допускаемой основной погрешности $(D_{ор}/0) > 3,3$.

Для сравнения следует принять во внимание, что при использовании аналоговых приборов квантование по уровню происходит при считывании показаний оператором. Считывание показаний производится с погрешностью 0,2—0,3 от предела допускаемой основной погрешности. Поэтому при $A_{ор} > (3 - 5) \cdot \theta$ метрологическое различие между аналоговым и цифровым СИ стирается.

При оценке инструментальной составляющей возможна вариация Δ показаний ЦСИ при подходе к заданной точке x "снизу" и "сверху". Эта вариация обусловлена наличием в конструкциях ЦСИ релейных элементов (реле, компараторов, усилителей и т. п.), дающих остаточные сигналы в виде гистерезиса. Поэтому для ЦСИ вариацию показаний принято называть погрешностью $A_{г}$ гистерезиса Δ (рис. 3.20). Тогда составляющая статическая систематическая погрешность $A_{ст}$ принимается равной в реальном ЦСИ систематической составляющей его инструментальной погрешности, выраженной через вариацию со СКО $\sigma_{г} = 0,29 \Delta$ по формуле

(3.1)

Вариация учитывается лишь в случае, если $\Delta > 0,1 \cdot A$ или $\Delta_{ор} > 0,62 \cdot A$.

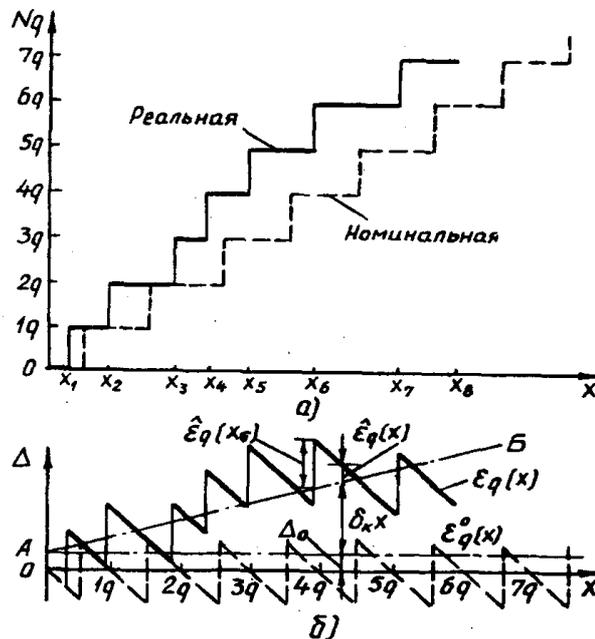


Рис. 3.19. Номинальная и реальная функции преобразования (а) и функция погрешности (б) АЦП

Случайная составляющая основной статической погрешности

ИЛИ $\sigma_{ст} < 2 + 0,1 \cdot \theta \cdot \Delta - / (0,29 \cdot \theta)^2 + (0,41 \cdot \Delta)^2 + (0,29 \cdot \Delta)^2 + a > \quad (120)$

Величину СКО случайной составляющей σ^2 , инструментальной

погрешности находим следующим образом. Пусть при нормальном

законе ее распределения $D_{ст} = 3 \cdot \sigma_{ст}$. С другой стороны, известно,

что $D_{ст} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 0,29^2 \cdot \Delta^2}$. Тогда $\sigma_{ст} = \sqrt{0,1 + (\sigma_{ст} / \Delta)^2}$, отку-

где a_d — дисперсия образцового сигнала; m — V m объем выборки.

Числовые значения параметров δ^{\wedge} , a_0 и m устанавливаются в стандартах или технических условиях на конкретные типы АЦП.

Приведенное значение дисперсии результирующей погрешности АЦП с равномерной шкалой квантования для случайного сигнала с нормальным распределением спектра при $M = 0$ определяют по формуле

$$\sigma_{гр}^2 = \frac{1}{12} \left(\frac{a_0^2}{m} + \frac{1}{12} \frac{1}{T^2} \right) \quad (3.22)$$

где $\sigma_{гр}$ —

дисперсия производной процесса; $1/T^2$ — вто-

рая производная корреляционной функции процесса $x(t)$; T — время преобразования; где p'_{max} — максимальная частота входного сигнала.

При неизвестной корреляционной функции значение дисперсии динамической погрешности АЦП для вибросигнала с нормальным распределением определяется по формуле

Значение дисперсии динамической погрешности для случайного сигнала с равномерным распределением следует определять как

Максимальная величина погрешности датирования равна

$$\sigma_{дат} = \frac{P}{\Delta t_{ап}}$$

где $\Delta t_{ап}$ — апертурное время.

В худшем случае инструментальная погрешность допускается равной погрешности квантования. Основные параметры АЦП должны выбираться с учетом статистических свойств входного вибросигнала в соответствии с частными техническими условиями на конкретные типы преобразователей.

Для вибросигнала, имеющего нормальное распределение и корреляционную функцию вида: $\sim a^2 \exp(-t/a)$ (3.23)

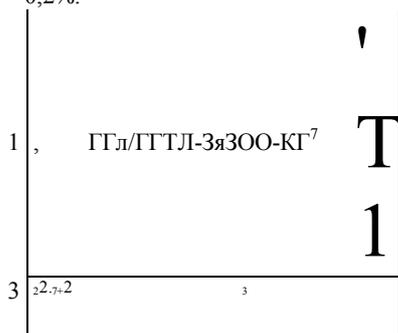
где a^2 — дисперсия входного вибросигнала, выполняется условие:

где a — время преобразования для одного разряда (быстродействие); n — число разрядов.

Параметры выходных сигналов АЦП должны соответствовать требованиям ГОСТ 26.201.1-94.

Пример 3.3. Определить приведенную результирующую погрешность последовательного АЦП с равномерной шкалой квантования для случайного сигнала с нормальным распределением спектра, нулевым математическим ожиданием и корреляционной функцией вида (3.23) в пределах от $x_{min} = 0,1$ В до $x_{max} = 10$ В и максимальной частотой $f_{max} = 500$ Гц при числе разрядов $n = 7$ и быстродействии $a = 10^{-7}$ с.

Решение. Для последовательного АЦП — $\sigma_{гр}^* = an$. По формуле (3.22) находим $\sigma_{гр} = 0,2\%$.



3.6. Модели нормирования метрологических характеристик

В основу системы нормирования МХ заложен принцип адекватности оценки погрешности измерений и ее действительного значения при условии, что реально найденная оценка является "оценкой сверху". Последнее условие объясняется тем, что "оценка снизу" всегда опаснее, так как приводит к большему ущербу от недостоверности измерительной информации. Такой подход вполне объясним, принимая во внимание, что точное нормирование МХ невозможно из-за множества неучитываемых (вследствие их незнания и отсутствия инструмента их выявления) влияющих факторов. Поэтому нормирование в известной степени является волевым актом при достижении компромисса между желанием полного описания характеристик измерения и возможностью это осуществить в реальных условиях при известных экспериментально-теоретических ограничениях и требованиях простоты и наглядности инженерных методов. Другими словами, сложные методы описания и нормирования МХ нежизнеспособны.

Потребитель получает сведения о типовых МХ из НТД на СИ и лишь в крайне редких, исключительных случаях самостоятельно проводит экспериментальное исследование индивидуальных характеристик СИ. Поэтому очень важно знание взаимосвязи между МХ СИ и инструментальными погрешностями измерений. Это позволило бы, зная одну комплексную МХ СИ, непосредственно найти погрешность измерения, исключая одну из самых трудоемких и сложных задач суммирования составляющих общей погрешности измерения. Однако этому препятствует еще одно обстоятельство — отличие МХ конкретного СИ от метрологических свойств множества этих же СИ. Например, систематическая погрешность данного СИ есть детерминированная величина, а для совокупности СИ — это величина случайная.

В любом случае комплекс НМХ должен обеспечить оценку инструментальной составляющей погрешности измерения при известных условиях изменения СИ и характера изменения измеряемых величин. Следовательно, комплекс НМХ должен устанавливаться исходя из требований реальных условий эксплуатации конкретных СИ. На этом основании все СИ целесообразно разделить на две функциональные категории:

I. СИ, используемые совместно с другими измерительными, преобразовательными, вычислительными, регистрирующими и управляющими устройствами. Погрешность в таких сложных СИ претерпевает ряд преобразований по мере прохождения ее по измерительному каналу.

II. СИ, используемые отдельно в качестве показывающих или регистрирующих приборов, к выходу которых не могут быть подсоединены другие устройства. Естественно, комплекс НМХ для этих категорий различен, так как, например, для второй категории нормирование динамических характеристик излишне. Тогда с учетом степени усложнения комплексов НМХ все виды СИ можно классифицировать по трем группам:

- меры и цифроаналоговые преобразователи (ЦАП);
- измерительные и регистрирующие приборы;
- аналоговые (АП) и цифровые измерительные преобразователи (ЦИП).

Для первой и третьей групп СИ должны нормироваться характеристики взаимодействия с устройствами, подключенными к входу и выходу СИ, и неинформативные параметры выходного сигнала. Кроме того, для третьей группы должны нормироваться номинальная функция преобразований/ $f_{ном}(x)$ (в СИ второй группы ее заменит шкала или другое градуированное отсчетное устройство) и полные динамические характеристики. Указанные характеристики для СИ второй группы не имеют смысла, за исключением регистрирующих приборов, для которых целесообразно нормировать полные или частные динамические характеристики. В комплекс НМХ ЦСИ входят:

I. Характеристика, позволяющая определять значение измеряемой величины по выходному сигналу (показанию или коду) ЦСИ, — номинальная цена Δ единицы наименьшего (младшего) разряда показания или кода ЦСИ.

II. Характеристики, позволяющие рассчитать (оценить) составляющие погрешности измерения из-за ЦСИ в нормальных условиях. Это номинальная ступень квантования Δ (если она не равна Δ), предел допускаемой основной $D_{0\gamma}$ погрешности, предел допускаемой систематической составляющей $A_{50\gamma}$, предел $t_{0\gamma}$ допускаемого СКО случайной составляющей основной погрешности и предел H_{op} допускаемой вариации в нормальных условиях.

III. Характеристики, позволяющие рассчитать (оценить) составляющие погрешность измерений, обусловленные ЦСИ в рабочих условиях эксплуатации. Это функция влияния или предел допускаемой погрешности, характеристики взаимодействия ЦСИ с объектом, динамические характеристики.

Характеристики $D_{0\gamma}$ и $H_{0\gamma}$ принято выражать либо в процентах от верхнего предела x_k диапазона, либо в долях номинальной ступени квантования.

Наиболее распространенными формами записи класса точности ЦСИ являются:

1)
•OP

-НН

(3.24)

где c и u — постоянные коэффициенты по формуле (3.6); x_k — конечное значение диапазона измерения; x — текущее значение;

2) $\Delta_{op} = \pm [(a + B)x_k/x]$, где $B = L$; $a = c - B$;

3) символическая запись, характерная для зарубежных ЦСИ, $A_{op} = \pm [a(\%)x + B(\%)x_k]$, которую следует читать так: предел допускаемых значений погрешности равен $a(\%)$ значения измеряемой величины плюс $B(\%)$ значения верхнего предела диапазона измерения.

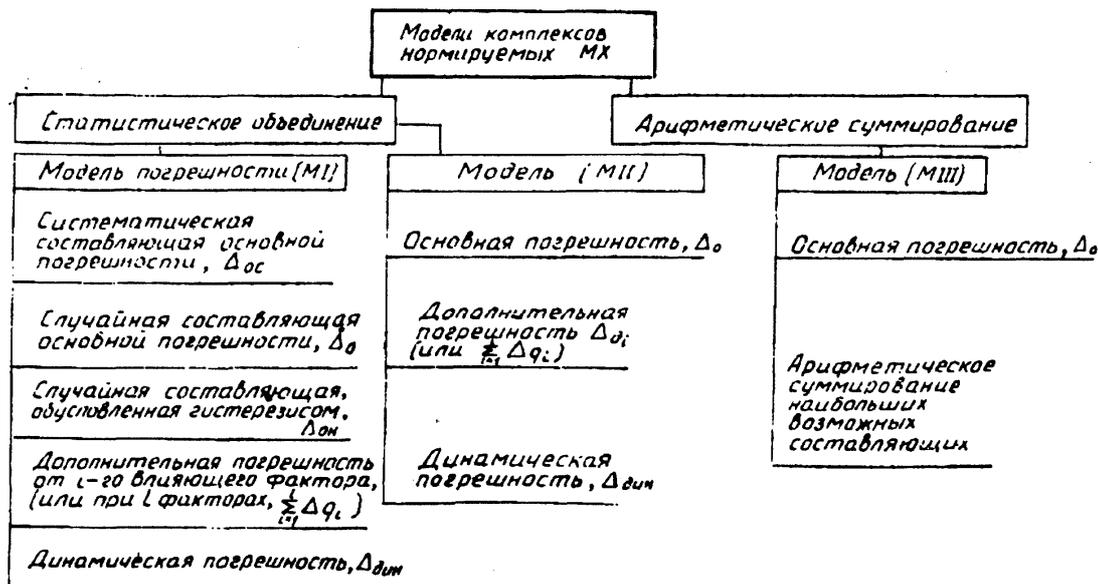


Рис. 3.21. Модели комплексов МНХ

ГОСТ 8.009—84 предусматривает две основные модели (M1 и MII) формирования комплексов НМХ (рис. 3.21), соответствующих двум моделям возникновения погрешности СИ, основанным на статистическом объединении этих погрешностей.

Модель II применима для СИ, случайной составляющей погрешности которых можно пренебречь. Эта модель включает расчет наибольших возможных значений составляющих погрешности СИ для гарантирования вероятности $P=1$ недопущения выхода погрешности СИ за расчетные пределы. Модель II используется для наиболее ответственных измерений, связанных с учетом технических и экономических факторов, возможных катастрофических последствий, угрозы здоровью людей и т.п. Когда число составляющих превышает три, данная модель дает более грубую (за счет включения редко встречающихся составляющих), но надежную оценку "сверху" основной погрешности СИ.

Модель I дает рациональную оценку основной погрешности СИ с вероятностью $P < 1$ из-за пренебрежения редко реализующимися составляющими погрешности.

Таким образом, комплекс НМХ для моделей I и II погрешности предусматривает статистическое объединение отдельных составляющих погрешностей с учетом их значимости.

Однако для некоторых СИ такое статистическое объединение нецелесообразно. Это точные лабораторные промышленные (в технологических процессах) СИ, измеряющие медленно изменяющиеся процессы в условиях, близких к нормальным, образцовые СИ, при использовании которых не производится многократных наблюдений с усреднениями. За инструментальную (модель III) в таких приборах может быть принята их основная погрешность или арифметическая сумма наибольших возможных значений отдельных составляющих погрешностей.

Арифметическое суммирование наибольших значений составляющих погрешностей возможно, если число таких составляющих не более трех. В этом случае оценка общей инструментальной погрешности практически не будет отличаться от статистического суммирования.

Таким образом, можно выделить две группы МХ СИ:

первая — соответствующая I модели погрешности СИ и позволяющая рассчитывать интервал инструментальной составляющей погрешности измерений с вероятностью меньшей (хотя и близкой) единицы;

вторая — соответствующая II и III моделям, позволяющая проводить указанные расчеты с вероятностью, равной единице.

Установление комплекса НМХ начинается с выбора модели погрешности СИ. Количественные критерии при выборе НМХ устанавливаются в зависимости от реальных условий их применения в соответствии с одной из моделей (рис. 3.21).

Здесь дополнительная погрешность сама является суммой всех дополнительных погрешностей от влияющих факторов (величин) в отдельности.

В зависимости от вида модели используются и разные способы расчета инструментальной составляющей погрешности измерений.

Рекомендации по выбору моделей нормирования МХ Модель I

A. Аналоговые СИ и ЦАП

Наибольшее значение $A_{0\text{тах}}$ основной погрешности равно

где L_{ay} — предел допускаемой систематической составляющей основной погрешности; $a^2[Ag]$ — СКО случайной составляющей основной погрешности; Y_0 — вариация (гистерезис) показаний в нормальных условиях. Случайная погрешность A_{09} от гистерезиса в нормальных условиях имеет максимальное значение, равное

$A_{0\text{тах}} = 0,5/a_0$

Величина D_{09} , для модели I нормируется во всех случаях, поскольку реальные СИ не могут быть изготовлены идеально точно.

Одной из составляющих D_0 погрешности D_0 всегда можно пренебречь, если она меньше 20% другой D_2 (т. е. $D_0 < 0,2D_2$). Тогда случайными составляющими основной погрешности можно пренебречь по сравнению с систематическими, если

$0,2D_{0\text{сл}}^2 / 12$.

В свою очередь, составляющей случайной погрешностью под корнем (3.25) можно пренебречь, если она менее 10% от другой составляющей.

Исходя из указанных допущений, получаем критерии нормирования составляющих погрешностей, приведенных в табл. 3.4. Причем, если не выполняется любое из вторых неравенств табл. 3.4 при соблюдении соответствующих первых неравенств, ни $\sigma[D]$, ни Y_0 не нормируются.

Таблица 3.4 Критерии нормирования составляющих погрешностей

Нормируем" еоспшшошм

Только σ [D_0]

Только H_a

Совместно σ^1 [D_0] и Y_0

Аналогом» СИ • ЦАП

ЦИП и АЦП

1. $a[D_0]/Y_0 > 0,9$;

2.

1. $a[D_0]/Y_0 \gg 0,1$;

1. $0,1 > \sigma[D_0]/Y_0 < 0,9$; 1

$a[D_0] < 0,1$

Если не соблюдены вышеприведенные условия

Б Цифровые регистрирующие и измерительные приборы

ЦИП и АЦП Для этих СИ

где q_a — номинальная ступень квантования (единицы наименьшего разряда кода). Она нормируется так же, как и $D_{05\text{в}}$ во всех случаях без исключения. Однако следует иметь в виду, что если $\hat{\gamma}$ существенно меньше соответствующих $B_{05\text{р}}$ или Y_0 , то это свидетельствует о неверном выборе ЦИП и АЦП, так как размер квантования в этом случае не позволяет практически использовать их преимущества по сравнению с аналоговыми СИ. Дело в том, что при $D_{\text{см}}/50^{\wedge}$ последние разряды выходного кода (показания) являются незначущими.

Модель II

Модель применяется для СИ, у которых случайная составляющая пренебрежительно мала.

При нормировании характеристик основной погрешности аналоговых СИ и ЦАП без деления ее на составляющие в качестве дополнительной погрешности выступает вариация Y_0 . Тогда наибольшее значение основной погрешности

$^3\sigma_{\text{т.}} = 3(\sigma_{\text{т.}}^2 + Y_0^2)^{1/2}$.

где $D_{05\text{тах}}$ — наибольшее возможное для данного типа СИ значение систематической составляющей погрешности, которое для модели II не нормируется.

Вариация признается существенной, если $Y_0 > 0,4D_M$. , Для ЦИП и АЦП

и вариация существенна, если $Y_0 > 0,2^{\wedge}$

Во входном сигнале можно выделить неинформативные параметры, изменяющие этот сигнал во времени по форме, частотным свойствам и т.п. Например, у импульсного вольтметра — это погрешность длительности импульса, его фронта и спада, скажности. Эти дополнительные погрешности должны нормироваться либо указанием пределов, либо в виде зависимости от неинформативного параметра (функции влияния), что вносится в результат измерения как поправка.

Дополнительные погрешности $D_{\text{с.}}$, обусловленные различными влияющими величинами, считаются соизмеримыми, если они различаются не более чем на 30%. Тогда возможна одна из двух ситуаций:

1. Наибольшие значения $D_{(1\text{ми})}$ всех дополнительных погрешностей соизмеримы между собой.

2. Среди дополнительных погрешностей имеются отдельные, максимальные значения которых составляют менее 30% других.

Для первой ситуации нормирование характеристик чувствительности необходимо, если в рабочих условиях сумма всех наибольших возможных значений дополнительных погрешностей равна или превышает 20% суммы остальных составляющих:

$$\Delta_{\text{л/тш}} \leq 0,2 \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad (3.27)$$

где $\Delta_{\text{л/тш}}$ — наибольшее возможное значение погрешности СИ в рабочих условиях эксплуатации, включая основную, дополнительные и динамические погрешности; n — число дополнительных погрешностей.

Если во второй ситуации сумма / несоизмеримых погрешностей Δ^y удовлетворяет условию

то они считаются несущественными.

Аналогично записывается условие нормирования динамических погрешностей СИ, которые учитываются, если

3.7. Нормирование динамических погрешностей средств измерений

Нормированные динамические характеристики (ДХ) СИ должны позволять проводить оценивание погрешностей измерений при любых изменениях сигналов. При этом необходимо, чтобы эти характеристики экспериментально определялись, поверялись и контролировались достаточно простыми способами. Однако основное требование, которому должны отвечать ДХ, состоит в том, чтобы по ним можно было оценить динамические погрешности измерений в рабочих условиях эксплуатации СИ.

Динамические свойства СИ не только влияют на динамическую составляющую погрешности измерений, но могут изменять и статические погрешности, например, измерительных систем, если СИ входят в их комплект.

ГОСТ 8.009—84 устанавливает комплекс полных и частных нормируемых ДХ (рис. 3.22). Для СИ, которые могут рассматриваться как линейные, в качестве полных ДХ выбирается одна из числа

следующих: переходная $H(z) = I \xi(\tau) \text{clm}$; импульсная $\#(0 =$
амплитудно-фазовая $C(j\omega) \text{ \%}(\xi) e^{-**}$ или амплитудно-частотная $A(\omega) = O''(\epsilon_0) \exp [л/(\text{co})]$ характеристики; передаточная функция

Поскольку эти характеристики взаимосвязаны между собой, то в каждом конкретном случае нормируют ту из них, которую проще получить и контролировать.

Наиболее просто ДХ определять прямыми методами. В этом случае при использовании стандартных испытательных сигналов (ступенчатого, импульсного, гармонического) отклик исследуемого СИ совпадает соответственно с переходными, импульсными или частотными характеристиками. Основной недостаток прямых методов состоит в том, что полученные оценки характеристик могут быть представлены только в виде графиков или таблиц без аналитического описания.

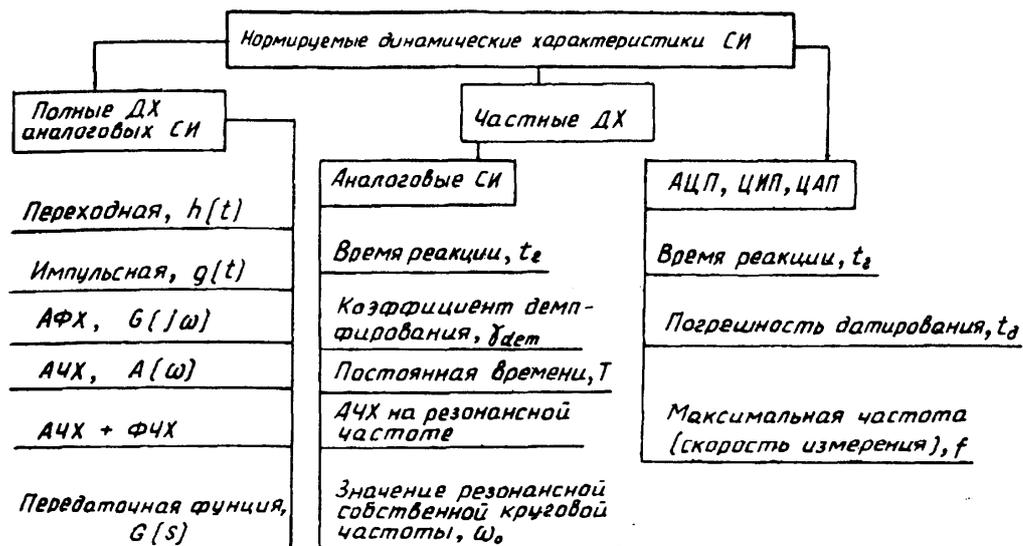


Рис. 3.22. Нормируемые динамические характеристики СИ

Косвенные методы позволяют получить аналитические выражения для нормируемой ДХ. Например, импульсная переходная характеристика по известным аппроксимациям входного $x(t)$ и выходного $y(\tau)$ сигналов может быть определена по уравнению:

$$(3.28)$$

Однако решение этого уравнения неустойчиво: при малых значениях сигналов $x(t)$ даже при малой погрешности в их определении погрешность оценки $\#(t)$ может быть существенной. Поэтому оценка импульсной функции используется в основном лишь при Цифровом моделировании путем приближенного вычисления по формуле (3.28).

Для моделирования динамической составляющей как цифровых, так и аналоговых СИ наиболее удобны АФХ и передаточные функции. В частности, для расчета МХ измерительных каналов ИС при последовательном соединении СИ (усилителей, коммутаторов, АЦП и др.) передаточная функция ИС находится как произведение составляющих передаточных функций СИ, при параллельном — как их сумма, а при наличии обратных связей — по формулам табл. 2.5. Это относится и к АФХ.

Определение импульсной переходной характеристики ИС при последовательном соединении СИ осуществляется по уравнению свертки, а при параллельном — уравнению суммы импульсных функций.

Полные ДХ нормируют все виды СИ, предназначенные для работы с изменяющимися входными сигналами. Исключение составляют электронные осциллографы, для которых разрешается нормировать частные ДХ.

АЦП являются нелинейными СИ, и невозможно описать их ДХ какой-либо одной полной ДХ, как для линейных СИ. Весь комплекс частных ДХ можно разделить на две группы. К первой группе относят временные ДХ, которые определяют максимальную продолжительность процесса преобразования (периодичность отсчета) и необходимы для правильного использования АЦП в составе измерительных систем: время преобразования T_n , время задержки запуска (время переходного процесса во входных устройствах) t_z , время цикла кодирования t_c . Ко второй группе относят ДХ, позволяющие оценить границы погрешности в динамическом режиме: время задержки (опережения) отсчета, неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Приведенные характеристики в совокупности обладают достаточной полнотой для оценки динамических погрешностей нелинейных СИ при произвольном виде входного сигнала.

Время преобразования (или время реакции, время установления показания) T — есть период от начала преобразования скачкообразного входного сигнала до момента, при котором сигнал на выходе отличается от номинального не более чем на значение статической погрешности. Это время складывается из времени задержки запуска и времени цикла кодирования (для АЦП). Время цикла кодирования характеризует продолжительность процесса преобразования аналогового сигнала в код. Оно не зависит от характера сигнала и определяется при постоянном испытательном сигнале.

При фиксировании мгновенного значения сигнала результат преобразования (отсчет) относят к конкретному моменту времени (заданный момент отсчета). Однако реально полученный код всегда будет соответствовать другому моменту времени (действительный момент отсчета). Интервал времени между заданным и действительным моментами отсчета назван задержкой (опережением) отсчета t_{30} , которая, наряду со скоростью изменения сигнала, в ряде случаев определяет значение погрешности, вызванной изменением сигнала. Время t_{30} в большинстве случаев зависит от диапазона и скорости изменения входного сигнала; его целесообразно нормировать комплексом двух характеристик: систематической составляющей (аналог поправки) δ , которая не зависит от названных выше факторов, а имеет физический смысл чистого сдвига по времени, времени датирования t_d , которое представляет собой временную неопределенность.

Динамические свойства цифровых СИ (ЦСИ) могут влиять на результат измерения в двух случаях: при исследовании с помощью ЦСИ зависимости некоторой величины от времени и при работе ЦСИ с коммутированием измеряемых величин.

Наличие конечного времени преобразования входного сигнала в ЦСИ приводит к неточности фиксации момента времени, к которому надо отнести результат измерения. Как правило, эта неточность не превышает времени цикла, но вызывает динамическую погрешность — погрешность датирования отсчета (или апертурное время).

Принцип возникновения погрешности датирования изображен на рис. 3.23. Здесь $\#(t)$ — измеряемая величина, изменяющаяся во времени; t_0, \dots, t_n — момент запуска ЦСИ. Вследствие погрешности

датирования отсчет происходит в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n , что приводит к погрешности измерений D_1, \dots, D_n .

$$D = |x(I) - x(O; \dots; D_n)| = |x(I) - x(I')|.$$

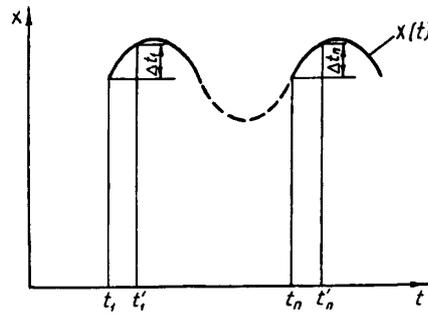


Рис. 3.23. Формирование погрешности датирования

Вследствие того что погрешность датирования отсчета у каждого экземпляра ЦСИ не может быть постоянной, при нормировании целесообразно указывать ее статистические характеристики.

Обычно частоту запуска выбирают как $\omega_s > 1/T_n$. Тогда Δt характеризует интервал времени между заданным I_0 и действительным I'_i моментами отсчета (рис. 3.23). Динамическая погрешность δ_d — это изменение сигнала за указанный период:

$$\delta_d = \frac{x(I_0) - x(I'_i)}{x(I_0)} \cdot 100\%$$

где $x(I_0)$ — сигнал в момент времени I_0 ; D_n — поправка на систематическую задержку

Если известны $x_{m\max}$ — максимальное значение $x(t)$ входного сигнала и $\omega_c = 2\pi f_c$ — частота среза спектральной плотности функции $x(t)$, то

$$\delta_d \approx -\frac{\omega_c \Delta t}{2} \cdot 100\%$$

Приведенные формулы используются, если мала динамическая погрешность $D/4$ за счет фильтрующего действия аналогового элемента на высоких частотах. Для учета АЛ вводится понятие погрешности амплитуды в определенном диапазоне частот ΔA , где нелинейности кодирующего элемента не сказываются. Обычно эта погрешность определяется в моменты I_0 , кратные $T/4$ (рис. 3.24). Поэтому результат измерения x_n в худшем случае будет принадлежать моменту

Тогда возникает погрешность датирования $\Delta A_n = A_m - x_n < A_c$, где A_c — основная погрешность преобразования. Или (3.29)

То есть ΔA , как неравномерность АЧХ характеризует динамические свойства входных линейных устройств в диапазоне частот:

$$\Delta A = \frac{A_m - A_n}{A_m} \cdot 100\%$$

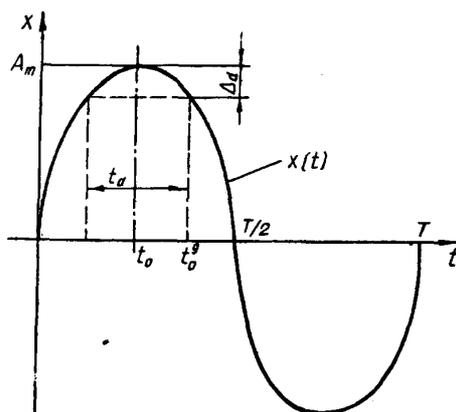


Рис. 3.24. Погрешность амплитуды

»*формула (3.29) основана на предположении, что в области частот, где погрешность датирования превышает основную, становится некорректным переносить понятие неравномерности АЧХ входных устройств на ЦСИ в целом.

-* В отличие от полных ДХ по частным ДХ нельзя вычислить динамическую составляющую погрешности измерений. Используя ИХ, можно лишь ориентировочно соотнести динамические свойства СИ с условиями измерений. Вместе с тем в некоторых случаях нормирование частных ДХ предпочтительнее. Например, для стрелочных СИ, предназначенных для измерения постоянных или медленно меняющихся величин, указания времени реакции достаточно для того, чтобы оператору оценить время считывания показаний. Это же относится и к ЦСИ, для которых необходимо знать, через какое время после подачи сигнала можно считывать показание, а также к

ЦСИ, у которых все переходные процессы и процессы преобразования заканчиваются за время, меньшее интервала времени между двумя измерениями.

Вопрос о существенности динамических погрешностей СИ решается аналогично дополнительным погрешностям: они считаются существенными, если выполняется условие

$$\Delta_{\text{дин}} \geq \Delta_{\text{доп}}^{\text{доп}}$$

где $\Delta_{\text{дин}}$ — наибольшее значение динамической погрешности СИ, возможное в рабочих условиях эксплуатации.

Практические рекомендации по расчету инструментальной погрешности СИ в эксплуатации сводятся к следующему:

- при технических измерениях оценка погрешностей измерений должна быть произведена до проведения самих измерений по нормированным МХ. По НМХ может быть рассчитана только инструментальная составляющая. Для этого предусмотрены модели погрешности I (п. 3.6);
- практически для серийно выпускаемых СИ редко нормируется комплекс характеристик, достаточный для расчетов по методике РД 50—453—84. Как правило, в эксплуатации документы на СИ содержат данные по одному из вариантов:

- предел допускаемой основной погрешности;

— предел допускаемой систематической составляющей основной погрешности и предел допускаемой СКО случайной составляющей основной погрешности;

- предел допускаемой основной погрешности и предел допускаемой СКО случайной составляющей основной погрешности.

Кроме приведенных характеристик, в ЦСИ указывают шаг квантования, а иногда предел вариации (гистерезиса), а также содержится указание предела допускаемой дополнительной погрешности от изменения влияющих факторов.

По первому и третьему вариантам возможен расчет только границ интервала с вероятностью $P = 1$, т. е. приближенная оценка погрешности "сверху".

Третий вариант позволяет более корректно оценить границы интервала погрешности с вероятностью, близкой к единице.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды средств измерений.
2. В чем заключается нормирование метрологических характеристик СИ?
3. Назовите виды погрешностей СИ.
4. Дайте характеристику погрешностей цифровых СИ.
5. Что такое класс точности СИ?
6. Что такое рабочая зона СИ?
7. В чем отличие метрологических характеристик аналоговых и цифровых СИ?
8. Как осуществляется нормирование динамических погрешностей СИ?

ГЛАВА 4. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Основные понятия теории метрологической надежности

В процессе эксплуатации метрологические характеристики и Параметры средства измерений претерпевают изменения. Эти изменения носят случайный монотонный или флуктуирующий характер и приводят к отказам, т. е. к невозможности СИ выполнять свои функции. Отказы делятся на неметрологические и метрологические.

Неметрологическим называется отказ, обусловленный причинами, не связанными с изменением МХ средства измерений. Они носят главным образом явный характер, проявляются внезапно и могут быть обнаружены без проведения поверки.

Метрологическим называется отказ, вызванный выходом МХ из установленных допустимых границ. Как показывают исследования [13], метрологические отказы происходят значительно чаще, чем неметрологические. Это обуславливает необходимость разработки специальных методов их прогнозирования и обнаружения. Метрологические отказы подразделяются на внезапные и постепенные.

Внезапным называется отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одной или нескольких МХ. Эти отказы в силу их случайности невозможно прогнозировать. Их последствия (сбой показаний, потеря чувствительности и т.п.) легко обнаруживаются в ходе эксплуатации прибора, т. е. по характеру проявления они являются явными. Особенностью внезапных отказов является Постоянство во времени их интенсивности. Это дает возможность применять для анализа этих отказов классическую теорию надежности. В связи с этим в дальнейшем отказы такого рода не рассматриваются.

Постепенным называется отказ, характеризующийся монотонным изменением одной или нескольких МХ. По характеру проявления постепенные отказы являются скрытыми и могут быть выявлены только по результатам периодического контроля СИ. В дальнейшем рассматриваются именно такие отказы.

С понятием "метрологический отказ" тесно связано понятие *метрологической исправности* средства измерений. Под ней понимается состояние СИ, при котором все нормируемые МХ соответствуют установленным требованиям. Способность СИ сохранять его метрологическую исправность в течение заданного времени при определенных режимах и условиях эксплуатации называется *метрологической надежностью*. Специфика проблемы метрологической надежности состоит в том, что для нее основное положение классической теории надежности о постоянстве во времени интенсивности отказов оказывается неправомерным. Современная теория надежности ориентирована на изделия, обладающие двумя характерными состояниями: работоспособное и неработоспособное. Постепенное изменение погрешности СИ позволяет ввести сколь угодно много работоспособных состояний с различным уровнем эффективности функционирования, определяемым степенью приближения погрешности к допустимым граничным значениям.

Понятие метрологического отказа является в известной степени условным, поскольку определяется допуском на МХ, который в общем случае может меняться в зависимости от конкретных условий. Важно и то, что зафиксировать точное время наступления метрологического отказа ввиду скрытого характера его проявления невозможно, в то время как явные отказы, с которыми оперирует классическая теория надежности, могут быть обнаружены в момент их возникновения. Все это потребовало разработки специальных методов анализа метрологической надежности СИ [12; 29; 39; 52].

Надежность СИ характеризует его поведение с течением времени и является обобщенным понятием, включающим стабильность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность (для восстанавливаемых СИ) и сохраняемость.

Стабильность СИ является качественной характеристикой, отражающей неизменность во времени его МХ. Она описывается временными зависимостями параметров закона распределения погрешности. Метрологическая надежность и стабильность являются различными свойствами одного и того же процесса старения СИ. Стабильность несет больше информации о постоянстве метрологических свойств средства измерений. Это как бы его "внутреннее" свойство. Надежность, наоборот, является "внешним" свойством, поскольку зависит как от стабильности, так и от точности измерений и значений используемых допусков.

РМГ 29—99 вводит еще понятие нестабильности СИ, отражающей изменение его МХ за установленный интервал времени. Например, нестабильность нормального элемента характеризуется изменением его ЭДС за год (2 мкВ/год).

Безотказностью называется свойство СИ непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени. Она характеризуется двумя состояниями: работоспособным и неработоспособным. Однако для сложных измерительных систем может иметь место и большее число состояний, поскольку не всякий отказ приводит к полному прекращению их функционирования. Отказ является случайным событием, связанным с нарушением или прекращением работоспособности СИ. Это обуславливает случайную природу показателей безотказности, главным из которых является распределение времени безотказной работы СИ.

Долговечностью называется свойство СИ сохранять свое работоспособное состояние до наступления предельного состояния. *Работоспособное состояние* — это такое состояние СИ, при котором все его МХ соответствуют нормированным значениям. *Предельным* называется состояние СИ, при котором его применение недопустимо.

После метрологического отказа характеристики СИ путем соответствующих регулировок могут быть возвращены в допустимые диапазоны. Процесс проведения регулировок может быть более или менее длительным в зависимости от характера метрологического отказа, конструкции СИ и ряда других причин. Поэтому в характеристику надежности введено понятие "ремонтпригодность". *Ремонтпригодность* — свойство СИ, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, восстановлению и поддержанию его работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта. Оно характеризуется затратами времени и средств на восстановление СИ после метрологического отказа и поддержание его в работоспособном

состоянии. Как будет показано далее, процесс изменения МХ идет непрерывно и независимо от того, используется ли СИ или оно хранится на складе. Свойство СИ сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и транспортирования называется его *сохраняемостью*.

Прежде чем перейти к рассмотрению показателей, характеризующих метрологическую надежность СИ, необходимо выяснить характер изменения во времени его МХ.

4.2. Изменение метрологических характеристик СИ в процессе эксплуатации

Метрологические характеристики СИ могут изменяться в процессе эксплуатации. В дальнейшем будем говорить об изменениях погрешности $L(\cdot)$, подразумевая, что вместо нее может быть аналогичным образом рассмотрена любая другая МХ.

Следует отметить, что не все составляющие погрешности подвержены изменению во времени. Например, методические погрешности зависят только от используемой методики измерения. Среди инструментальных погрешностей есть много составляющих, практически не подверженных старению [29], например размер кванта в цифровых приборах и определяемая им погрешность квантования.

Изменение МХ средств измерений во времени обусловлено процессами старения в его узлах и элементах, вызванными взаимодействием с внешней окружающей средой. Эти процессы протекают в основном на молекулярном уровне и не зависят от того, находится ли СИ в эксплуатации или на консервации. Следовательно, основным фактором, определяющим старение СИ, является календарное время, прошедшее с момента их изготовления, т. е. возраст. Скорость старения зависит прежде всего от используемых материалов и технологий. Исследования [12] показали, что необратимые процессы, изменяющие погрешность, протекают очень медленно и зафиксировать эти изменения в ходе эксперимента в большинстве случаев невозможно. В связи с этим большое значение приобретают различные математические методы, на основе которых строятся модели изменения погрешностей и производится прогнозирование метрологических отказов.

Задача, решаемая при определении метрологической надежности СИ, состоит в нахождении начальных изменений МХ и построении математической модели, экстраполирующей полученные результаты на большой интервал времени. Поскольку изменение МХ во времени — случайный процесс, то основным инструментом построения математических моделей является теория случайных процессов.

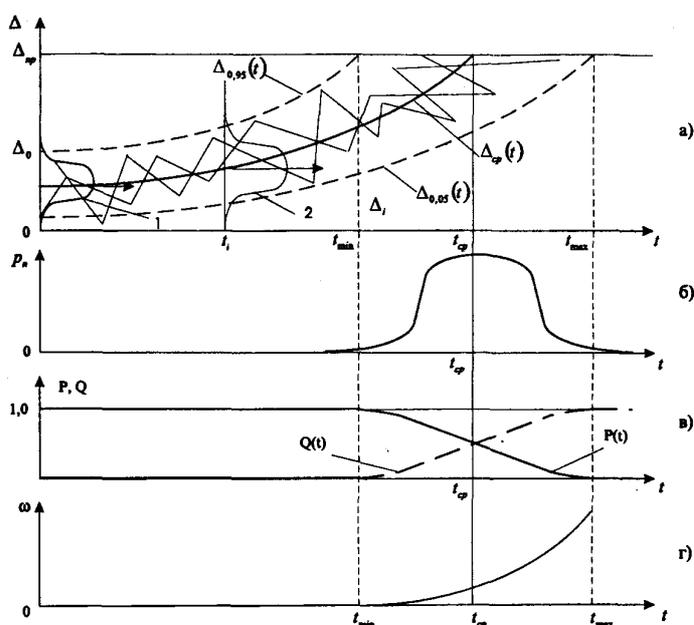


Рис. 4.1. Модель изменения погрешности во времени (а), плотность распределения времени наступления метрологических отказов (б), вероятность безотказной работы (в) и зависимость интенсивности метрологических отказов от времени (г)

Изменение погрешности СИ во времени представляет собой случайный нестационарный процесс. Множество его реализаций показаны на рис. 4.1 в виде кривых Δ модулей погрешности. В каждый моменту они характеризуются некоторым законом распределения плотности вероятности $p(\Delta, \cdot)$ (кривые 1 и 2 на рис. 4.1,о). В центре полосы (кривая $\Delta_{cp}(0)$ наблюдается наибольшая плотность

появления погрешностей, которая постепенно уменьшается к границам полосы, теоретически стремясь к нулю при бесконечном удалении от центра. Верхняя и нижняя границы полосы погрешностей СИ могут быть представлены лишь в виде некоторых квантильных границ, внутри которых заключена большая часть погрешностей, реализуемых с доверительной вероятностью P . За пределами границ с вероятностью $(1 - P)/2$ находятся погрешности, наиболее удаленные от центра реализации. Для применения квантильного описания границ полосы погрешностей в каждом ее сечении (необходимо знать оценки математического ожидания $D_{cp}(t)$ и СКО $a_A(t)$ отдельных реализаций $A_{i,t}$). Значение погрешности на границах в каждом сечении (t) равно $D_r(t) = A_c(t) \pm I_c \sigma_d(t)$, где I_c — квантильный множитель, соответствующий заданной доверительной вероятности P , значение которого существенно зависит от вида закона распределения погрешностей по сечениям. Определить вид этого закона при исследовании процессов старения СИ практически не представляется возможным. Это связано с тем, что законы распределения могут претерпевать значительные изменения с течением времени.

Для решения данной проблемы предлагается [12; 29] использовать общее для высокоэнтропийных симметричных законов распределения свойство, состоящее в том, что при доверительной вероятности $P = 0,9$ соответствующие 5%- и 95%-ный квантили отстоят от центра распределения $D_{cp}(t)$ на $\pm 1,64 \sigma_d(t)$. Если предположить, что закон распределения погрешностей, деформируясь со временем, остается высокоэнтропийным и симметричным, то 95%-ный квантиль случайного нестационарного процесса изменения погрешности во времени может быть описан уравнением $D_{0,95}(t) = D_{cp}(t) \pm 1,64 \sigma_d(t)$.

Метрологический отказ наступает при пересечении кривой A прямых $\pm A_{пр}$. Отказы могут наступать в различные моменты времени в диапазоне от $(m \wedge n)$ до $t_{так}$ (см. рис. 4.1, а), причем эти точки являются точками пересечения 5%- и 95%-ного квантилей с линией допустимого значения погрешности. При достижении кривой $D_{0,95}(t)$ допустимого предела $A_{пр}$ у 5% приборов наступает метрологический отказ. Распределение моментов наступления таких отказов будет характеризоваться плотностью вероятности $p_u(t)$, (см. рис. 4.1, б). Таким образом, в качестве модели нестационарного случайного процесса изменения во времени модуля погрешности СИ целесообразно использовать зависимость изменения во времени 95%-ного квантиля этого процесса.

Показатели точности, метрологической надежности и стабильности СИ соответствуют различным функционалам, построенным на траекториях изменения его МХД. Точность СИ характеризуется значением МХ в рассматриваемый момент времени, а по совокупности средств измерений — распределением этих значений, представленных кривой 1 для начального момента и кривой 2 для момента t_T . Метрологическая надежность характеризуется распределением моментов времени наступления метрологических отказов (см. рис. (4.1,б)). Стабильность СИ характеризуется распределением приращений МХ за заданное время.

4.3. Математические модели изменения во времени погрешности средств измерений

4.3.1. Линейная модель изменения погрешности

В общем виде модель погрешности $A_{0,95}(t)$ может быть представлена в виде $A_{0,95}(t) = A_0 + P(t) >$ где A_0 — начальная погрешность СИ; DO — случайная для совокупности СИ данного типа функция времени, обусловленная физико-химическими процессами постепенного износа и старения элементов и блоков. Получить точное выражение для функции DO исходя из физических моделей процессов старения практически не представляется возможным. Поэтому, основываясь на данных экспериментальных исследований изменения погрешностей во времени, функцию DO аппроксимируют той или иной математической зависимостью.

Простейшей моделью изменения погрешности является линейная:

$$A_{0,95}(t) = A_0 + Vt, \quad (4.1)$$

где V — скорость изменения погрешности. Как показали проведенные исследования [29], данная модель удовлетворительно описывает старение СИ в возрасте от одного до пяти лет. Использование ее в других диапазонах времени невозможно ввиду явного противоречия между определенными по этой формуле и экспериментальными значениями частоты отказов.

Метрологические отказы возникают периодически. Механизм их периодичности иллюстрирует рис. 4.2,а, где прямой линией 1 показано изменение 95%-ного квантиля при линейном законе.

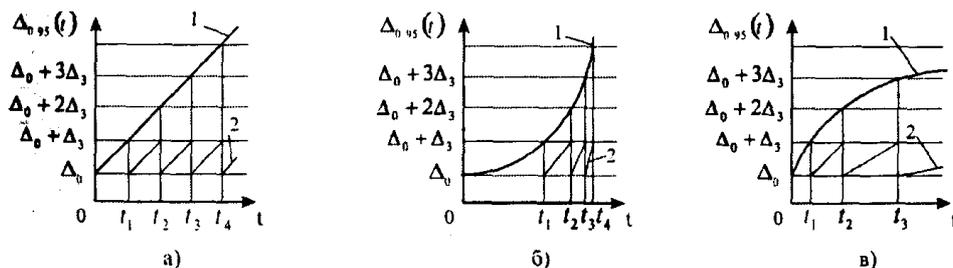


Рис. 4.2. Линейный (а) и экспоненциальный (б, в) законы изменения погрешности

При метрологическом отказе погрешность $D_{0,95}(0)$ превышает значение $D_{пр} = D_0 + D_3$, где D_3 — значение запаса нормируемого предела погрешности, необходимого для обеспечения долговременной работоспособности СИ. При каждом таком отказе производится ремонт прибора, и его погрешность возвращается к исходному значению $D_{0,}$. По прошествии времени $T_p = 1/\lambda$ — г., опять происходит отказ (моменты t_1, t_2, t_3 и т.д.), после которого вновь производится ремонт. Следовательно, процесс изменения погрешности СИ описывается ломаной линией 2 на рис. 4.2, а, которая может быть представлена уравнением

$$D_{0,95}(t) = D_0 + n \Delta_3$$

где n — число отказов (или ремонтов) СИ. Если число отказов считать целым числом, то это уравнение описывает дискретные точки на прямой 1 (рис. 4.2,о). Если условно принять, что и может принимать и дробные значения, то формула (4.2) будет описывать всю прямую 1 изменения погрешности $D_{0,95}(0)$ при отсутствии отказов.

Частота метрологических отказов увеличивается с ростом скорости v . Она столь же сильно зависит от запаса нормируемого значения погрешности D по отношению к фактическому значению погрешности средства измерений D_0 на момент изготовления или окончания ремонта прибора. Практические возможности воздействия на скорость изменения v и запас погрешности D_3 совершенно различны. Скорость старения определяется существующей технологией производства. Запас погрешности для первого межремонтного интервала определяется решениями, принятыми производителем СИ, а для всех последующих межремонтных интервалов — уровнем культуры ремонтной службы пользователя.

Если метрологическая служба предприятия обеспечивает при ремонте погрешность СИ, равную погрешности D_0 на момент изготовления, то частота метрологических отказов будет малой. Если же при ремонте лишь обеспечивается выполнение условия $D_0 = (0,9, \dots, 0,95) D_{пр}$ то погрешность может выйти за пределы допустимых значений уже в ближайшие месяцы эксплуатации СИ и большую часть межповерочного интервала оно будет эксплуатироваться с погрешностью, превышающей его класс точности. Поэтому основным практическим средством достижения долговременной метрологической исправности средства измерений является обеспечение достаточно большого запаса D_3 , нормируемого по отношению к пределу $D_{пр}$.

Постепенное непрерывное расходование этого запаса обеспечивает на некоторый определенный период времени метрологически исправное состояние СИ. Ведущие приборостроительные заводы обеспечивают $D_3 = (0,4, \dots, 0,5) D_{пр}$, что при средней скорости старения $v = 0,05 \text{ \AA}$ в год позволяет получать межремонтный интервал $T = D_3/v = 8, \dots, 10$ лет и частоту отказов $\lambda = 1/7 - 0,1, \dots, 0,125 \text{ год}^{-1}$. При изменении погрешности СИ в соответствии с формулой (4.1) все межремонтные интервалы T^1 будут равны между собой, а частота метрологических отказов $\lambda = 1/T$ будет постоянной в течение всего срока эксплуатации.

4. 3.2. Экспоненциальная модель изменения погрешности

В реальности для одних приборов межремонтные интервалы уменьшаются, для других — увеличиваются. Это может быть объяснено тем, что погрешность СИ с течением времени экспоненциально возрастает или убывает. При ускоряющемся возрастании погрешности (рис. 4.2,б) каждый последующий межремонтный интервал короче предыдущего и частота метрологических отказов $\lambda(0)$ с течением времени возрастает. При замедленном возрастании

погрешности (рис. 4.2, в) каждый последующий межремонтный интервал длиннее предыдущего и частота метрологических отказов $\omega(t)$ с течением времени убывает вплоть до нуля.

Для рассмотренных случаев изменения погрешности во времени описываются на основе экспоненциальной модели. В ней частота метрологических отказов

$$\omega(t) = \omega_0 e^{-at} \quad (4.3)$$

где ω_0 — частота метрологических отказов на момент изготовления средства измерений (т. е. при $t = 0$), год⁻¹; a — положительное или отрицательное ускорение процесса метрологического старения, год⁻¹.

Число отказов $n(t)$ определяется через частоту отказов $\omega(t)$ и при ее экспоненциальном изменении, согласно формуле (4.3), рассчитывается как

$$n(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau = \int_0^t \omega_0 e^{-a\tau} d\tau = \omega_0 \frac{1 - e^{-at}}{a}$$

Тогда изменение во времени погрешности СИ с учетом формулы (4.2) имеет вид

$$D_{0,95}(t) = D_0 + \int_0^t \omega(\tau) D_3 d\tau = D_0 + \int_0^t \omega_0 (e^{a\tau} - 1) d\tau \quad (4.4)$$

Указанная зависимость показана кривыми 1 на рис. 4.2,б и 4.2,в. Практическое использование формулы (4.4) требует знания четырех параметров: начального значения погрешности (A_0), абсолютного запаса погрешности (A_3), начальной частоты метрологических отказов (ω_0) при $t = 0$ и ускорения (a) процесса старения. Уравнения для определения названных параметров, получаемые из уравнения (4.4), оказываются трансцендентными, что существенно затрудняет их применение.

С целью упрощения использования уравнения (4.4) необходимо разложить в ряд экспоненциальную функцию и взять три первых члена этого разложения. В результате зависимость погрешности СИ от времени будет представлена в виде

$$D_{0,95}(t) = A_0 + A_3 \omega_0 t + D_3 \omega_0^2 t^2 / 2 = v + Vt + \omega_0 t^2 / 2, \quad (4.5)$$

где V — начальная скорость возрастания погрешности, %; ω_0 — абсолютное значение ускорения изменения погрешности, %². В частном случае, когда $a = 0$, (4.5) превращается в линейное уравнение вида (4.1).

Выражение (4.5) имеет ясный физический смысл и позволяет путем аппроксимации экспериментальных данных о погрешностях СИ за 10—15 лет получить оценки коэффициентов V и ω_0 , а по ним рассчитать параметры уравнения (4.4) в виде $\omega_0 = v/D_3$, и $a = \omega_0 / (D_3 \omega_0)$.

Расчет времени наступления метрологического отказа сводится к определению моментов пересечения кривой $D_{0,95}(t)$ постоянных уровней $D_0 + D_3$, $D_0 + 2D_3$, ..., $D_0 + nD_3$. Они могут быть найдены путем совместного решения уравнений (4.2) и (4.4). Момент наступления n -го отказа и соответственно длительность межремонтных периодов можно определить по формулам

$$(4.6)$$

Срок службы СИ — это календарное время, прошедшее с момента его изготовления до конца эксплуатации. При положительном ускорении процесса старения (см. рис. 4.2,б) частота отказов с увеличением срока службы возрастает и по истечении времени T_c его приходится настолько часто ремонтировать, что эксплуатация становится экономически невыгодной, так как дешевле купить новый прибор. Экономическая целесообразность ремонта определяется отношением средней стоимости одного ремонта c_p к стоимости c_n нового средства измерений, названного в [13] относительной глубиной ремонта $c = c_p/c_n$. Срок службы СИ

$$T_c = 1/l / (c \cdot \omega_0) \quad (4.7)$$

Решая полученное уравнение совместно с первым выражением из (4.6), можно рассчитать общее число отказов (ремонтов) СИ в течение срока эксплуатации.

Пример 4.1. Для электромеханических измерительных приборов магнитоэлектрической системы класса точности 0,5 глубина ремонта составляет $c = 0,3 \dots 0,4$; частота метрологических отказов на момент изготовления $\omega_0 = 0,11$ год⁻¹, ускорение процесса старения $a = 0,19$ год⁻¹. Определите срок службы таких приборов и общее число отказов.

Решение.

Срок службы прибора рассчитывается по формуле (4.7):

$$T_c = 1/l / (0,3 \cdot 0,11 \cdot 0,19) = 12,63 \text{ года. Уравнение для расчета общего числа отказов имеет вид}$$

$$n = - \ln[\exp(a/l \cdot c \cdot \omega_0) - 1].$$

Подставив в него числовые данные, получим

$$n = - \ln[\exp(0,19/0,3 \cdot 0,11 \cdot 0,19) - 1] = 0,579(e^{0,19} - 1) = 5,8.$$

Данные расчета соответствуют экспериментальным данным, согласно которым средний срок службы рассматриваемых приборов составляет 11—12 лет, в течение которых они имеют по 4—6 ремонтов.

При отрицательном ускорении процесса старения СИ межремонтный период увеличивается. После некоторого числа ремонтов n_2 он становится бесконечным, метрологические отказы не

возникают и СИ работает до тех пор, пока морально не устареет. В этом случае ($a < 0$) число метрологических отказов

$I_E = I_0 =$

$\sim \frac{1}{a} e^{-at}$

Погрешность СИ стремится к пределу, равному, согласно (4.4),

Δ_0

(4.8)

Экспоненциальная модель процесса старения позволяет описать изменения погрешности СИ при увеличении его возраста от года и практически до бесконечности. Однако данная модель имеет ряд недостатков. Для СИ с отрицательным ускорением процесса старения она прогнозирует при $I \rightarrow \infty$ стремление погрешности к предельному значению (4.8). В то же время для СИ с положительным ускорением модель прогнозирует неограниченное возрастание погрешности с течением времени, что противоречит практике.

Некоторые недостатки экспоненциальной модели старения удается устранить при использовании так называемой *логистической модели*, а также полиномиальными и диффузионными марковскими моделями или моделями на основе процессов авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего [12; 39; 52].

В технике используется большое число показателей надежности, которые приведены в стандарте ГОСТ 27.002—89. Основные из них находят применение и в теории метрологической надежности. Знание показателей метрологической надежности позволяет потребителю оптимально использовать СИ, планировать мощности ремонтных участков, размер резервного фонда приборов, обоснованно назначать межповерочные интервалы и проводить мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту СИ.

Метрологические отказы при эксплуатации СИ составляют более 60% на третьем году эксплуатации и достигают 96% при работе более четырех лет.

В качестве показателей ремонтпригодности используются вероятность и среднее время восстановления работоспособности СИ. *Вероятностью восстановления работоспособного состояния* называется вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния СИ не превысит заданное значение. Она представляет собой значение функции распределения времени восстановления при $t = T_u$, где T_u — заданное время восстановления. *Средним временем восстановления работоспособного состояния* называется математическое ожидание времени восстановления, определяемое до его функции распределения.

4.4. Метрологическая надежность и межповерочные интервалы

Одной из основных форм поддержания СИ в метрологически исправном состоянии является его периодическая поверка. Она проводится метрологическими службами согласно правилам, изложенным в специальной нормативно-технической документации. Периодичность поверки должна быть согласована с требованиями к надежности СИ. Поверку необходимо проводить через оптимально выбранные интервалы времени, называемые *межповерочными интервалами* (МПИ).

Момент наступления метрологического отказа может выявить только поверка СИ, результаты которой позволят утверждать, что отказ произошел в период времени между двумя последними поверками. Величина МПИ должна быть оптимальной, поскольку частые поверки приводят к материальным и трудовым затратам на их организацию и проведение, а редкие — могут привести к повышению погрешности измерений из-за метрологических отказов.

Межповерочные интервалы устанавливаются в календарном времени для СИ, изменение метрологических характеристик которых обусловлено старением и не зависит от интенсивности эксплуатации. Значения МПИ рекомендуется выбирать из следующего ряда: 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 12; 6K месяцев, где K — целое положительное число. Для СИ, у которых изменение МХ является следствием износа его элементов, зависящего от интенсивности эксплуатации, МПИ назначаются в значениях наработки.

При нахождении МПИ выбирается МХ, определяющая состояние метрологической исправности средства измерений. В качестве таких характеристик, как правило, используются основная погрешность, СКО случайной составляющей погрешности и не-

которые другие. Если состояние метрологической исправности определяют несколько МХ, то из них выбирается та, по которой обеспечивается наибольший процент брака при поверках.

Вопросу обоснованного выбора продолжительности МПИ по-священо большое число работ, обзор которых дан в [12]. В настоящее время существуют три основных пути их определения:

- на основе статистики отказов;
- на основе экономического критерия;
- произвольное назначение первоначального МПИ с последующей корректировкой в течение всего срока службы СИ.

Выбор конкретного метода определения продолжительности МПИ зависит от наличия исходной информации о надежности и стабильности СИ. Первый способ является эффективным при условии, что известны показатели метрологической надежности. Наиболее полная информация такого рода содержится в моделях, описывающих изменение во времени МХ средств измерений. Эти модели рассмотрены в п. 4.3. При известных параметрах моделей МПИ определяется момент выхода погрешности за нормируемый для данного СИ допуск. Однако большой разброс параметров и характеристик процессов старения СИ приводит к большой погрешности расчета МПИ с помощью таких моделей.

Применение методов расчета МПИ, основанных на статистике скрытых и явных отказов, требует наличия большого количества экспериментальных данных по процессам изменения во времени МХ средств измерений различных типов. Такого рода исследования весьма трудоемки и занимают значительное время. Этим объясняется тот факт, что опубликованных статистических данных о процессах старения приборов различных типов крайне мало. В технических описаниях СИ, как правило, приводится средняя наработка до отказа, средний или гамма-процентный ресурс и срок службы. Этого явно недостаточно для расчета МПИ.

Определение межповерочного интервала по экономическому критерию состоит в решении задачи по выбору такого интервала, при котором можно минимизировать расходы на эксплуатацию СИ и устранять последствия от возможных ошибок, вызванных погрешностями измерения. Исходной информацией для определения МПИ служат данные о стоимости поверки и ремонта СИ, а также об ущербе от изъятия его из эксплуатации и от использования метрологически неисправного прибора. Основная сложность применения этого метода состоит в следующем. Затраты на ремонт и поверку СИ достаточно легко определяются по нормативным документам. В отличие от них потери из-за использования приборов со скрытым метрологическим отказом на практике, как правило, неизвестны. Приходится прибегать к приближенным моделям, описывающим затраты на эксплуатацию СИ со скрытыми метрологическими отказами в виде функции потерь того или иного вида [12; 37; 43].

Для определения МПИ по экономическому критерию можно использовать рекомендации МИ 2187—92.

Наиболее простым является метод, состоящий в произвольном назначении МПИ с последующей корректировкой его величины. В этом случае при минимальной исходной информации назначается первоначальный интервал, а результаты последующих проверок являются исходными данными для его корректировки.

Первый МПИ выбирается в соответствии с рекомендациями нормативных документов государственных и ведомственных метрологических служб.

Последующие значения МПИ определяются путем корректировки первого интервала с учетом результатов проведенных проверок большого числа однотипных СИ.

Данный метод рассмотрен в рекомендации МИ 1872—88 и в международном стандарте ИСО 10012—1, содержащем требования, гарантирующие качество измерительного оборудования.

Контрольные вопросы

1. Что такое отказ? Чем отличается метрологический отказ от неметрологического?
2. Сформулируйте определение метрологической исправности средства измерений.
3. Что такое метрологическая надежность средства измерений?
4. Сформулируйте определение стабильности, безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости средств измерений.

5. Чем вызвано изменение во времени метрологических характеристик средств измерений? Каким образом могут быть математически описаны эти изменения?
6. Что такое линейная модель изменения погрешности во времени?
7. Что такое экспоненциальная модель изменения погрешности во времени?
8. Назовите основные показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости средств измерений.
- 9. Что называется межповерочным интервалом?
- .. • > 10. Какие способы выбора межповерочных интервалов существуют?

ГЛАВА 5. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Общие положения. Понятие об испытании и контроле

При выборе СИ учитывают совокупность метрологических (цена деления, погрешность, пределы измерений, измерительное

усилие), эксплуатационных и экономических показателей, к которым относятся: массовость (повторяемость измеряемых размеров) и доступность их для контроля; стоимость и надежность СИ; метод измерения; время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения; масса, габаритные размеры, рабочая нагрузка; жесткость объекта контроля, шероховатость его поверхности; режим работы и т. д.

Основная трудность технико-экономического подхода при вы-

боре СИ заключается в том, что сам процесс измерения не сопро-

вождается непосредственным созданием материальных ценностей. Учитывая также различные цели контрольно-измерительных операций и их различную принадлежность к этапам жизненного цикла ТС (производство, эксплуатация, ремонт), очевидно, невозможно предложить единую методику выбора СИ. Однако некоторые общие принципы выбора на основании накопленного опыта сводятся к следующим положениям:

I. Для гарантирования заданной или расчетной относительной погрешности измерения $\delta_{и}$ (например, методами, предложенными в гл. 2) относительная погрешность СИ $\delta_{СИ}$ должна быть на 25—30% ниже, чем $\delta_{и}$, (т. е. $\delta_{СИ} = 0,7 \delta_{и}$). Если известна приведенная погрешность $u_{и}$ измерения, то приведенная погрешность СИ

где x и $x_{и}$ — результат измерения и нормированное значение шкалы СИ.

II. Выбор СИ зависит от масштаба производства или количества находящихся в эксплуатации однотипных (одноименных) ТС.

Например, в массовом производстве с отработанным технологическим процессом, включая контрольные операции, используют высокопроизводительные механизированные и автоматизированные средства измерения и контроля. Универсальные СИ применяются преимущественно для наладки оборудования.

В серийном производстве основными средствами контроля должны быть жесткие предельные калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления. Возможно применение универсальных СИ.

В мелкосерийном и индивидуальном производстве основными являются универсальные СИ, поскольку применение других организационно и экономически невыгодно: неэффективно будут использоваться специальные контрольные приспособления или потребуются большое количество калибров различных типоразмеров.

III. Метод измерения, определяемый целью контроля, выдвигает требования к СИ по базировке: если контролируется точность технологического процесса, то выбирают СИ для технологических баз; если ТС контролируется с точки зрения эксплуатации, то СИ выбирается под эксплуатационные базы.

IV. При выборе СИ по метрологическим характеристикам необходимо учитывать следующее:

если технологический процесс неустойчив, т. е. возможны существенные отклонения измеряемого параметра за пределы поля

допуска, то нужно, чтобы пределы шкалы СИ превышали диапазон рассеяния значений параметра; цена деления шкалы должна выбираться с учетом заданной точности измерения. Например, если размер необходимо контролировать с точностью до 0,01 мм, то и СИ следует выбирать с ценой деления 0,01 мм, так как СИ с более грубой шкалой внесет дополнительные субъективные погрешности, а с более точной — выбирать не имеет смысла из-за удорожания СИ. При контроле технологических процессов должны использоваться СИ с ценой деления не более 1/6 допуска на изготовление;

поскольку качество измерения определяется величиной относительной погрешности $\delta = \pm(D/x)100\%$, т. е. с уменьшением x величина δ увеличивается (качество измерения ухудшается). Следовательно, качество измерений на разных участках шкалы неодинаково. ; Поэтому при измерениях рабочий участок шкалы СИ должен выбираться по правилу: относительная погрешность в пределах рабочего участка шкалы СИ не должна превышать приведенную погрешность более чем в 3 раза ($\delta < 3\gamma$). Из этого правила следует: а) при односторонней равномерной шкале с нулевой отметкой в ее начале рабочий участок занимает последние две трети длины шкалы $l_{\text{ш}}^*$, б) при двусторонней шкале с нулевой отметкой посередине — последнюю треть каждого сектора; в) при шкале без нуля рабочий участок может распространяться на всю длину шкалы. ¹⁰;

¹⁰ Если класс точности СИ определяет наибольшую допустимую погрешность с заданной вариацией, то цена деления должна учитывать эту вариацию, а именно — должна быть равна удвоенному значению приведенной погрешности СИ: $C = 2\gamma$ или $l_{\text{ш}} = 100/2\gamma$.

Исходя из требований удобства считывания показаний, допускается использование более крупных делений шкалы, но обязательно кратных $l_{\text{ш}}$ (в пределах 2— 10). Кроме того, цена деления должна составлять Целое число единиц измеряемой величины (1, 2, 5, 10 и т. д.).

V. К регистрирующей аппаратуре предъявляются следующие основные требования:

ь. Сигнал, проходящий через СИ, должен сохранять необходимую Информацию, не подвергаться искажению и отделяться от помех; первичные преобразователи (датчики) должны потреблять минимум энергии от объекта измерения, и их подключение не должно нарушать его нормальной работы. Особые требования предъявляются к точности и чувствительности датчиков, так как эти низкие показатели сведут на нет все усилия по повышению точности измерений;

носитель информации должен иметь достаточный объем для регистрации всех необходимых сведений;

регистрирующая аппаратура должна обеспечивать получение информации в возможно сжатые сроки.

Если аппаратура не может одновременно удовлетворять всем предъявляемым требованиям, то выбираются наиболее важные из них, позволяющие наилучшим образом справиться с выполнением поставленной задачи.

Оценка погрешности измерений и выбор СИ зависят также от цели измерений. При этом понятие измерения является общим для таких специфических операций, как испытание, контроль, диагностирование и прогнозирование технического состояния объекта (продукции).

Диагностирование — процесс распознавания состояния системы в настоящий момент. Прогнозирование есть определение признаков технического состояния объекта на будущий момент или интервал времени.

Изучение принципов диагностирования и прогнозирования является предметом специальных дисциплин. Поэтому остановимся лишь на соотнесении понятий испытания, контроля и измерения.

Испытанием называется экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, а также моделировании объекта и (или) воздействий (ГОСТ 16504—81). Экспериментальное определение характеристик свойств объекта при испытаниях может проводиться путем использования измерений, оценивания и контроля.

Объектом испытаний является продукция или процессы ее производства и функционирования. В зависимости от вида продукции и программы испытаний объектом может быть как единичное изделие, так и их партия. Объектом испытания может также быть макет или модель изделия.

Важнейшим при проведении любых испытаний является задание требуемых реальных или моделируемых условий испытаний.

Пол условиями испытаний понимается совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях. В нормативно-технических документах на испытания конкретных объектов должны быть определены нормированные условия испытаний.

Существует большое число разновидностей испытаний. Они классифицируются по различным признакам. По назначению испытания делятся на исследовательские, контрольные, сравнительные и определительные. По уровню проведения различают следующие категории испытаний: государственные, межведомственные и ведомственные. По виду этапов разработки испытываемой продукции различают предварительные и приемочные испытания. В зависимости от вида

испытаний готовой продукции их подразделяют на квалификационные, приемосдаточные, периодические и типовые.

Целью испытаний следует считать оценку истинного значения параметра (характеристики) в заданных номинальных условиях испытания. Условия испытаний практически всегда отличаются от реальных. Следовательно, результат испытания всегда имеет погрешность, возникающую не только из-за погрешности определения искомой характеристики, но и из-за неточности установления номинальных условий испытания.

Результатом испытаний называется оценка характеристик свойств объекта, установления соответствия объекта заданным требованиям, данные анализа качества функционирования объекта в процессе испытаний. Результат испытаний характеризуется *точностью* — свойством испытаний, показывающим близость их результатов к действительным значениям характеристик объекта в определенных условиях испытаний.

Между измерением и испытанием существует большое сходство: во-первых, результаты обеих операций выражаются в виде чисел; во-вторых, погрешности и в том, и в другом случае могут быть выражены как разности между результатами измерений (испытаний) и истинными значениями измеряемой величины (или определяемой характеристики при номинальных условиях эксплуатации).

Однако с точки зрения метрологии между этими операциями имеется значительная разница: погрешность измерения является только одной из составляющих погрешности испытания. Поэтому можно сказать, что испытание — это более объемная операция, чем измерение. Измерение можно считать частным случаем испытания, при котором условия испытаний не представляют интереса. *Контроль* — это процесс определения соответствия значения параметра изделия установленным требованиям или нормам. Сущность всякого контроля состоит в проведении двух основных этапов. На первом этапе получают информацию о фактическом состоянии некоторого объекта, о признаках и показателях его свойств. Эта информация называется *первичной*. На втором этапе первичная информация сопоставляется с заранее установленными требованиями, нормами, критериями. При этом выявляется соответствие или несоответствие фактических данных требуемым. Информация об их расхождении называется *вторичной*. Она используется для выработки соответствующих решений по поводу объекта контроля. В ряде случаев граница между этапами контроля неразличима. При этом первый этап может быть выражен нечетко или практически не наблюдаться. Характерным примером такого рода является контроль размера детали калибром, сводящийся к операции сопоставления фактического и предельно допустимого значений параметра.

Контроль состоит из ряда элементарных действий: измерительного преобразования контролируемой величины; воспроизведения установок контроля; сравнения и получения результата контроля.

Измерения и контроль тесно связаны друг с другом, близки по своей информационной сущности и содержат ряд общих операций (например, сравнение, измерительное преобразование). В то же время процедуры во многом различаются:

- результатом измерения является количественная характеристика, а контроля — качественная;
- измерение осуществляется в широком диапазоне значений измеряемой величины, а контроль — обычно в пределах небольшого числа возможных состояний;
- контрольные приборы, в отличие от измерительных, применяют для проверки состояния изделий, параметры которых заданы и изменяются в узких пределах;
- основной характеристикой качества процедуры измерения является точность, а процедуры контроля — достоверность.

Контроль может быть классифицирован по ряду признаков.

В зависимости от числа контролируемых параметров он подразделяется на *однопараметрический*, при котором состояние объекта определяется по размеру одного параметра, и *многопараметрический*, при котором состояние объекта определяется размерами многих параметров.

По форме сравниваемых сигналов контроль подразделяется на *аналоговый*, при котором сравнению подвергаются аналоговые сигналы, и *цифровой*, при котором сравниваются цифровые сигналы. В зависимости от вида воздействия на объект контроль подразделяется на *пассивный*, при котором воздействие на объект производится, и *активный*, при котором воздействие на объект осуществляется посредством специального генератора тестовых сигналов.

На практике большое распространение получил так называемый *допусковый* контроль, суть которого состоит в определении путем измерения или испытания значения контролируемого параметра объекта и сравнение полученного результата с заданными граничными допустимыми значениями. Частным случаем допускового контроля является поверка СИ, в процессе которой исследуется попадание погрешностей средства измерений в допускаемые пределы.

По расположению зоны контролируемого состояния различают допусковый контроль состояний:

- ниже допускаемого значения ($A' < X_n$);
- выше допускаемого значения ($A'' > X_a$);
- между верхним и нижним допускаемыми значениями ($X_n < X < X_a$);

Результатом контроля является не число, а одно из взаимоисключающих утверждений:

- контролируемая характеристика (параметр) находится в пределах допускаемых значений, т. е. результат контроля — "годен";
- контролируемая характеристика (параметр) находится за пределами допускаемых значений, т. е. результат контроля — "негоден" или "брак".

Для определенности примем, что решение "годен" должно приниматься, если выполняется условие $X_n < X < X_a$, где X , X^* , X_n — истинное значение и допускаемые верхнее и нижнее значения контролируемого параметра. На самом деле с допускаемыми значениями X_n и X_a сравнивается не истинное значение X (поскольку оно неизвестно), а его оценка L^* , полученная в результате измерений. Значение X_o отличается от X на величину погрешности измерения: $X = X_o \pm \Delta$. Решение "годен" при проведении контроля принимается при выполнении неравенства $X_n < X < X_a$. Отсюда следует, что при допусковом контроле возможны четыре исхода.

4. Принято решение "годен", когда значение контролируемого параметра находится в допускаемых пределах, т. е. имели место события $X_n < X < X_a$ и $X_n < X_o < X_a$. Если известны плотности вероятностей законов распределения (C^*) контролируемого параметра A^1 и погрешности его измерения (Δ), то при взаимной независимости этих законов и заданных допустимых верхнем и нижнем значениях параметра вероятность события "годен"

1. Принято решение "брак", когда значение контролируемого параметра находится вне пределов допускаемых значений, т. е. имели место события $X < X_n$ или $X > X_a$ и $X_o < X_n$ или $X_o > X_a$. При оговоренных допущениях вероятность события "негоден" или "брак"

$$P_m = 1 - L^*$$

Г-

3. Принято решение "брак", когда истинное значение контролируемого параметра лежит в пределах допускаемых значений, т. е. $X_o < X_n$ или $X_o > X_a$ и $X_n < X_o < X_a$ и забракован исправный объект. В этом случае принято говорить, что имеет место ошибка первого рода. Ее вероятность

III.

/(X

4. Принято решение "годен", когда истинное значение контролируемого параметра лежит вне пределов допускаемых значений, т. е. имели место события $X < X_n$ или $A' > X_a$ и $X_n < X_o < X_a$ и неисправный объект признан годным. В этом случае говорят, что произошла ошибка второго рода, вероятность которой

ах.

Очевидно, что ошибки первого и второго рода имеют разное значение для изготовителей и потребителей (заказчиков) контролируемой продукции. Ошибки первого рода ведут к прямым потерям изготовителя, так как ошибочное признание негодным в действительности годного изделия приводит к дополнительным затратам на исследование, доработку и регулировку изделия. Ошибки второго рода непосредственно сказываются на потребителе, который получает некачественное изделие. При нормальной организации отношений между потребителем и производителем брак, обнаруженный первым из них, приводит к рекламациям и ущербу изготовителя.

Рассмотренные вероятности $P_3, P_{из}, P_1$ и P_2 при массовом контроле партий изделий характеризуют средние доли годных, негодных, неправильно забракованных и неправильно пропущенных изделий среди всей контролируемой их совокупности. Очевидно, что $P_1 + P_2 + P_3 + P_{из} = 1$.

Достоверность результатов допускового контроля описывается различными показателями, среди которых наибольшее распространение получили вероятности ошибок первого (P_1) и второго (P_2) родов и риски изготовителя и заказчика (потребителя):

$\alpha \sim P_1$
 $\beta \sim P_2$

Одна из важнейших задач планирования контроля — выбор оптимальной точности измерения контролируемых параметров. При завышении допускаемых погрешностей измерения уменьшается стоимость СМ, но увеличиваются вероятности ошибок при контроле, что в конечном итоге приводит к потерям. При занижении допускаемых погрешностей стоимость средств измерений возрастает, вероятность ошибок контроля уменьшается, что приводит к росту себестоимости выпускаемой продукции. Очевидно, что существует некоторая оптимальная точность, соответствующая минимуму суммы потерь от брака и стоимости контроля.

Приведенные формулы позволяют осуществить целенаправленный поиск таких значений погрешности измерения, которые при заданных верхнем и нижнем значениях контролируемого параметра обеспечили бы допускаемые значения вероятностей ошибок первого и второго рода (P_1 и P_2) или соответствующих рисков. Этот поиск производится путем численного или графического интегрирования. Следовательно, для рационального выбора точностных характеристик СИ, используемых при проведении контроля, в каждом конкретном случае должны быть заданы допускаемые значения P_1 и P_2 .

5.2. Принципы выбора средств измерений

Выбор СИ по коэффициенту уточнения. Это самый простой способ, предусматривающий сравнение точности измерения и точности изготовления (функционирования) объекта контроля. Здесь предусматривается введение коэффициента уточнения K (коэффициента закона точности) при известном допуске T и предельном значении $[A_{изм}]$ погрешности измерения

Величину, обратную K , называют относительной погрешностью метода измерения $A_{мет} = 1/K$.

В соответствии с ГОСТ 8.051—81 значения пределов допускаемых погрешностей $[A_{изм}]$ для линейных размеров задаются в зависимости от допусков и качества (табл. 5.1) как $[A_{изм}] = (0,20-0,35)T = p T$.

Таблица 5.1 Зависимость p от диапазона допусков и качества

Квалитет	2—5	6—7	8—9	10—16
Средний коэффициент, p	0,35	0,30	0,25	0,20
Диапазон допусков, мкм	0,8—2,7	6—63	14—155	40—4000
Диапазон $[A_{изм}]$, ±мкм	0,25—10,00	2—19	3,5—39,0	8—800

Для линейных размеров указанное соотношение между $[A_{изм}]$ и T от 20 до 35% соответствует $K = 2,5 - 1,4$. При выборе СИ по величине β необходимо иметь соответствующие справочные данные о погрешностях конкретных СИ (например, табл. 5.2). Тогда, если измеряемый размер попадает в стандартизованный ГОСТ 8.051—81 интервал 0...500 мм, то используют среднее значение $A_{т.сп}$, а предел основной допускаемой погрешности СИ находят как

$T/2$

(5.1)

$A_{т.сп}$

и из табл. 5.2 выбирают ближайшее СИ с такой погрешностью.

Таблица 5.2

Предельные погрешности наиболее распространенных универсальных средств измерения

Измерительные средства	Предельные погрешности измерения ($[A_{изм}]$, мкм) для интервалов размеров, мм							
	до 10	И. 10...50	51...80	81...120	121...180	181...260	261...360	361...500
Оптиметры, измеритель-	0,7	1,0	1,3	1,6	1,8	2,5	3,5	4,5

ные машины (при измерении наружных размеров)								
То же (при измерении внутренних размеров)	—	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	—	—
Микроскоп универсальный	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5	—	—
То же	5,0	5,0	—	—	—	—	—	—
Миниметр с ценой деления:								
1 мкм	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,5	6,0	8,0
2 мкм	1,4	1,8	2,5	3,0	3,5	5,0	6,5	8,0
5 мкм	2,2	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,5	8,5
Рычажная скоба с ценой деления:								
2 мкм	3,0	3,5	4,0	4,5	—	—	—	—
10 мкм	7,0	7,0	7,5	7,5	8,0	—	—	—
Микрометр рычажный	3	4	—	—	—	—	—	—
Микрометр	7	8	9	10	12	15	20	25
Индикатор	15	15	15	15	15	16	16	16
Цтангенциркуль с ценой деления:								
0,02 мм	40	40	45	45	45	50	60	70
0,05 мм	80	80	90	100	100	100	100	100
0,10мм	150	150	160	170	190	200	210	230

Пример 5.1. Для контроля вала диаметром $\phi = 45_{-0,025}^{+0,025}$ мм выбрать СИ.

Решение. Половина допуска размера $T/2 = 25/2 = 12,5$ мкм. Среднее значение $A_{cp}^{\wedge} = (2,5 + 1,4)/2 = 1,95$.

Тогда по формуле (5.1) имеем

$$12,5$$

$$= 4,9 \text{ мкм.}$$

$$1,3-1,95$$

Из табл. 5.2 видно, что предел, наиболее близкий к расчетному, имеет рычажный микрометр.

Для ориентированного выбора без расчетов с последующим уточнением по таблицам универсальных СИ можно использовать номограммы (рис. 5.1-5.3).

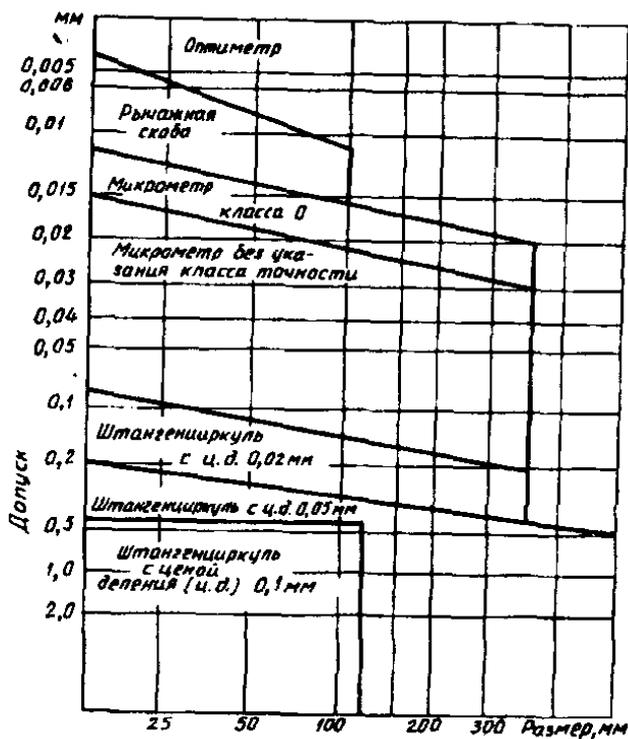


Рис. 5.1. Номограмма для выбора СИ валов

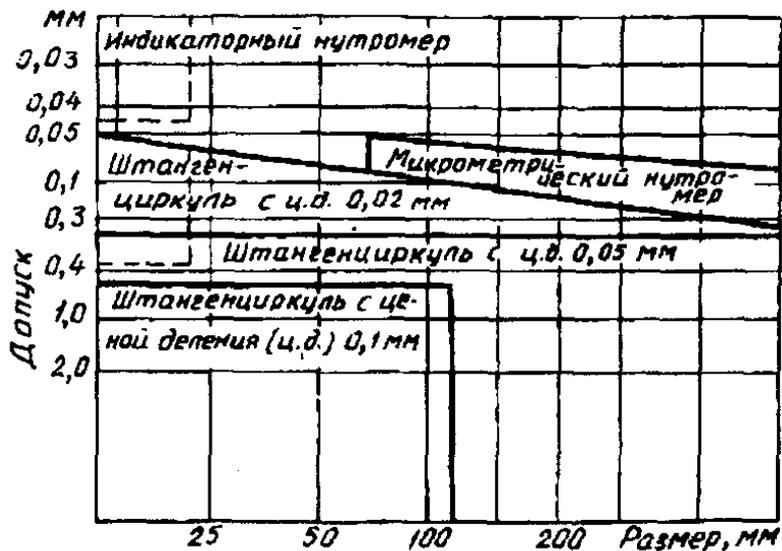


Рис. 5.2. Номограмма для выбора СИ отверстий

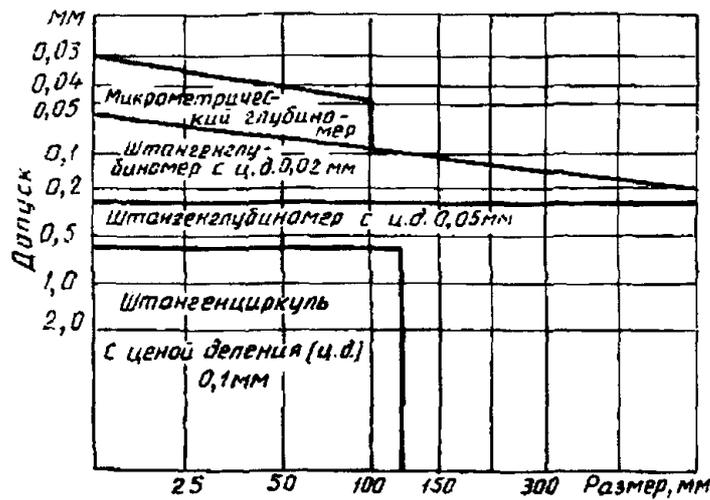


Рис. 5.3. Номограмма для выбора СИ глубины и высоты

Пример 5.2. Выбрать СИ для контроля коренной шейки коленчатого вала двигателя $\phi=75,0_{-0,02}$.

Решение. Производим ориентировочный выбор СИ по рис. 5.1 при известном допуске $T = 0,02$ мм и диаметре от 50 до 100 мм. Принимаем микрометр или рычажную скобу.

Уточняем СИ. Для этого по ГОСТ 25347—82 находим, что при допуске $T= 20$ мкм и размере от 50 до 80 мм $D_{изм} = 5$ мкм (табличный допуск равен 19 мкм, что соответствует 6-му качеству). По табл. 5.2 выбираем, что наиболее подходит рычажная скоба с ценой деления 2 мкм, имеющая в указанном диапазоне измерений предельное значение погрешности, равное 4 мкм.

Пример 5.3. Выбрать СИ для контроля отверстия $\phi=54,8$ Н12 ступицы шестерни постоянного зацепления коробки передач.

Решение. По ГОСТ 25347—82 находим допуск указанного размера диаметра, выполненного по 12-му качеству. Он составит $7= 300$ мкм. По рис. 5.2 ориентировочно выбираем штангенциркуль.

Уточняем СИ. Для этого на основании табл. 5.1 находим $D_{изм} = 0,2T= 60$ мкм. По табл. 5.2 определяем штангенциркуль с ценой деления 0,02 мм, имеющий в диапазоне измерений 51...80 мм предельную погрешность 45 мкм.

Выбор СИ по принципу безошибочности контроля предполагает предварительную оценку вероятностей ошибок первого и второго рода. Схема выбора СИ включает следующие этапы:

1. Оценивают (или обоснованно задают) законы распределения контролируемого параметра и погрешности измерения.
2. Задаются соответствующие вероятности ошибок первого и второго рода (или отдельно P_1 и P_2).
3. По табл. 5.3 находят соответствующее значение коэффициента уточнения K_m .

Таблица 5.3 Вероятности P_1 и P_2 при контроле по размерным параметрам

Коэффициент уточнения K_m	Закон распределения контролируемых параметров										
	нормальный существенно положительных величин										
	Закон распределения погрешности измерения										
	нормальный		равномерный		нормальный		равномерный				
P_1		P_2		P_1		P_2		P_1		P_2	
10,40	5,50	0,4	0,37	0,75	0,7	1,2	0,25	0,15	0,5	0,4	0,7
3,30	2,10	0,9	0,87	1,30	2,0	3,4	0,70	0,60	0,9	1,5	2,4
1,70	1,40	1,7	1,60	2,25	4,5	5,4	1,25	1,20	1,5	3,2	3,5
1,04		2,8	2,60	3,70	7,8		2,20	1,90	2,8	5,2	
		3,5	3,10	4,75			2,75	2,50	3,8		
		4,1	3,75	5,80			3,25	3,00	4,2		
		5,4	5,00	8,25			4,35	3,90	5,5		

Примечание. Значения вероятностей P_1 и P_2 умножены на 100.

4. При известном допуске на параметр выбирают СИ по таблицам, аналогичным табл. 5.2.

Пример 5.4. При контроле вала диаметром $\phi=18_{-0,06}$ мм вероятность пропуска брака не должна превышать $P_2 = 0,045$. Законы распределения размера и погрешности неизвестны. Выбрать СИ для контроля.

Решение. Поскольку законы распределения контролируемого параметра неизвестны, выбираем композицию законов: нормальный — для параметра, равномерный — для погрешности. Тогда по табл. 5.3 находим $K_m= 1,7$, а по формуле (5.1) имеем, что при $\Gamma/2 = 16/2 = 8$ мкм

• = 3,63 мкм.

1,3-1,7

2. По табл. 5.2 выбираем соответствующее СИ — рычажную скобу с ценой деления 2 мкм.

Если ограничения и погрешности измерения заданы и определены по ГОСТ 8.051—81, то СИ определяется также по табл. 5.2, но без учета A''_T .

3. Если при эксплуатации ТС задано допускаемое отклонение параметра и соотношение $K = A^{\wedge}$, то, используя соответствующие номограммы рис. 5.4-5.7, находят $D_{СИ} < O$, $TД^{\wedge}$ и выбирают СИ по табл. 5.4.

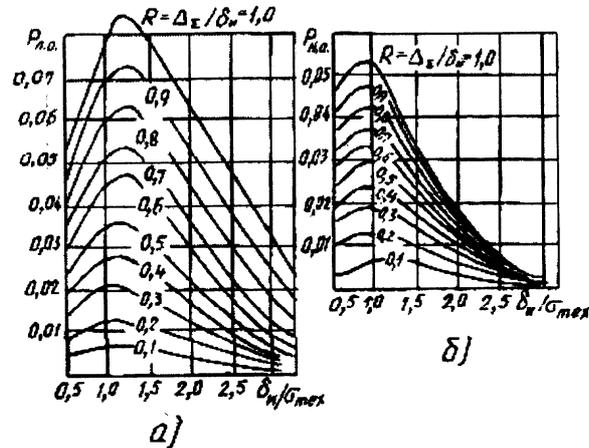


Рис. 5.4. Номограмма для определения $K = A^{\wedge}$ по значению вероятности ложного (а) и необнаруженного (б) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра и погрешности измерений по нормальному закону

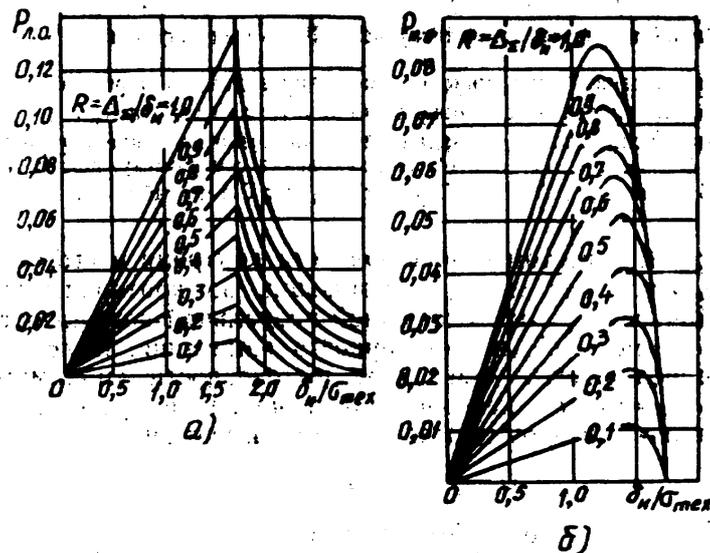


Рис. 5.5. Номограмма для определения $K = A_2/a_1$ по значению вероятности ложного (а) и необнаруженного (б) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра по закону равной вероятности, погрешности измерений — по нормальному закону

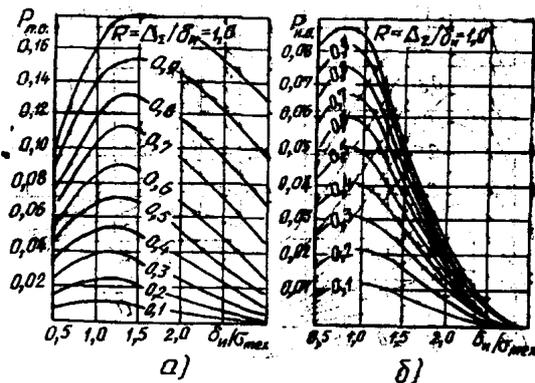


Рис. 5.6. Номограмма для определения $K = III_{C_{\delta}}$ по значению вероятности ложного (а) и необнаруженного (б) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра по нормальному закону, погрешности измерений — по закону равной вероятности

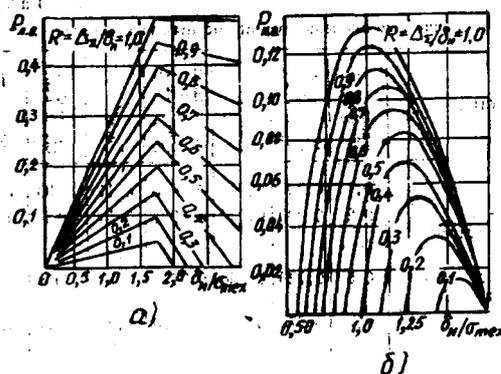


Рис. 5.7. Номограмма для определения $K = D^{\wedge}o_{,,}$ по значению вероятности ложного (а) и необнаруженного (б) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра и погрешности измерений по закону равной вероятности

Выбор СИ с учетом безошибочности контроля и его стоимости осуществляется как метод оптимизации по критериям точности (классу точности y или абсолютной предельной погрешности $D_{сн}$) СИ, его стоимости $C_{сн}$ и достоверности измерения. Целевая функция C , определяющая максимум достоверности (минимум вероятности $P_{нз} = P_1^* + P_2$ неверного заключения) и минимум стоимости при оптимальном классе точности, имеет вид

$$C = \tau \Gamma[D/D_{сн} + C/C_0] \quad (5.2)$$

где $D/D_{сн}$, C/C_0 — относительные значения соответственно достоверности измерения и стоимости СИ; $D = 1 - P_{нз}$ и C_0 — соответственно максимальные значения достоверности измерения и стоимости СИ. Или

$$C = \tau \Gamma[\frac{P_{нз}}{P_{нз}^*} + C/C_0] \quad (5.3)$$

где $P_{нз}/P_{нз}^*$, $P_{нз}^*$ — относительная и максимальная вероятности неверного заключения.

Соответственно для многопараметрического контроля по N параметрам ($i = 1, 2, \dots, N$):

$$\theta = \tau \Pi[D_i/D_i + C_i/C_i] \quad (5.4)$$

$$C =$$

$$C =$$

$$(5.5)$$

Пример 5.5. Выбрать СИ для измерения вращающего момента электродвигателя в пределах 15...20 кгм с погрешностью не более (-10%). Максимальный вращающий момент $A_{\text{тах}} = 45$ кгм.

Решение. По условию задачи имеем односторонний допуск $T = 0,1-20 = 2$ кгм. Рассмотрим четыре СИ классов точности: $y = 0,1; 0,2; 0,5$ и $1,5$ (табл. 5.4), которым будут соответствовать разные погрешности измерения $D_{\text{им}} = V L/T_{\text{тах}}$. Оценим отношение $\alpha = A_{\text{им}}/27$ и по номограмме рис. 5.7 при односторонних допусках найдем значения α , и P_2 соответственно $P_{нз}$ (табл. 5.4). Значения определим для максимальных (наихудших) значений кривых $D_{\text{им}}/27$, так как

Таблица 5.4 Расчетные значения вероятностных показателей

	y	D _{им}	C	α	P _{лж}	P _{нз}	C _{нз}	C _{лж}
РП-Щ24	0,1	0,045	0,011	0,0025	0,1	2140	1,00	1,11
Преобразователь	0,2	0,090	0,022	0,0031	0,1	1045	0,49	0,63
1890ПСВ с частото-					4			

мером								
Преобразователь	0,5	0,225	0,056	0,0810	0,3	865	0,40	0,77
СВК с частотомером	1,5	0,675	0,168	0,0220	1,0	650	0,30	1,30
43-33 ИРГМ-7					0			

действительные значения технологического рассеяния ($\sigma_{\text{изг}}$) неизвестны. Затем охарактеризуем отношения $P_{\text{из.}}/P_{\text{нп.}}$, C/C_0 , $C = 1.(P_{\text{нп.}}/P_{\text{из.}} - n - c/c_0)$ и построим график $C = f(\gamma)$ (рис. 5.8).

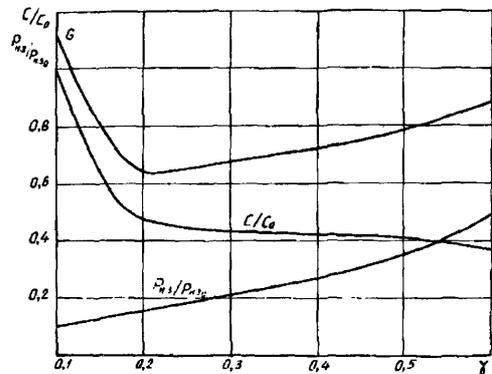


Рис. 5.8. Оптимизация выбора СИ

Из графика видно, что оптимальное (минимальное) значение точности прибора соответствует классу 0,2, т. е. выбор останавливается на преобразователе 1890ПСВ с частотомером 43-33.

Выбор СИ по технико-экономическим показателям является предпочтительным при эксплуатационном контроле ТС, поскольку позволяет принять во внимание как метрологические характеристики СИ, так и технико-экономические показатели эксплуатации самой ТС с учетом ее ресурса, межконтрольной наработки, издержки на ТО и ремонт. В основу метода положен критерий оптимизации точности измерения, устанавливающий связь между точностью и удельными издержками на контрольно-диагностические операции с учетом дополнительных ТО и ремонтов ТС из-за погрешностей в оценке параметров ее технического состояния.

Целевая функция, определяющая удельные издержки при оптимальной средней квадратической погрешности измерения параметра состояния, имеет вид

$$b(o) = \text{гшп}[ВД + C(o)], \quad (5.6)$$

где $C(o)$ — средние дополнительные издержки за один межконтрольный период на предупредительное восстановление и устранение последствий отказа в зависимости от СКО погрешности измерения a ; $C(a)$ — целевая функция минимума удельных издержек, связанных с измерением параметра, а также с ТО и ТР машины (узла, агрегата) по восстановлению значения измеряемого параметра до номинального; $B(a)$ — суммарные издержки на измерение параметра состояния в зависимости от СКО погрешности измерения o .

Слагаемое $B(a)$ с достаточным приближением можно выразить гиперболической зависимостью

$$ВД = B + (1/o), \quad (5.7)$$

где B и b — коэффициенты, определяемые эмпирическим путем (с использованием метода наименьших квадратов) по ряду значений $b(o)$ в результате анализа выбранных средств, отличающихся издержками и погрешностями измерений.

При законе нормального распределения погрешностей измерения дополнительные издержки $C(o)$ за межконтрольный период в зависимости от СКО погрешности определяют по формуле

$$C(o) = 0,265\gamma C_0 \sigma^4, \quad (5.8)$$

где γ — нормированный показатель, определяемый по номограммам рис. 5.9; C — средние издержки на предупредительные операции восстановления значения измеряемого параметра (соответственно технического состояния диагностируемого объекта) до номинального.

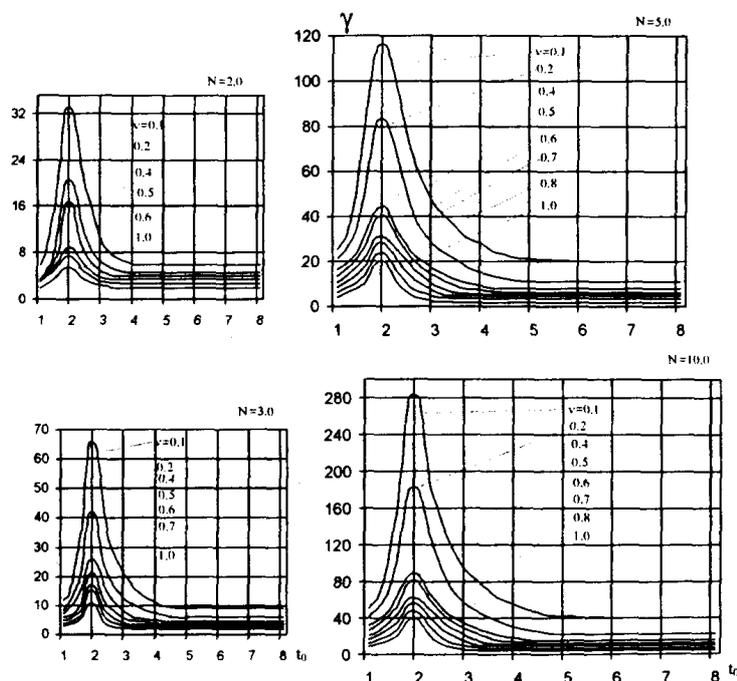


Рис. 5.9. Номограммы для определения показателя γ

Номограммы на рис. 5.9 предполагают известными значения $(\theta, A_\theta$ и ν . Для этого в соответствии с техническими условиями и заводскими чертежами устанавливают средний ресурс Γ_{cp} (м/ч, ч, км) составной части ТС по данному параметру и коэффициент вариации ν ее ресурса.

По нормативно-технической документации определяют среднюю межконтрольную наработку L_m (м/ч, ч, км) контролируемой части ТС и находят отношение $(\theta = T_{cp}/L_m$.

На основе технико-экономического анализа устанавливают средние издержки N , связанные с устранением отказа по контролируемому параметру, и средние издержки C на предупредительные операции (регулирование, замену) по доведению значения параметра до номинального. Задают экономические характеристики N и C ,

N как показано в [43], и находят отношение $C/N = \dots$. В частности, пока-

затель, характеризующий дополнительные удельные издержки за межконтрольный период от выбора неоптимального (в результате погрешности измерений) допускаемого отклонения параметра, может быть представлен как

С учетом формул (5.7) и (5.8) целевая функция (5.6) принимает вид:

$$C(a) = \text{гшп}[0,265\gamma C^2 a^2 \cdot 10^4 + B + (./a)]. \quad (5.9)$$

Приравняв первую производную по a к нулю, получим оптимальное значение СКО погрешности измерений:

Опт =

Для определения постоянной I необходимо выбрать известные СИ, используемые для контроля рассматриваемого параметра. Пусть n — число таких СИ. По технической документации на выбранные СИ устанавливают относительную (абсолютную) основную $\delta_{0>}(A_{0r}$ и дополнительную $\delta_{0>}(D_{0r})$ погрешности. Далее вычисляют суммарную предельную погрешность $\delta_{0>}(A_{0r})$ каждого средства с учетом составляющих дополнительных погрешностей в реальных условиях

или

Если в технической документации на средство измерения нет данных о дополнительных погрешностях, их устанавливают по результатам экспериментальной проверки.

Затем определяют СКО погрешности i -го СИ $\sigma_i = \delta_i/3$. Если у СИ нормирована абсолютная погрешность, то σ_i следует вычислять по формуле

$$\sigma_i = \delta_i / 3 \sqrt{D_i(x)},$$

где x_1, \dots, x_2 — диапазон шкалы, соответствующий диапазону изменения параметра технического состояния.

Для каждого из возможных СИ в целях измерения данного параметра технического состояния находят по НТД элементы затрат: заработную плату (Z) оператора с начислениями на одно измерение параметра; затраты Γ на ТО (поверку и калибровку) и ТР средства измерения; капитальные затраты K (цену СИ с учетом затрат на освоение в измерительной схеме) или цену серийно выпускаемого средства; нормативный коэффициент экономической эффективности ($E_n = 0,15$), амортизационные отчисления O_2

Вычисляют приведенную цену C диагностического средства измерения по данному параметру с учетом коэффициента приведения c , для всех i по формуле
 Физический смысл весового коэффициента c заключается в том, что он указывает долю стоимости СИ, приходящуюся на измерение i -го параметра. Например, если СИ предназначено для измерения одного параметра, то $c_i = 1$; если — двух, то $c_i = 0,5$; если — трех, то $c_i = 0,33$ и т. д., т. е. если СИ измеряет n параметров, то $c_i = 1/n$ и

Примечание. Естественно, правильнее было бы в качестве c , использовать долю стоимости СИ в виде стоимости блока (канала), приходящуюся на измерение одного параметра. Однако на практике, в эксплуатации, это сделать затруднительно, поэтому в качестве приближенного можно использовать изложенный принцип, предполагающий стоимостное равенство всех блоков измерения, входящих в одно СИ.

Число измерений данным СИ за межконтрольный период определяют по формуле $L_i = T_{ik} \cdot T_{21} \cdot T_{3/}$, (5.10)

где $L_{i,}$ — парк обслуживаемых ТС; i_{i2} — среднее число измерений параметра одного ТС за межконтрольный период; i_{i3} — число однотипных узлов в ТС.

Таким образом, приведенная стоимость измерения параметра i -го СИ будет равна

Если имеется несколько диагностических средств различной приведенной стоимости, обладающих одной суммарной погрешностью измерения δ , то рассматривают диагностическое средство меньшей приведенной стоимости. Если $\delta < \delta'$, то существуют диагностические средства, обладающие суммарной погрешностью измерения δ и δ' (причем диагностическое средство с суммарной погрешностью измерения δ обладает меньшей приведенной стоимостью, чем диагностическое средство с погрешностью измерения δ'). Для дальнейших расчетов диагностическое средство с δ' не рассматривают. Зависи-

мость $\sigma_{(3^)}$ для $i = 1, n$ аппроксимируют. Тогда коэффициент удельной стоимости измерения B в формуле (5.9) с помощью метода наименьших квадратов определяют следующим образом:

$$B = 1/\sigma,$$

$$| a,$$

$$\ll T$$

$$m a$$

$$\bullet (5.11)$$

Откуда оптимальная относительная погрешность измерения параметра равна

При отсутствии исходных данных для использования технико-экономического критерия необходимую точность измерения параметра технического состояния оценивают по результатам анализа функциональной связи структурных и диагностических параметров [43]. В этом случае предельное значение средней квадратической погрешности устанавливают из зависимости где P_n и P_n — соответственно предельное и номинальное значения параметра.

Пример 5.6. Определить оптимальную точность измерения суммарного зазора в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма трактора при его диагностировании и выбрать СИ.

Диагностическим параметром является свободный ход поршня при создании в надпоршневом пространстве проверяемого цилиндра избыточного давления или разрежения.

Средний ресурс по данному параметру составляет $\Gamma_p = 3000$ моточасов при коэффициенте вариации ресурса $v = 0,2$; межконтрольный период ($\tau_p = 1000$ моточасов. При отказе узла имеют место издержки, связанные с его устранением, $N = 60$ руб., и издержки на предупредительные операции по восстановлению значения параметра до номинального $C = 20$ руб.

Диагностический параметр (свободный ход поршня) можно определить с помощью измерительных преобразователей и соответствующей вторичной аппаратуры (табл. 5.5).

Решение. Основную погрешность $\delta_{\text{б}}$ определяем по технической документации на СИ, суммарную инструментальную погрешность D рассчитываем с учетом основной и дополнительной погрешностей СИ и вторичной аппаратуры (данные из технической документации). Средняя квадратическая инструментальная погрешность принимается при законе нормального распределения погрешностей. Цену СИ с учетом вторичной аппаратуры и весовых коэффициентов определяем по номенклатурным справочникам заводов-изготовителей.

Приведенные издержки $B(a_i) = U$ на измерение данного параметра со средней квадратической погрешностью σ , находим с учетом числа обслуживаемых в год тракторов $m = 500$. Поскольку параметр измеряют только при втором техническом обслуживании (ТО-2), то $m_2 = 1$, и так как в двигателе четыре цилиндра (четыре однотипных узла), то $t_3 = 4$. Тогда по формуле (5.10) $M_i = 500 \cdot 14 = 2000$. Амортизационные отчисления O , и затраты на ТР и проверку диагностических средств T определяем дифференцированно для каждого типа ИП. Результаты записываем в табл. 5.5.

При определении коэффициента I принимаем $n = 4$, так как рассматриваются четыре СИ. Расчеты по формуле (5.11) дают $I = 0,024$ причем

$$2 L = 1.29; E(y, cr, .) = 1,715;$$

$$2(1/0, .) = 5,27; X(1/a, .)^2 = 7,88.$$

При расчете дополнительных издержек, связанных с отказом элемента, показатель $Y = 17$ (по номограмме рис. 5.9) при

$$A = \dots = 1 - Y = 0,2; B = yC/10^4 = 17 \cdot 20 \cdot 1 (\Gamma^4 = 0,034) \wedge C = 20$$

Тогда оптимальная средняя квадратическая погрешность

$$0,024$$

$$= 1,1\%$$

$$(0,53 - 0,034)$$

Предельная погрешность $S_{opt} = 1,1 - 3 = 3,3\%$.

Следовательно, свободный ход поршня, характеризующий суммарный зазор в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма, следует измерять с погрешностью $\pm 3,3\%$. Для этой цели наиболее пригоден преобразователь ДПТ-5 (см. табл. 5.5).

Таблица 5.5

Расчет вероятностных показателей

Модель СИ	Суммарная погрешность СИ и вторичной аппаратуры с учетом дополнительных погрешностей			1	1	К	Й	1	А	*
	2,5	4,5	1,50							
ТД	2,5	4,5	1,50	60	15,0	6,0	0,10	0,206	0,67	0,45
ДТП-5	1,5	2,8	0,93	60	15,0	6,0	0,41	0,332	1,08	1,15
ПТП-21	1,0	2,0	0,66	70	17,5	7,0	0,32	0,485	1,52	2,28
ПД-3	0,5	1,5	0,50	96	24,0	9,5	0,35	0,692	2,00	4,00

5.3. Выбор СИ при динамических измерениях

СИ для динамических измерений, как правило, работают в комплекте с устройствами (датчиками), преобразующими сигналы различной физической природы в электрические

сигналы (ток или напряжение), так как практически вся эта аппаратура фиксирует только электрические сигналы. Причем одно из требований к такой аппаратуре заключается в возможности измерения малых отклонений величин при больших их абсолютных значениях.

Если при измерении статически установившихся процессов точность измерения полностью определяется классом СИ, то при регистрации динамических процессов, изменяющихся во времени, возникает еще ряд причин, влияющих на точность результатов измерения. Например, точность обработки данных существенно зависит от масштаба записи процесса, в том числе и ширины (толщины) записи.

Влияние датчика на режим работы ТС может проявиться по-разному. Если энергия, потребляемая датчиком от объекта, не зависит от режима его работы, то это влияние можно рассматривать как внешнее воздействие — в виде постоянной величины, приложенной к объекту измерения. Это вызовет некоторое изменение измеряемой величины, что войдет в погрешность определения статической характеристики, но не повлияет на результат измерения динамических свойств (так называемое независимое влияние).

Рассмотрим случай, когда количество энергии, потребляемой датчиком от линейного объекта, зависит от значения измеряемой величины:

$$P(P)U = KX + f(U),$$

где $p(P)$ — характеристическое уравнение объекта; K — коэффициент усиления; U — соответственно входной и выходной сигналы; $f(U)$ — воздействие, вызванное влиянием датчика. При малых отклонениях измеряемой величины эту зависимость можно считать линейной

$$O(P)U = KX$$

где $\Delta U = I c_e$ — коэффициент влияния. I и U —

Если мощность объекта во много раз больше мощности, потребляемой измерительным устройством, то величина ΔU становится пренебрежительно малой.

При выборе датчика особое внимание следует уделять его порогу чувствительности, который не должен превышать погрешности измерения. Инерционность датчика также должна быть минимальной. После выбора датчика осуществляется выбор регистрирующей аппаратуры, характеристика которой, как правило, приведена в паспортных данных. Для ориентировочных оценок можно пользоваться данными табл. 5.6.

Таблица 5.6 Рабочие диапазоны частот регистрирующих СИ

Наименование регистрирующих СИ	Пределы частот, Гц	
	нижний	верхний
Автоматические электронные мосты	0	0,15
Магнитоэлектрические осциллографы	0	20-200
Электромагнитные устройства	0-20	10^4 - $2 \cdot 10^4$
Электронные устройства	0-15	25-5-105 и более

Как показано выше, инерционность измерительной системы СИ и измеряемого процесса из-за конечного времени переходного процесса превращения (преобразования) различных видов энергии (механической, топливной, электрической и др.) приводит к динамическим погрешностям измерений. Динамические погрешности наиболее существенны и опасны (в смысле искажения измерительной информации) при измерении быстропеременных процессов. Например, скорость изменения давления в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания достигает $100\ 000$ кгс/см² с ($\sim 10^8$ Па/с), а в топливоподающих трубопроводах дизелей — $500\ 000$ кгс/см² с ($\sim 5 \cdot 10^8$ Па/с). Поэтому важное значение имеет выбор соответствующей аппаратуры для регистрации этих изменений.

Максимальная амплитуда z_{max} отклонения системы при приложении к ней постоянной нагрузки в динамическом режиме отличается от статического $z_{ст}$ на величину амплитудной динамической погрешности измерений:

$$z_{max} = z_{ст} \sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}$$

1

(5.12)

где $X_4 = (\omega/\omega_0)$ — отношение угловых частот вынужденных ω и свободных ω_0 незатухающих колебаний; Z_3 — коэффициент затухания (успокоения, демпфирования колебаний). Фазовая погрешность измерений определяется углом

Соответствующий график этих погрешностей приведен на рис. 5.10, а, и из формул (5.12) и (5.13) следует, что если $L_4=0$, то, независимо от коэффициента затухания P_3 , $M_a = 1$, $\phi = 0$ и динамическая погрешность отсутствует. При $A^{\wedge} = 1$ и $\langle p = 90^\circ$ имеет место резонанс $L/\rho_{рез} = 1/2|Z_3$. При малых значениях P_3 максимальное значение амплитудной погрешности возникает при резонансе, когда $L^{\wedge} = \omega/\omega_0 = 1$.

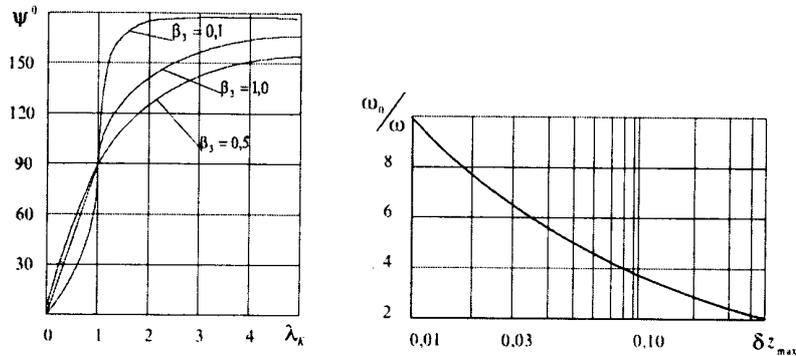


Рис. 5.10. Фазовая (а) и амплитудная (б) динамические погрешности измерений

В зависимости от величины коэффициента затухания величина амплитудной погрешности может быть как больше, так и меньше статической. В частности, если $(Z_3 > 0$, то $L/\rho_{рез} > 0^\circ$ и измерительная система может выйти из строя, а при $\langle - > \infty$ " $L/\rho_{рез} > \infty$ и $\langle p \rightarrow 180^\circ$, т. е. подвижная часть измерительной системы просто перестает реагировать на возмущающую силу.

Таким образом, для уменьшения динамических погрешностей измерения частота свободных колебаний ω_0 подвижной части СИ должна быть возможно более высокой ($L/\rho > 1$ при $\langle - > 0$, а A^{\wedge} при $\omega_0 \ll \omega$). Если требуется, чтобы СИ не реагировало на возмущающую силу, частота ω_0 должна быть возможно низкой ($L/\rho > 0$ при $A_k \rightarrow \infty$), а $A^{\wedge} \rightarrow 0$ при $\omega \rightarrow \infty$.

Поскольку полностью избавиться от динамических погрешностей невозможно, то измерительную систему подбирают по их допускаемой величине. Для этого находят предельную относительную амплитудную погрешность

тах - , л 2

$1-L_k$ и определяют допусаемое соотношение частот

$$\dot{Y}^{\wedge} < \frac{5L_4}{\dots} >$$

которое приведено на рис. 5.10,5.

Из рис. 5.10, # следует, что для получения динамической амплитудной погрешности на уровне 1—2% частота свободных колебаний СИ должна превосходить частоту измерения измеряемой величины в 7—10 раз. На практике достаточные результаты получают при $\omega_0/\omega > 2—3$. Минимальная амплитудная погрешность имеет место при коэффициенте затухания $P_3 = 0,6—0,7$. Фазовая погрешность ϕ при $P_3 = 0,6—0,7$ практически линейно зависит от частоты, поэтому запаздывание выпущенных колебаний подвижной части СИ от изменения измеряемой величины для каждой частоты не зависит от времени.

Таким образом, при выборе СИ для измерения динамических процессов необходимо, чтобы полоса пропускания СИ по максимальной частоте включала полосу пропускания по частоте регистрируемого параметра. При этом желательно, чтобы реализуемая АЧХ процесса не выходила за пределы заштрихованной области (рис. 5.11) по линии О—О. В противном случае, информация о процессе либо будет "срезана" (линия 1—1), либо будут регистрироваться "шумы" — дополнительные колебания, обусловленные влиянием неучтенных факторов (линия 2—2), что приведет к дополнительным неучтенным динамическим погрешностям.

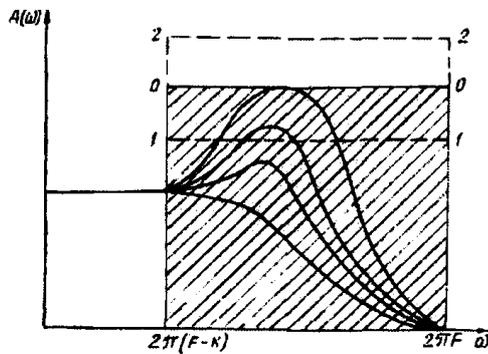


Рис. 5.11. Формирование полосы пропускания СИ

Для простейших измерительных устройств (мембраны, пружины и т. п.) частоту ω_0 можно найти расчетным путем, но точность таких расчетов низка из-за трудностей формулирования граничных условий. Для сложных многосвязных измерительных систем расчетные методы малоприменимы. Поэтому наиболее надежным является опытное определение частоты ω_0 путем динамического тарирования.

При этом часто прибегают к следующим методам.

Первый метод основан на том, что, возбудив систему путем приложения к ней и снятия нагрузки, заставляют подвижную часть системы совершать свободные затухающие колебания с частотой ω'_0 .

Амплитуда этих колебаний

$$A = A_0 e^{-\theta t} \quad (5.15)$$

где A_0 — начальная амплитуда при $t = 0$; T — период колебаний; θ — логарифмический декремент затухания, равный натуральному логарифму отношения двух последовательных максимальных амплитуд, отстоящих на половину периода.

Для повышения точности вычислений при оценке θ используют метод *трех координат*:

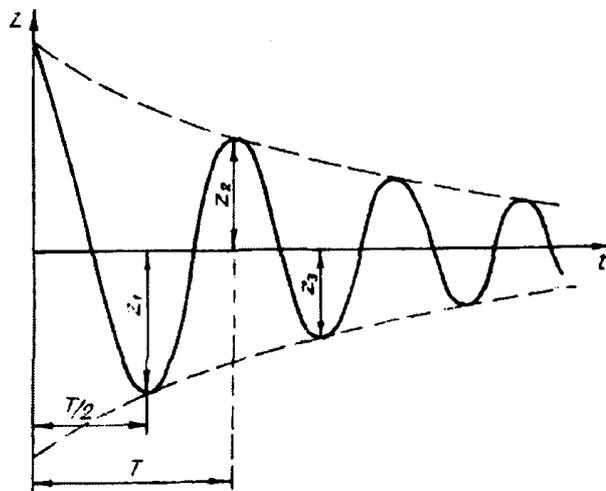


Рис. 5.12. Оценка точности по методу трех координат

где z_1 , z_2 и z_3 — три любые последовательные максимальные ординаты, отстоящие друг от друга на половину периода (рис. 5.12). Тогда коэффициент затухания частота свободных колебаний

$$\theta = \frac{1}{T} \ln \frac{z_1}{z_3} \quad (5-16)$$

Здесь $\omega'_0 = 1/T$ находят по записи типового фактика (см. рис. 5.12). Если запись затруднительна из-за быстрого затухания системы (высокая скорость затухания), то используют другой метод. Он заключается в том, что, возбуждая вынужденные колебания системы с различной частотой, регистрируют максимальные амплитуды и получают резонансную характеристику (рис. 5.13).

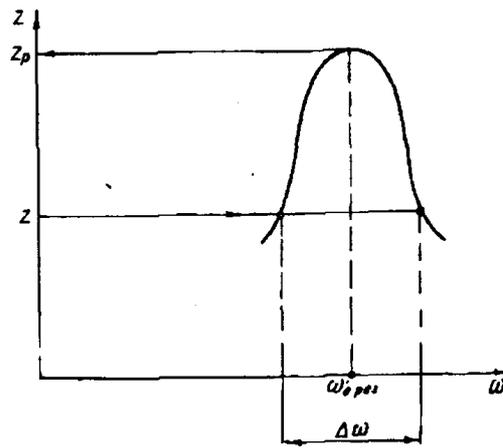


Рис. 5.13. Резонансная характеристика СИ

Определив для этой характеристики произвольную амплитуду $I < 7$, находят разность частот $\Delta\omega$, соответствующую равенству амплитуд на обеих ветвях резонансной кривой. Тогда коэффициент затухания вычисляется по формуле

а частота свободных колебаний определяется по уравнению (5.16). Второй метод проще, так как позволяет использовать стандартные генераторы колебаний (электромагнитные, ультразвуковые и др.). Располагая частотной характеристикой ω_0 СИ или датчика, можно найти частотную погрешность y_{ω} для любого значения частоты ω измеряемого процесса как 1-23Г

При отсутствии успокоения ($\beta=0$), что характерно для датчиков, частотная погрешность $y_{\omega}=(\omega/\omega_0)^2$. (5.17)

Если для измерительных аperiodических (неколебательных) преобразований (например, термопары, термометра сопротивления и т. п.) известна постоянная времени T , то, вычислив так называемую частоту среза частотной характеристики $\omega_c = 1/2\pi T$, частотную погрешность можно оценить как

$$y_{\omega} = -0,5(\omega/\omega_c)^2 \quad (5.18)$$

или

$$y_T = -2(\omega T/\pi)^2, \quad (5.19)$$

где T — период измеряемого процесса.

Пример 5.7. Периодические колебания температуры измеряют с помощью термометра сопротивления с постоянной времени $\tau = 60$ с. Каков рабочий диапазон этого датчика?

Решение. Считая, что динамическая погрешность не должна превышать 5%, по формуле (5.18) находим, что $y_{\omega} = 5\%$ достигается при $T = 20$ мин (соответственно при $T = 30$ мин $y_{\omega} = 2\%$, а при $T = 60$ мин $y_{\omega} = 0,5\%$).

Изложенное относится к случаю синусоидальных колебаний. Если колебания несинусоидальные, то, разложив быстропеременный процесс в гармонический ряд и приняв за ω_c частоту наивысшей гармоники процесса, а за y_{ω} — допускаемую амплитудную погрешность ее регистрации, осуществляют подбор аппаратуры.

Пример 5.8. Для достоверной оценки изменения давления при сгорании топлива в быстроходном двигателе внутреннего сгорания необходима регистрация гармоник до 150-го порядка. Подобрать соответствующую аппаратуру при частоте вращения коленчатого вала $\omega = 2000$ мин⁻¹ с погрешностью $y_{\omega} < 2\%$.

Решение. В случае двухтактного двигателя частота 150-й гармоники составит $\omega = 150 \cdot \omega_{\text{вал}} = 150 \cdot 2000 / 60 = 5000$ рад/с. По рис. 5.10 находим частоту свободных колебаний СИ, которая составит $\omega_0 = (7-10) \cdot 5 = 35-50$ кГц.

Получение столь высоких динамических качеств в механических СИ исключено. Поэтому необходимо использовать электронные измерительные системы.

Динамическую погрешность следует рассматривать как погрешность восстановления реализации входного сигнала по дискретным отсчетам. По теореме Котельникова такое восстановление (практически без погрешности) в интервале частот $0 - \omega_c$ можно осуществить, воспроизведя сигнал, имеющий полосу частот ω_c , через интервал времени $\Delta t = 1/2\omega_c$. Если спектр сигнала начинается не с нуля, а находится в диапазоне $\omega_0 - \omega_c$ (рис. 5.14), то для точного восстановления сигнала необходимо воспроизводить его через интервалы $\Delta t = 1/2(\omega_c - \omega_0)$.

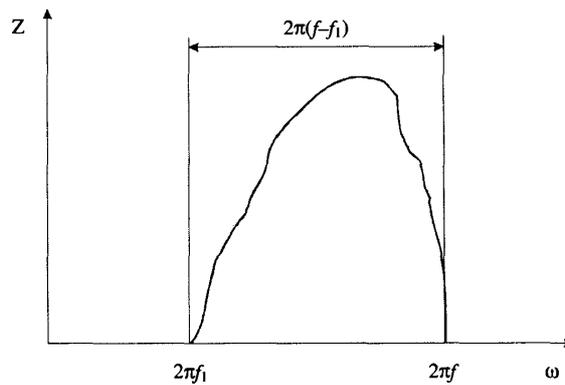


Рис. 5.14. Произвольное расположение спектра сигнала

Другими словами, выбор СИ при динамических измерениях связан с частотой дискретизации сигнала во времени. Возникновение динамических погрешностей при такой дискретизации показано на рис. 5.15.

Из рис. 5.15 видно, что наибольшая погрешность при линейной интерполяции входного сигнала $x(t)$ по точкам регистрации с дискретностью Δt возникает на перегибах кривой (выступах или впадинах), где абсолютная погрешность есть разность между параболой и хордой.

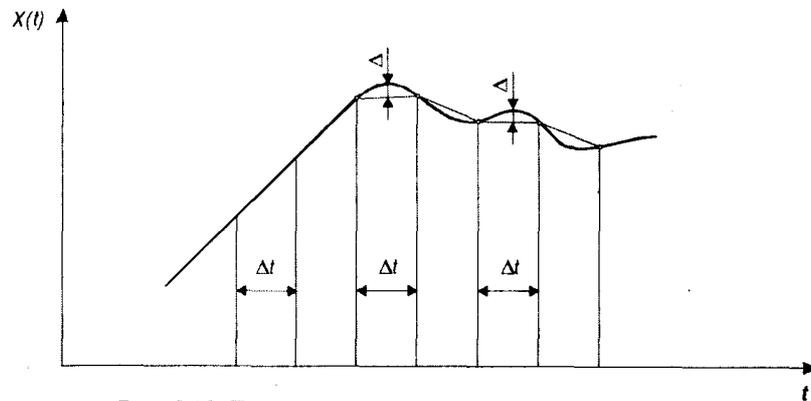


Рис. 5.15. Дискретизация динамической погрешности

Как известно, парабола имеет наибольшее отклонение Δ_i от хорды в середине интервала интерполяции

где $X(t)$ — вторая производная кривизны $x(t)$.

Переходя к приведенному значению погрешности $y_{ш} = \Delta_m / \Delta_{сА}$ (где Δ_m — предел измерений), получим максимально допустимый период дискретизации Δt_0 , при котором динамическая погрешность восстановления не превысит величины $y_{ш}$

В частности, для синусоидального процесса

$$\Delta t_0 = \frac{2\pi}{\omega} \sqrt{\frac{1}{y_{ш}}}$$

а число n точек регистрации процесса за период T составит

$$n = \frac{T}{\Delta t_0} \quad (5.20)$$

По последнему соотношению (5.20) можно оценить взаимосвязь погрешности регистрации с числом точек отсчета за период процесса: для восстановления синусоидального процесса с погрешностью до 1% при равномерной дискретизации необходимо иметь 22 отсчета за период T , а с погрешностью 0,1% — не менее 70. Отсюда можно легко подсчитать минимальный период (или максимальную частоту) процесса, который может быть зарегистрирован с заданной максимальной погрешностью различными СИ. Например, время дискретизации стрелочных СИ определяется временем установления показаний (~4 с) и временем их записи (~2 с), т. е. $\Delta t \sim 6$ с. Динамические погрешности измерительных каналов с аналоговым или цифровым регистратором не суммируются с остальными погрешностями, а лишь ограничивают частотный диапазон измеряемой величины в области ее высоких частот.

Пример 5.9. Оценить рабочий диапазон частот и выбрать СИ для измерения напряжения, снимаемого с реостатного датчика. Основная приведенная погрешность канала — 1,5% на пределе измерения 200 мВ.

Решение. В качестве альтернативных СИ рассмотрим электронный автоматический самопишущий потенциометр класса 0,5 (время прохода регистратором всей шкалы составляет 0,5 с) и цифровой вольтметр класса 0,2/0,1 Ф 203 с перфоратором ПЛ-150, регистрирующий данные измерений с частотой 5 отсчетов в секунду. Стоимость аналогового регистратора ниже стоимости цифрового.

Для аналогового СИ на пределе измерения $x = 200$ мВ при времени прохода всей шкалы 5 с максимальная скорость изменения напряжения во времени составит $x_m = 200\text{мВ}/0,5\text{ с} = 400\text{мВ/с}$. Если абсолютная скорость K изменения поданного на самописец сигнала меньше x_m , то регистрация осуществляется без искажения и динамическая погрешность равна нулю. При $V > x_m$ возникают динамические погрешности, так как прибор не будет успевать отслеживать изменения сигнала, т. е. x_m является ограничителем частотного диапазона потенциометра.

При входном синусоидальном сигнале $x = x_m \sin \omega t$ скорость его изменения $x_m = \omega x_m \cos \omega t$, а максимальное значение этой скорости $x_m = \omega x_m = 2\pi f x_m$. Отсюда граничная частота регистрации

400

2лх,,, 271-200

= 0,32Гц.

Динамическую погрешность цифрового СИ оценим по дискретным отсчетам по формуле (5.20). При периоде дискретизации $D = 1/5 = 0,2$ с расчеты будут выглядеть следующим образом:

Γ	0,05	0,10	0,20	0,27	0,50	7,0%	0,06	0,20	0,80	1,50	5,00
----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

На основании приведенных расчетов видно, что при медленных изменениях сигнала ($\Gamma > 20$ с) частотная погрешность достигает значения основной погрешности канала. Поэтому цифровая регистрация обеспечивает частотный диапазон от 0 до 0,27 Гц, что ниже возможностей аналогового регистратора (0,32 Гц). Таким образом, предпочтение следует отдавать автоматическому самопишущему потенциометру, тем более что стоимость его ниже.

5.4. Выбор ЦСИ по метрологическим характеристикам

Динамические свойства ЦСИ могут влиять на результат измерения в двух случаях: когда с помощью ЦСИ исследуется некоторая зависимость параметра от времени и когда ЦСИ работает с коммутатором измеряемых величин.

Все ЦСИ делятся на две группы: I группа — реагирует на мгновенное значение измеряемой величины (время- и кодоимпульсные СИ); II группа — реагирует на среднее значение измеряемой величины за время преобразования (время- и частотоимпульсные СИ).

При заданном интервале квантования Δ и времени преобразования T_n скорость изменения измеряемой величины не должна превосходить значения

Наличие конечного времени преобразования влечет смещение фиксации точки реализации процесса $x(t)$ по времени, что приводит к динамической погрешности датирования отсчета (иногда ее называют апертурным временем). Механизм возникновения этой погрешности показан на рис. 5.16. Здесь сигналы запуска ЦСИ возникают в моменты t_1, t_2, \dots, t_n . В силу недостаточности времени преобразования $\Gamma_{пр}$ регистрация процесса $x(t)$ осуществляется с некоторым сдвигом D_1, D_2, \dots, D_n , что приводит к возникновению погрешности

$\Delta x_1 =$

$-x(t_2)$

D_1 ;

и т. д. Естественно, из этих погрешностей интерес представляет лишь Δx .

так

При выборе ЦСИ, прежде всего, обращают внимание на число уровней квантования (или число двоичных разрядов n) и быстродействие, обусловленное временем преобразования $\Gamma_{пр}$ (или частотой преобразования $f_{пр} =$

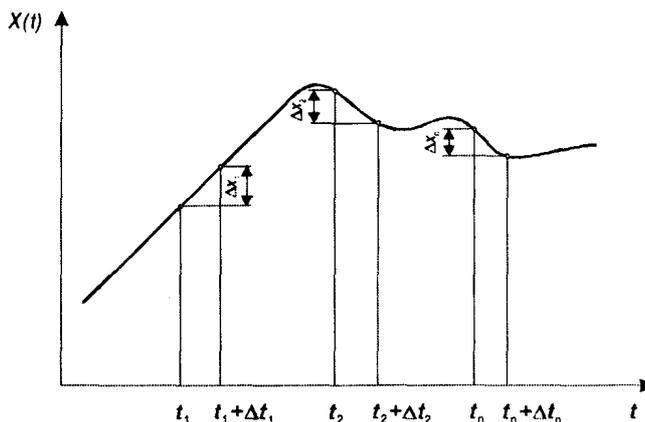


Рис. 5.16. Формирование погрешности датирования

Величины n и $1/\text{пр}$ определяют методическую погрешность ЦСИ — погрешность дискретизации сигнала процесса по уровню и времени. Значение $1/\text{пр}$ является характеристикой уровня совершенства ЦСИ.

При использовании ЦСИ должно соблюдаться условие $1/\text{пр} \cdot c$.

где c — пропускная способность канала передачи данных, бит/с.

При наличии в измерительной цепи коммутатора для опроса, например, датчиков время, отводимое на опрос одного канала, может оказаться ограниченным некоторой величиной T_k . Тогда с учетом времени задержки запуска T_{33} должно быть соблюдено условие

Выбираемые ЦСИ должны отвечать заданному ограничению отношения сигнал/шум. В случае идеальной системы, когда отсутствуют внутренние и внешние источники шума, соотношение сигнал/шум определяется по формуле

$$p_{\text{с}} = 10 \lg \left(\frac{O_{\text{с}}}{O_{\text{ш}}} \right) \text{ дБ}, \quad (5.21)$$

где $O_{\text{с}}$ — мощность (дисперсия) показного сигнала; $O_{\text{ш}} = \sigma^2/2$ — мощность (дисперсия) шума квантования. В реальных системах

$p = 10 \lg \left(\frac{O}{O_{\text{ш}}} \right)$, где O — мощность шума в канале системы до квантователя.

Шум квантования можно снизить, увеличив разрядность ЦСИ. Однако если $O_{\text{ш}} > O$, то уменьшение $O_{\text{ш}}$ не имеет смысла при наличии соотношения

$$\frac{1}{O_{\text{ш}}} \gg \frac{1}{O}, \quad \text{т.е. } 12(2^n - 1)$$

Обозначив $\alpha = \frac{1}{O_{\text{ш}}} \gg \frac{1}{O}$, получим $p = 10 \lg \left(\frac{1}{\alpha} \right)$ дБ.

$$*7 \quad \frac{1}{\alpha} = 10^{p/10} \quad /C - 1$$

На основании этого уравнения построена номограмма рис. 5.17,а, с помощью которой при заданном отношении сигнал/шум и принятом значении K можно определить требования к разрядности ЦСИ.

График на рис. 5.17,б показывает ухудшение динамического диапазона ЦСИ заданной разрядности при увеличении K . При значениях A'' в интервале от 0 до 1 динамический диапазон изменяется незначительно, а при $K > 1$ — происходит резкое его ухудшение.

На рис. 5.18 приведена зависимость погрешности датирования в функции частоты синусоидального сигнала, амплитуда которого равна половине диапазона цифрового измерительного устройства. При пользовании графиками следует иметь в виду, что если допускаемую погрешность преобразования принять равной 2δ , то погрешность датирования отсчетов, полученная по графикам, должна быть увеличена вдвое и т. д.

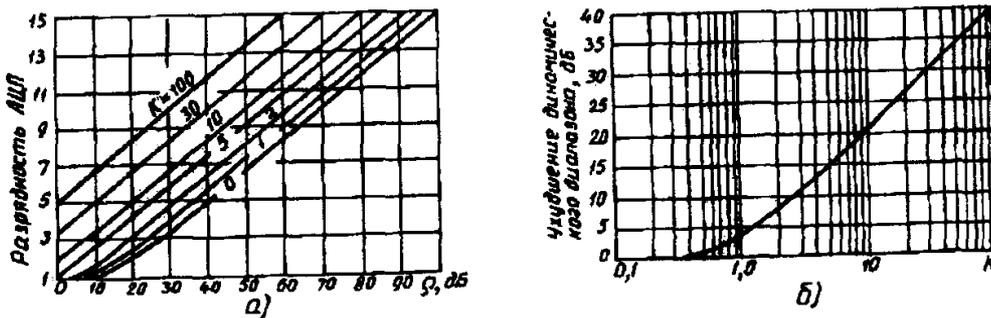


Рис. 5.17. Графики для выбора АЦП

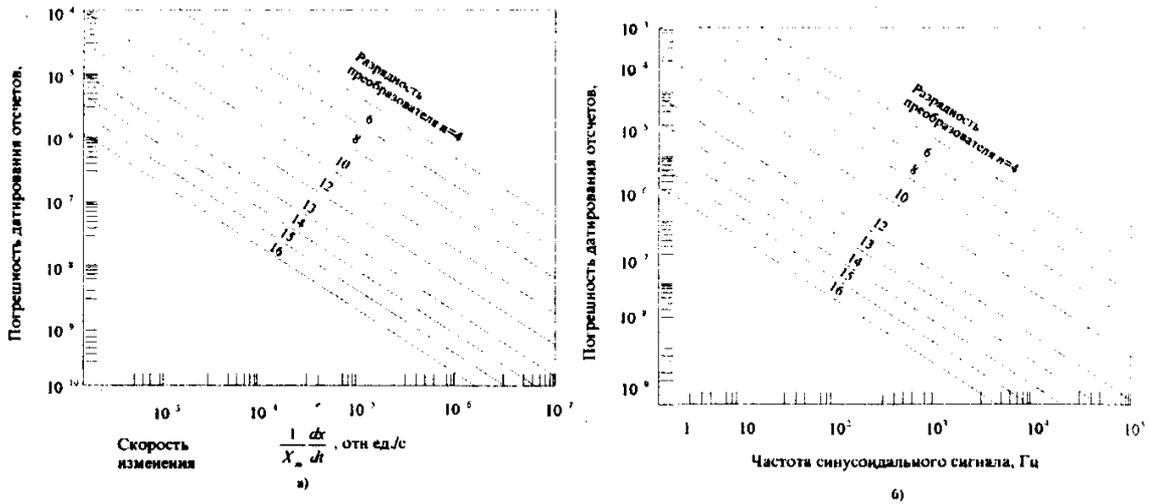


Рис. 5. 18. Графики для выбора АЦП по погрешности датирования отсчетов
 Дисперсия динамической погрешности для ЦСИ с нормированными граничными значениями погрешности датирования отсчетов $T_{8Плп}$ и $T_{8Гтах}$ для сигнала с равномерным спектром частот и верхней граничной частотой P^{\wedge} определяется как

$$T \quad (5.22)$$

По формуле (5.22) построена номограмма (рис. 5.19), позволяющая произвести оценку относительной динамической погрешности преобразования сигнала. Для этого проводится прямая, соединяющая известные значения P^{\wedge} и D_{T_7} . Пересечение этой прямой со шкалой σ_x / o_x дает искомое соотношение СКО динамической погрешности и СКО значений сигнала. Эта номограмма может быть использована и для определения требований к ЦСИ по погрешности датирования.

Пример 5.10. Сигнал с равномерным спектром, имеющим $P^{\wedge} = 100$ Гц, преобразуется ЦСИ. Определить требования к погрешности ЦСИ при условии, что задано отношение $\sigma_{устx} = 0,095\%$.
 Решение. Проведя прямую линию между известными Γ и σ^{\wedge}/o_x по шкале D_{T_7} номограммы (рис. 5.19), находим $D_{T_7} = 1$ мес., в соответствии с которым выбирается нужное ЦСИ.

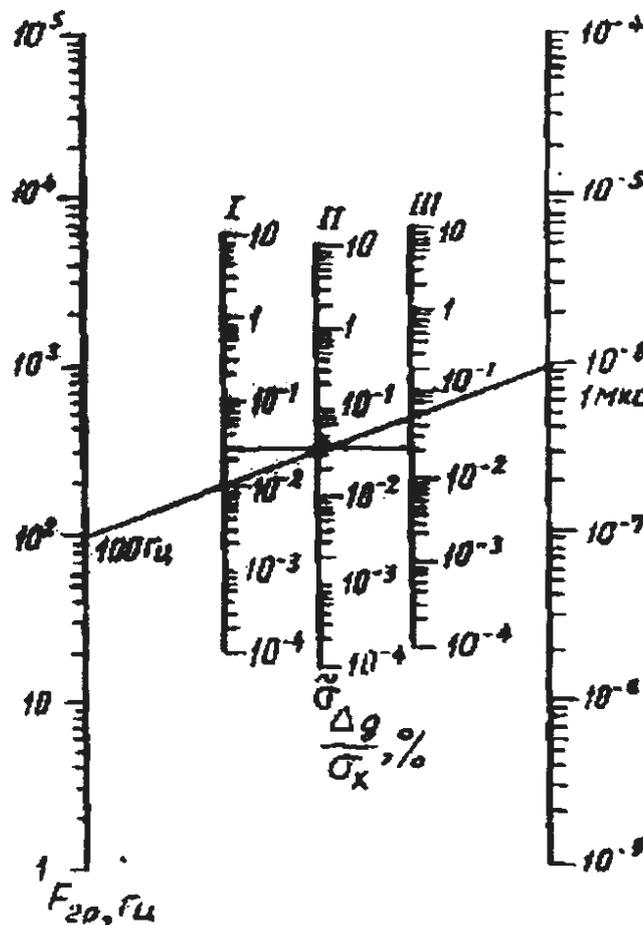


Рис. 5.19. Номограмма для оценки динамической погрешности канала системы при исследовании случайных сигналов

Контрольные вопросы

1. Что такое испытание и чем оно отличается от измерения?
2. Что такое контроль и чем он отличается от измерения? Какие виды контроля существуют?
3. Что такое вероятность ошибок первого и второго рода? Что они характеризуют?
4. В чем состоят основные принципы выбора СИ?
5. Дать характеристику выбора СИ:
 - а) по коэффициенту уточнения;
 - б) по принципу безошибочности контроля;
 - в) по технико-экономическим показателям.
6. В чем заключаются основные особенности выбора СИ при динамических измерениях?
7. В чем состоит специфика выбора цифровых СИ?

ГЛАВА 6. ПРИНЦИПЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

6.1. Основы метрологического обеспечения

Под *метрологическим обеспечением* (МО) понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Основной тенденцией в развитии МО является переход от существовавшей ранее сравнительно узкой задачи обеспечения единства и требуемой точности измерений к принципиально новой задаче обеспечения качества измерений [43]. *Качество измерений* — понятие более широкое, чем точность измерений. Оно характеризует совокупность свойств СИ, обеспечивающих получение в установленный срок результатов измерений с требуемыми точностью (размером допускаемых погрешностей), достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью (см. п. 2.8).

Понятие "метрологическое обеспечение" применяется, как правило, по отношению к измерениям (испытанию, контролю) в целом. В то же время допускают использование термина "метрологическое обеспечение технологического процесса (производства, организации)", подразумевая при этом МО измерений (испытаний или контроля) в данном процессе, производстве, организации.

Объектом МО являются все стадии жизненного цикла (ЖЦ) изделия (продукции) или услуги. Под ЖЦ понимается совокупность последовательных взаимосвязанных процессов создания и изменения состояния продукции от формулирования исходных требований к ней до окончания эксплуатации или потребления.

Так, на стадии разработки продукции для достижения высокого качества изделия производится выбор контролируемых параметров, норм точности, допусков, средств измерения, контроля и испытания. Также осуществляется метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации.

При разработке МО необходимо использовать системный подход, суть которого состоит в рассмотрении указанного обеспечения как совокупности взаимосвязанных процессов, объединенных одной целью — достижением требуемого качества измерений. Такими процессами являются:

- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле качества продукции и управлении процессами;
- технико-экономическое обоснование и выбор СИ, испытаний и контроля и установление их рациональной номенклатуры;
- стандартизация, унификация и агрегатирование используемой контрольно-измерительной техники;
- разработка, внедрение и аттестация современных методик выполнения измерения, испытаний и контроля (МВИ);
- поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного и испытательного оборудования (КИО), применяемого на предприятии;
- контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом КИО, а также за соблюдением метрологических правил и норм на предприятии;
- участие в разработке и внедрении стандартов предприятия;
- внедрение международных, государственных и отраслевых стандартов, а также иных нормативных документов Госстандарта;
- проведение метрологической экспертизы проектов нормативной, конструкторской и технологической документации;

- проведение анализа состояния измерений, разработка на его основе и осуществление мероприятий по совершенствованию МО;
- подготовка работников соответствующих служб и подразделений предприятия к выполнению контрольно-измерительных операций.

Метрологическое обеспечение имеет четыре основы: научную, организационную, нормативную и техническую. Их содержание показано на рис. 6.1. Отдельные аспекты МО рассмотрены в рекомендации МИ 2500—98 по метрологическому обеспечению малых предприятий. Разработка и проведение мероприятий МО возложено на метрологические службы (МС). Метрологическая служба — служба, создаваемая в соответствии с законодательством для выполнения работ по обеспечению единства измерений и осуществления метрологического контроля и надзора.

6.2. Нормативно-правовые основы метрологии

Значимость и ответственность измерений и измерительной информации обуславливают необходимость установления в законодательном порядке комплекса правовых и нормативных актов и положений (рис. 6.2).

Метрологическое обеспечение

Научные основы

Нормативные основы

Технические основы

Метрология

Организационные основы

Государственная мет-рологическая служба

Ведомственная мет-рологическая служба

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)

Системы

- государственных эталонов единиц ФВ
- передачи размеров единиц ФВ от эталонов к рабочим СИ
- разработки, постановки на производство и выпуска рабочих СИ
- государственных испытаний СИ
- государственной поверки и калибровки СИ
- стандартных образцов состава и свойств вещества и материалов
- стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов

Рис. 6.1. Основы метрологического обеспечения

Вся метрологическая деятельность в Российской Федерации основывается на конституционной норме (ст. 71), которая устанавливает, что в федеральном ведении находятся стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени, и закрепляет централизованное руководство основными вопросами законодательной метрологии, такими, как единицы ФВ, эталоны и связанные с ними другие метрологические основы. В развитие этой конституционной нормы приняты законы "Об обеспечении единства измерений" и "О стандартизации", детализирующие основы метрологической деятельности (см. разд. 7.1).

Закон "О стандартизации" устанавливает правовые основы стандартизации в РФ, обязательные для применения, и опреде-

ляет меры государственной защиты интересов потребителей и государства путем разработки и применения нормативных документов по 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.

Конституционная норма по вопросам метрологии

Законы РФ "Об обеспечении единства измерений" и "О стандартизации"

Постановления Правительства РФ

по отдельным вопросам (направлениям)

метрологической деятельности

Нормативные документы Госстандарта России: ГОСТ, РД, МИ, ПР, ПМГ

Рекомендации государственных научных метрологических центров Госстандарта России

Рис. 6.2. Нормативная база обеспечения единства измерений

Основными целями Закона "Об обеспечении единства измерений", принятого в 1993 г., являются:

- установление правовых основ обеспечения единства измерений в РФ;
- регулирование отношений государственных органов управления с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений;
- защита прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики РФ от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;

- содействие прогрессу на основе создания и применения государственных эталонов единиц ФВ;
- гармонизация российской системы измерений с мировой практикой.

Закон закрепляет ряд основных понятий метрологии. Одним из главных является *единство измерений* — состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью. Кроме этого, в Законе даны определения таких понятий, как средство измерений, эталон единицы величины, метрологическая служба, метрологический контроль и надзор, поверка и калибровка средства измерений, сертификат об утверждении типа средств измерений, аккредитация на право поверки средств измерений, лицензия на изготовление (ремонт, продажу, прокат) средств измерений, сертификат о калибровке. Приведенные определения соответствуют официальной терминологии Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ).

Закон устанавливает, что государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений в РФ осуществляет Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России), и определяет его цели, задачи, компетенцию, ответственность и полномочия (см. 6.3.1).

Закон определяет, что в Российской Федерации допускаются к применению единицы ФВ Международной системы единиц, принятой Генеральной конференцией по мерам и весам, рекомендованные МОЗМ. Государственные эталоны единиц величин используются в качестве исходных для передачи их размеров всем средствам измерений данных величин на территории России.

Закон требует, чтобы средства измерений соответствовали условиям эксплуатации и установленным требованиям, разрабатываемым на основе рекомендаций Госстандарта. Решения об отнесении технического устройства к средствам измерений и установлении интервалов между поверками принимает Госстандарт России. Измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками. Порядок разработки и аттестации методик выполнения измерений устанавливает также Госстандарт.

Закон определяет Государственную метрологическую службу и иные государственные службы обеспечения единства измерений, метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц, их задачи и полномочия. Кроме того, он задает виды, полномочия, зоны ответственности и порядок осуществления государственного метрологического контроля и надзора, осуществляемого Государственной метрологической службой Госстандарта России (см. разд. 6.4). В областях, где надзор и контроль не применяются, используются правила и положения, введенные положением *Российской системы калибровки* (см. 6.4.4).

Закон "Об обеспечении единства измерений" укрепляет правовую основу для международного сотрудничества в области метрологии. Положения настоящего Закона были расширены *Государственной системой обеспечения единства измерений* (ГСИ), представляющей собой комплекс нормативных документов межрегионального и межотраслевого уровней, устанавливающих правила, нормы, требования, направленные на достижение и поддержание единства измерений в стране (при требуемой точности), утверждаемых Госстандартом страны. Основными объектами ГСИ являются:

- единицы ФВ;
- государственные эталоны и общесоюзные поверочные схемы;
- методы и средства поверки средств измерений СИ;
- номенклатура и способы нормирования метрологических характеристик (МХ) СИ;
- нормы точности измерений;
- способы выражения и формы представления результатов и показателей точности измерений;
- методики выполнения измерений;
- методики оценки достоверности и формы представления данных о свойствах веществ и материалов;
- требования к стандартным образцам свойств веществ и материалов;
- термины и определения в области метрологии;
- организация и порядок проведения государственных испытаний СИ, поверки и метрологической аттестации СИ и испытательного оборудования; калибровки СИ, метрологической экспертизы нормативно-технической, проектной, конструкторской и

технологической документации, а также экспертизы и данных о свойствах материалов и веществ.

Текущая метрологическая деятельность регламентируется постановлениями Правительства РФ. Наиболее важными из принятых в последнее время постановлений являются следующие:

- Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг (с изменениями от 12 января 1996 г.) (утверждено постановлением Правительства РФ от 12.02.94 №100);
- Положение о порядке создания и правилах пользования федеральным фондом государственных стандартов, общероссийских классификаторов технико-экономической информации, международных (региональных) стандартов, правил, норм и рекомендаций по стандартизации, национальных стандартов зарубежных стран;
- Положение о порядке опубликования государственных стандартов и общероссийских классификаторов технико-экономической информации;
- Положение о государственных научных метрологических центрах;
- Порядок утверждения положений о метрологических службах федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц;
- Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений;
- Положение о метрологическом обеспечении обороны в Российской Федерации;
- Постановление об утверждении положения о Государственном комитете РФ по стандартизации и метрологии (от 07.05.99 № 498).

Для реализации положений законов "Об обеспечении единства измерений" и "О стандартизации", а также постановлений Правительства РФ разрабатываются и принимаются подзаконные акты — *нормативные документы— документы*, устанавливающие правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов (ГОСТ Р 1.12—99).

К нормативным документам по метрологии, действующим на территории России, относятся следующие:

Стандарт— нормативный документ по стандартизации, разработанный на основе консенсуса и принятый признанным органом, в котором устанавливаются для всеобщего и многократного использования правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов, и который направлен на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области (ГОСТ Р 1.12—99). Стандарты основываются на обобщенных результатах науки, техники и практического опыта и направлены на достижение оптимальной пользы для общества. Они делятся на ряд видов.

Государственный стандарт РФ (ГОСТ Р) — национальный стандарт, принятый федеральным органом исполнительной власти по стандартизации или федеральным органом исполнительной власти по строительству.

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

Межгосударственный стандарт (ГОСТ) — региональный стандарт, принятый государствами, присоединившимися к Соглашению о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации (1992 г.) и применяемый ими непосредственно.

Региональный стандарт— стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации и доступный широкому кругу пользователей.

Международный стандарт — стандарт, принятый международной организацией по стандартизации.

Отраслевой стандарт (ОСТ) — стандарт, принятый федеральным органом исполнительной власти в пределах его компетенции.

Стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (СТО) — разрабатываются и принимаются этими общественными объединениями для динамичного распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований и разработок.

Стандарт предприятия (СТП) — стандарт, принятый субъектом хозяйствования. Закон "О стандартизации" говорит, что стандарты предприятий могут разрабатываться и утверждаться предприятиями самостоятельно, исходя из необходимости их применения в целях совершенствования организации и управления производством. Требования стандартов предприятий подлежат обязательному соблюдению другими субъектами хозяйственной дея-

тельности, если в договоре на разработку, производство и поставку продукции, на выполнение работ и оказание услуг сделана ссылка на эти стандарты.

Большое число стандартов, принимаемых у нас в стране и за ее пределами, заставляет приводить некоторые из них в соответствие друг другу, гармонизировать. *Гармонизация стандарта* — это приведение его содержания в соответствие с другим стандартом (как правило, международным) для обеспечения взаимозаменяемости продукции (услуг), взаимного понимания результатов испытаний и информации, содержащейся в стандартах. Соответственно *гармонизированными стандартами* называются стандарты, принятые различными занимающимися стандартизацией органами, распространяющиеся на одни и те же объекты стандартизации и обеспечивающие взаимозаменяемость продукции, процессов и услуг и взаимное понимание результатов испытаний или информации, представляемой в соответствии с этими стандартами. Гармонизации могут быть подвергнуты и иные нормативные документы.

Технические условия (ТУ) — нормативный документ, устанавливающий технические требования, которым должна удовлетворять продукция, процесс или услуга. Технические условия на конкретную продукцию (услугу) утверждаются предприятием-разработчиком, как правило, по согласованию с предприятием-заказчиком (потребителем).

Правила (ПР) по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации представляют собой нормативный документ, устанавливающий обязательные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки, методы выполнения работ в перечисленных выше областях.

Рекомендации (Р) (в том числе и *межгосударственные РМГ*) по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации являются нормативными документами, содержащими добровольные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки, методы выполнения работ, а также рекомендуемые правила выполнения этих работ.

Методические инструкции (МИ) и *руководящие документы* (РД) являются нормативными документами методического содержания, разрабатываются организациями, подведомственными Госстандарту РФ.

Регламент— документ, содержащий обязательные правовые нормы и принятый органом власти. *Технический регламент* представляет собой документ, содержащий технические требования либо непосредственно, либо путем ссылки на стандарт, технические условия и кодекс установившейся практики, либо путем включения содержания этих документов. Под *кодексом установившейся практики* понимается документ, рекомендуемый правилами или процедуры проектирования, изготовления, монтажа, технического обслуживания или эксплуатации оборудования, конструкций или изделий. Кодекс может быть стандартом, его частью или самостоятельным документом.

К техническим регламентам в России относятся:

- законодательные акты и постановления Правительства РФ, содержащие требования, нормы и правила технического характера;
- государственные стандарты РФ в части обязательных требований;
- нормы и правила федеральных органов исполнительной власти, в компетенцию которых в соответствии с законодательством РФ входит установление обязательных требований.

6.3. Метрологические службы и организации

6.3.1. Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии

Государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений в РФ осуществляет Комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии (*Госстандарт России*). Он является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим межотраслевую координацию, а также функциональное регулирование в области стандартизации, метрологии и сертификации (СМС). В своей деятельности он руководствуется Конституцией РФ, федеральными законами, указами и распоряжениями Президента РФ, постановлениями и распоряжениями Правительства РФ, а также Положением о Государственном комитете Российской Федерации по стандартизации и метрологии.

Госстандарт осуществляет деятельность непосредственно и через находящиеся в его ведении территориальные центры СМС, а также через государственных инспекторов по надзору за государственными стандартами и обеспечению единства измерений.

В ведении Госстандарта России находятся:

- *Государственная метрологическая служба* (ГМС) (см. 6.3.2).

- *Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ)* — сеть организаций, несущих ответственность за воспроизведение и хранение единиц времени и частоты и передачу их размеров, а также за обеспечение потребителей в народном хозяйстве информацией о точном времени, за выполнение измерений времени и частоты в установленных единицах и шкалах.
- *Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО)* — сеть организаций, несущих ответственность за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов с целью обеспечения единства измерений.
- *Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД)* — сеть организаций, несущих ответственность за получение и информационное обеспечение заинтересованных лиц данными о физических константах и свойствах веществ и материалов, основанных на исследованиях и высокочастотных измерениях.

Основные задачи Госстандарта России в области метрологии:

- реализация государственной политики в сфере СМС, установления и использования стандартов, эталонов и единиц величин и исчисления времени;
- осуществление мер по защите прав потребителей и интересов государства в области контроля за соблюдением требований безопасности товаров (работ, услуг);
- обеспечение функционирования и развития систем стандартизации, обеспечения единства измерений, сертификации, аккредитации и научно-технической информации в этих областях, а также их гармонизация с международными и национальными системами зарубежных стран;
- организация и проведение государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации за сертифицированной продукцией, а также государственного метрологического контроля и надзора;
- формирование совместно с федеральными органами исполнительной власти федеральных информационных ресурсов и инфраструктуры СМС, аккредитации, качества и классификации технико-экономической информации.

Для решения этих задач Госстандарт России:

1. Разрабатывает предложения по приоритетным направлениям развития работ по СМС, их научному, правовому, организационно-техническому, методическому, финансовому и информационному обеспечению, а также по преодолению "технических барьеров" во внешней торговле.
2. Принимает участие в разработке прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации, федеральных целевых программ по СМС; выступает государственным заказчиком этих программ, участвует в формировании и реализации иных федеральных и межгосударственных целевых программ в части их нормативного обеспечения качества и метрологического обеспечения.
3. Рассматривает, оценивает и подготавливает заключения по проектам федеральных целевых программ.
4. Разрабатывает и вносит в установленном порядке в Правительство РФ проекты федеральных законов и иных нормативных правовых актов по вопросам СМС, дает по ним заключения.
5. Организует выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в закрепленных областях деятельности, а также устанавливает правила проведения работ по СМС и аккредитации, государственному контролю и надзору в подведомственных областях, осуществляет методическое руководство этими работами.
6. Организует проведение работ по межведомственной унификации продукции, методов контроля, испытаний и испытательного оборудования.
7. Формирует технические комитеты по стандартизации для разработки стандартов, осуществляет методическое руководство и координацию их деятельности. Принимает и вводит в действие государственные стандарты Российской Федерации и общероссийские классификаторы, проводит экспертизу проектов государственных стандартов и других нормативных документов в области СМС и аккредитации на соответствие федеральному законодательству.
8. Устанавливает общетехнические нормы и правила, обеспечивающие техническую и информационную совместимость при разработке, эксплуатации и использовании продукции, а

также совместимость требований на общепромышленную продукцию с нуждами обороны страны.

9. Устанавливает правила применения в Российской Федерации международных стандартов, национальных стандартов, правил, норм и рекомендаций по СМС, аккредитации и качеству зарубежных стран. Осуществляет государственную регистрацию нормативных документов по СМС и аккредитации.

10. Устанавливает правила создания, утверждения, хранения и применения эталонов единиц физических величин, а также утверждает их государственные эталоны и обеспечивает хранение последних. Развивает государственную эталонную базу, вносит в Правительство РФ предложения по утверждению единиц величин, допускаемых к применению в стране.

11. Утверждает перечни групп СИ, подлежащих поверке; принимает решение об отнесении технического устройства к СИ; устанавливает правила представления СИ на поверку и испытания, а также интервалы между поверками; проводит поверку и испытания, утверждает типы СИ; ведет Государственный реестр средств измерений, допущенных к применению на территории Российской Федерации, осуществляет публикацию официальной информации об утверждении типа СИ. Также устанавливает правила выполнения поверочных и калибровочных работ, аккредитации метрологических служб юридических лиц на право выполнения этих работ и выдачу сертификатов утверждения типа средств измерений, калибровки или нанесения калибровочного знака.

12. Проводит государственную регистрацию систем сертификации и знаков соответствия, действующих в Российской Федерации, аккредитованных органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий (центров); публикует официальную информацию о них и представляет информацию в установленном порядке в международные и региональные организации по сертификации; ведет Государственный реестр по сертификации и аккредитации и осуществляет архивное хранение материалов по государственной регистрации.

13. Осуществляет работу по подтверждению соответствия (в том числе сертификации); определяет в установленном порядке номенклатуру продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации; создает системы сертификации, определяет формы сертификации, аккредитует юридические лица в качестве органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров); устанавливает правила признания зарубежных сертификатов, знаков соответствия и результатов испытаний; ведет государственный реестр участников и объектов сертификации; устанавливает правила проведения инспекционного контроля за соблюдением правил обязательной сертификации и сертифицированной продукцией; рассматривает апелляции по вопросам сертификации.

14. Осуществляет содействие в организации работ по стандартизации и сертификации продукции и услуг, по разработке систем качества, а также содействию в проведении работ по обеспечению единства измерений, унификации изделий.

15. Готовит предложения о присоединении к международным системам стандартизации и обеспечения единства измерений, сертификации и аккредитации; заключает соглашения с соответствующими организациями зарубежных стран о взаимном признании результатов сертификации.

16. Участвует в работе международных организаций, комиссий, занимающихся вопросами СМС, аккредитации и качества; сотрудничает с зарубежными национальными органами по СМС, аккредитации и качеству; в качестве национального органа Российской Федерации осуществляет членство в международных организациях и координирует работу федеральных органов исполнительной власти по проведению согласованной политики в этих организациях.

17. Устанавливает порядок осуществления государственного надзора за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации, государственного метрологического контроля и надзора, а также организует проведение указанного контроля и надзора.

18. Создает и ведет федеральный фонд государственных стандартов и общероссийских классификаторов, международных стандартов и национальных стандартов зарубежных стран, правил, норм и рекомендаций по СМС. Обеспечивает создание, актуализацию и использование баз данных нормативных документов, общероссийских классификаторов, научно-технической терминологии, каталогизации продукции и информации в области СМС, аккредитации, государственного контроля и надзора.

19. Осуществляет официальное опубликование и распространение государственных стандартов Российской Федерации, стандартных справочных данных о составе и свойствах веществ и материалов, нормативных документов по СМС, аккредитации, а также указателей стандартов, перечней допущенных к применению средств измерений, стандартов и рекомендаций международных организаций, национальных стандартов зарубежных стран, используемых в стране в соответствии с международными договорами.

20. Устанавливает правила аккредитации и выдачи разрешений (лицензий) на проведение определенных видов работ по обязательной сертификации (лицензий на применение знака соответствия); выдает и аннулирует разрешения (лицензии) на проведение определенных видов работ по обязательной сертификации аккредитованным им органам по сертификации и испытательным лабораториям (центрам); осуществляет полномочия по лицензированию деятельности центров обязательной сертификации и испытательных лабораторий (центров) в области обязательной сертификации.

21. Определяет порядок лицензирования деятельности юридических и физических лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений.

22. Устанавливает порядок маркирования знаком соответствия государственным стандартам продукции и услуг, а также порядок выдачи лицензий на деятельность по маркированию этим знаком продукции и услуг; ведет Государственный реестр продукции и услуг, маркированных знаком соответствия государственным стандартам. 23. Выполняет функции федерального ведомственного органа управления образованием по вопросам СМС и аккредитации; осуществляет методическое руководство обучением в этих областях, определяет требования к уровню квалификации и компетентности персонала. Организует подготовку, переподготовку и повышение квалификации специалистов по вопросам СМС, аккредитации, систем качества, испытаний, государственного контроля и надзора.

6.3.2. Государственная метрологическая служба

Государственная метрологическая служба (ГМС) несет ответственность за метрологическое обеспечение измерений в стране на межотраслевом уровне и осуществляет государственный метрологический контроль и надзор. В состав ГМС входят:

- государственные научные метрологические центры (ГНМЦ), метрологические научно-исследовательские институты, несущие в соответствии с законодательством ответственность за создание, хранение и применение государственных эталонов и разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений в закреплённом виде измерений;
- органы ГМС на территории республик в составе РФ, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга. Основная деятельность органов ГМС направлена на обеспечение единства измерений в стране. Она включает создание государственных и вторичных эталонов, разработку систем передачи размеров единиц ФВ рабочим СИ, государственный надзор за производством, состоянием, применением, ремонтом СИ, метрологическую экспертизу документации и важнейших видов продукции, методическое руководство МС юридических лиц. Руководство ГМС осуществляет Госстандарт.

Государственные научные метрологические центры (ГНМЦ) образуются из числа находящихся в ведении Госстандарта предприятий и организаций или их структурных подразделений, выполняющих работы по созданию, совершенствованию, хранению и применению государственных эталонов единиц величин, а также ведущих разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений и имеющих высококвалифицированные научные кадры.

Присвоение конкретному предприятию, организации статуса ГНМЦ не изменяет формы собственности и организационно-правовой формы, а означает отнесение их к категории объектов, предполагающей особые формы государственной поддержки. Основные функции ГНМЦ:

- создание, совершенствование, хранение и применение государственных эталонов единиц величин;
- выполнение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области метрологии, в том числе по созданию уникальных опытно-экспериментальных установок, шкал и исходных мер для обеспечения единства измерений;
- передача размеров единиц величин от государственных эталонов исходным;
- проведение государственных испытаний средств измерений;
- разработка оборудования, необходимого для оснащения органов ГМС;
- разработка и совершенствование научных, нормативных, организационных и экономических основ деятельности по обеспечению единства измерений в соответствии со специализацией;
- взаимодействие с МС федеральных органов исполнительной власти, предприятий и организаций, являющихся юридическими лицами;
- информационное обеспечение предприятий и организаций по вопросам единства измерений;

- проведение работ, связанных с деятельностью ГСВЧ, ГСССД и ГССО;
- проведение экспертизы разделов МО федеральных и иных программ;
- проведение метрологической экспертизы и измерений по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда и федеральных органов исполнительной власти;
- подготовка и переподготовка высококвалифицированных кадров;
- участие в сличении государственных эталонов с национальными эталонами других стран, разработке международных норм и правил.

Деятельность ГНМЦ регламентируется постановлением Правительства Российской Федерации от 12.02.94 № 100.

6.3.3. Метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц

В соответствии с Законом "Об обеспечении единства измерений" на предприятии для обеспечения МО может быть создана метрологическая служба во главе с представителем администрации, обладающим соответствующими знаниями и полномочиями. При выполнении работ в сферах, предусмотренных ст. 13 указанного Закона, создание МС является обязательным. К таким сферам деятельности относятся:

- здравоохранение, ветеринария, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом, в том числе операции с применением игровых автоматов и устройств;
- государственные учетные операции;
- оборона государства;
- геодезические и гидрометеорологические работы;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством РФ;
- испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов РФ;
- обязательная сертификация продукции и услуг;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления РФ;
- регистрация национальных и международных спортивных рекордов.

Метрологическая служба создается для научно-технического и организационно-методического руководства работами по МО в соответствии с Положением о МС, которое разрабатывается по правилам, изложенным в ПР 50—732—93. Этот документ определяет структуру МС и ее звеньев, их задачи, обязанности и права.

Метрологическая служба государственного органа управления может включать:

- структурные подразделения главного метролога в центральном аппарате государственного органа;
- головные и базовые организации МС в отраслях и подотраслях, назначаемые органом управления;
- МС предприятий, объединений, организаций и учреждений. Метрологическая служба юридических лиц — самостоятельные

структурные подразделения, в состав которых могут входить калибровочные и поверочные лаборатории, а также подразделения по ремонту СИ. МС должны быть аккредитованы органами Госстандарта в соответствии с ПР 50.2.013—97, где регламентирован порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов.

При *аккредитации* проверке подлежит наличие условий, обеспечивающих техническую компетентность МС в реализации возложенных на нее функций в области обеспечения единства измерений. Условия аккредитации предполагают наличие:

- оборудования, необходимого для проведения работы в области аккредитации;
- нормативных документов ГСИ и других нормативных документов в области аккредитации;
- достаточного по количеству и квалификации (в области аккредитации) персонала;
- помещений для проведения метрологических работ. Аккредитация проводится на срок, не превышающий пяти лет.

Регистрацию аккредитованных МС юридических лиц осуществляет

ВНИИМС.

6.3.4. Международные метрологические организации

В 1875 г. семнадцать государств, в том числе и Россия, подписали Метрическую конвенцию, к которой в настоящее время присоединились 48 стран. Конвенция устанавливает международное сотрудничество стран, ее подписавших. Для этого было создано *Международное бюро мер и весов* (МБМВ) (*Bureau International des Poids et Mesures*) (Зек Рогёз е! Мезигев), находящееся в г. Севре близ Парижа. Задача МБМВ состоит в том, чтобы гарантировать международную однородность измерений и их соответствие Международной системе единиц СИ. С этой целью создана единая для всех государств система передачи размеров единиц ФВ системы СИ. Эта задача многогранна и решается путем либо прямого распространения эталонов (как в случае массы), либо координацией через международные сравнения национальных эталонов (как в длине, электричестве, радиометрии). Бюро выполняет исследования, связанные с измерениями, организует международные сравнения национальных эталонов и выполняет калибровки для государств-членов. В МБМВ хранятся международные прототипы ряда мер и эталоны единиц некоторых физических величин.

Деятельность МБМВ финансируется совместно государствами-членами Метрической конвенции. В соответствии с конвенцией для осуществления руководства Деятельностью МБМВ был учрежден *Международный комитет меры весов* (МКМВ) (*Comité International de l'Étalon de la Masse*) (Зек Рок1§ е! Мезигез), который подготовлен *Генеральной конференцией мер и весов* (ГКМВ) (*Conférence Générale des Poids et Mesures*) (Зек Рок1§ е! Мезигез). Последняя выбирает членов МКМВ на периодических (раз в 4 года) собраниях представителей правительств государств-членов. Сейчас при МКМВ действуют семь консультативных комитетов: по определению единиц длины, массы, времени, электрических величин, единиц фотометрии и радиометрии, по единицам ионизирующих излучений и единицам для измерения химических величин.

Отметим, что МБМВ и МКМВ работают в тесном сотрудничестве с международными метрологическими организациями. Особенно близкие связи установлены с Международной организацией законодательной метрологии (МОЗМ) и Международной организацией по стандартизации (ИСО) в лице ее технического комитета ИСО/ТС 12 "Величины, единицы, обозначения и переводные множители". Осуществляется также взаимодействие с Международной электротехнической комиссией (МЭК) и рядом других международных организаций. Члены МБМВ участвуют в работе международных организаций через членство различных комитетов этих организаций. Участвуя в многочисленных международных встречах и конференциях, члены МБМВ играют важную роль в координации международных измерений.

МБМВ совместно с международными организациями разработала и опубликовала "Руководство для выражения неопределенности измерений" [27] и "Международный словарь основных и общих метрологических терминов" (УИМ).

В МБМВ Россия представлена ГП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева и ГП ВНИФТРИ.

Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) (*International Organization of Legal Metrology*) была создана в 1955 г. для обеспечения всеобщей гармонизации законодательных процедур метрологии и установления взаимного доверия к результатам измерений, проводимых в странах—членах Метрической конвенции. Это межправительственная организация, в которую входят действительные члены — страны, активно участвующие в ее работе, и члены-корреспонденты — страны, являющиеся наблюдателями. В настоящее время МОЗМ объединяет более 80 государств.

Высшим органом МОЗМ является Международная конференция законодательной метрологии, которая собирается раз в 4 года. Решения МОЗМ носят рекомендательный характер, и их исполнение зависит от воли конкретного государства. Она издает международные документы (МД), предназначенные для его рабочих органов, и рекомендации (МР), которые адресованы странам-членам. В Российской Федерации указанные документы хранятся в ВНИИМС.

Отметим, что МОЗМ активно участвует в работе таких организаций, как ИСО, МБМВ, и других. Россию в МОЗМ представляет Госстандарт.

Международная организация по стандартизации (ИСО) (*International Organization for Standardization*) была создана в 1946 г. двадцатью пятью национальными организациями по стандартизации, в том числе и СССР. Россия стала членом ИСО как правопреемник последнего. Членами ИСО являются национальные организации по стандартизации стран мира. В начале 2000 г. членами ИСО были 135 стран.

Сфера деятельности ИСО распространяется на все области, кроме электротехники и электроники, стандартизацией которых занимается МЭК. В некоторых областях эти две организации действуют совместно. Главной задачей ИСО является содействие развитию:

(«стандартизации, метрологии и сертификации с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами;

- сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях.

(Стандарты ИСО широко используются в мире, их число в настоящее время превышает 12 тыс., причем ежегодно принимаются или пересматриваются около тысячи стандартов. Они не являются обязательными для применения странами—членами ИСО. Решение об их применении связано со степенью участия конкретной страны в международном разделении труда и состоянием ее внешней торговли. В России в настоящее время идет активный процесс внедрения стандартов ИСО в национальную систему стандартизации.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) (International Electrotechnical Commission) создана в 1906 г. После Второй мировой войны МЭК стала автономной организацией в составе ИСО. Основная цель создания МЭК аналогична цели ИСО — содействие международному сотрудничеству по стандартизации, метрологии и сертификации в области электротехники и радиотехники путем разработки международных стандартов.

Большинство стран — членом МЭК представлены своими национальными органами по стандартизации (Россию представляет Госстандарт). Активное сотрудничество МЭК с ИСО выражается в публикации руководств и директив ИСО/МЭК по актуальным вопросам стандартизации, сертификации и аккредитации испытательных лабораторий. Непосредственно МЭК принято более 2 тыс. международных стандартов, которые отличаются от стандартов ИСО большей конкретизацией требований к объектам.

Отдельными вопросами метрологии занимаются такие международные организации, как Международная конференция по измерительной технике и приборостроению (ИМЕКО), Международный консультативный комитет по радиосвязи (МККР), Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии (МККТТ), Международная организация гражданской авиации, Международный телекоммуникационный союз (ИТШ), Международный астрономический союз (ИАИ), Международный союз геодезии и географии и др.

В рамках СНГ вопросы стандартизации, сертификации и метрологии решаются в соответствии с межправительственным документом Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации (1992). На его основе создан Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации СНГ, где представлены все национальные организации по стандартизации, метрологии и сертификации этих стран. Он признан ИСО региональной организацией по стандартизации стран СНГ.

Совет ведет большую работу по стандартизации и сертификации различных продукции и услуг. Стандарты и иная нормативная документация, разработанная им, распространяется в странах СНГ. Этот процесс проводится в соответствии с правилами ПМГ 04—94 и ПМГ 05-94.

6.4. Государственный метрологический надзор и контроль

6.4.1. Понятие о надзоре и контроле

Метрологический контроль и надзор — деятельность, осуществляемая органом ГМС (государственный контроль и надзор) или МС юридического лица для проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

Метрологические службы юридических лиц осуществляют метрологический контроль и надзор путем:

- калибровки средств измерений;
- надзора за состоянием и применением СИ, аттестованными МВИ, эталонами единиц величин, применяемыми для калибровки СИ, соблюдением метрологических правил и норм, нормативных документов по обеспечению единства измерений;
- выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических правил и норм;
- проверки своевременности представления СИ на испытания в целях утверждения типа, а также на поверку и калибровку.

Аккредитация МС юридических лиц на право проведения надзора осуществляется в соответствии с рекомендациями МИ 2492—98.

Государственный метрологический контроль и надзор, осуществляемые с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм, распространяются на жизненно важные для государства сферы деятельности, перечисленные в ст. 13 Закона "Об обеспечении единства измерений" (см. 6.3.2).

Государственный метрологический контроль включает:

- утверждение типа средств измерений (см. 6.4.2);
- поверку средств измерений, в том числе эталонов (см. 6.4.3);
- лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений.

Государственный метрологический надзор осуществляется:

- за выпуском, состоянием и применением СИ, аттестованными МВИ, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм на предприятиях, деятельность которых относится к сферам, определенным ст. 13 указанного Закона;
- за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций. Этот вид надзора проводится в целях определения массы, объема, расхода или других величин, характеризующих количество товаров. Порядок проведения устанавливается Госстандартом в соответствии с законодательством РФ;
- за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже. Он осуществляется в тех случаях, когда содержимое упаковки не может быть изменено без вскрытия или деформации, а масса, объем, длина, площадь или иные величины, указывающие количество содержащегося в упаковке товара, обозначены на упаковке. Порядок проведения указанного вида государственного метрологического надзора устанавливает Госстандарт в соответствии с законодательством РФ. Первый вид надзора проводится в соответствии с правилами ПР 50.2.002—94. Основными задачами надзора является определение соответствия выпускаемых СИ утвержденному типу; состояния и правильности применения СИ; наличия и правильности применения аттестованных МВИ, а также контроль соблюдения метрологических правил и норм в соответствии с действующими нормативными документами.

Результаты каждой проверки оформляются соответствующим актом, в котором отражается состояние дел по всем вопросам проверки и раскрываются причины выявленных нарушений метрологических правил и норм. Акт проверки передается руководству проверенного предприятия, а копия — органу ГМС и заинтересованным организациям. Руководитель проверенного предприятия на основе акта проверки утверждает план организационно-технических мероприятий, направленных на устранение выявленных нарушений.

Проверки проводят должностные лица Госстандарта России — главные государственные инспекторы и государственные инспекторы по обеспечению единства измерений, действующие на соответствующих территориях и аттестованные в установленном порядке. Государственные инспекторы при предъявлении служебного удостоверения вправе беспрепятственно:

- посещать объекты, где эксплуатируются, производятся, ремонтируются, продаются, содержатся или хранятся СИ независимо от подчиненности и форм собственности этих объектов;
- проверять соответствие используемых единиц величин допущенным к применению;
- поверять средства измерения — их состояние и условия применения, а также соответствие утвержденному типу;
- проверять применение аттестованных МВИ, состояние эталонов, используемых для поверки СИ;
- проверять количество товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций;
- отбирать образцы продукции и товаров, а также фасованные товары в упаковках любого вида для осуществления надзора;
- использовать технические средства и привлекать персонал объекта, подвергаемого государственному метрологическому контролю и надзору.

При выявлении нарушений метрологических правил и норм государственный инспектор имеет право:

- запрещать применение и выпуск СИ неутвержденных типов или не соответствующих утвержденному типу, а также неуполномоченных;
- гасить поверительные клейма или аннулировать свидетельство о поверке, если СИ дает неправильные показания или просрочена дата очередной поверки;
- при необходимости изымать СИ из эксплуатации;
- представлять предложения по аннулированию лицензии на изготовление, ремонт, продажу и прокат СИ в случаях нарушения требований к этим видам деятельности;
- давать обязательные предписания и устанавливать сроки устранения нарушений метрологических правил и норм;
- составлять протоколы о нарушении метрологических правил и норм.

Государственные инспекторы обязаны строго соблюдать законодательство РФ и нормативные документы ГСИ. За невыполнение или ненадлежащее выполнение должностных обязанностей, превышение полномочий и за иные нарушения, включая разглашение

государственной или коммерческой тайны, они могут быть привлечены к ответственности в соответствии с законодательством РФ.

6.4.2. Государственные испытания средств измерений

В сферах распространения государственного метрологического контроля средства измерения подвергаются обязательным испытаниям с последующим утверждением их типа. Порядок проведения испытаний и утверждения типа СИ включает:

- испытания СИ с целью утверждения их типа. *Утверждение типа СИ* — правовой акт ГМС, заключающийся в признании типа СИ пригодным в стране для серийного выпуска;
- принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию и выдачу соответствующего сертификата;
- испытания СИ на соответствие утвержденному типу. Соответствие утвержденному типу СИ — правовой акт ГМС, заключающийся в признании соответствия выпускаемых серийно СИ ранее утвержденному типу;
- признание утвержденного типа или результатов испытаний СИ, проведенных компетентными органами зарубежных стран;
- информационное обслуживание потребителей измерительной техники.

Указанные испытания проводят ГНМЦ и иные специализированные организации, аккредитованные в качестве государственных центров испытаний (ГЦИ) средств измерения. Испытания образцов СИ проводятся в установленном Госстандартом России порядке, приведенном в правилах ПР 50.2.009—94. Испытания СИ с целью утверждения их типа проводят по утвержденной ГЦИ программе, которая должна содержать следующие разделы:

- рассмотрение технической документации;
- экспериментальное исследование СИ;
- оформление результатов испытаний.

Требования к программам изложены в рекомендации МИ 2146—98.

В ходе испытаний необходимо проверить соответствие документации и характеристик СИ требованиям задания на его разработку, технические условия и нормативные документы на них, включая методики поверки. Решение об утверждении типа СИ принимает Госстандарт России по результатам испытаний и удостоверяет сертификатом, срок действия которого устанавливают при выдаче. Утвержденный тип СИ вносится в Государственный реестр СИ, который ведет Госстандарт в соответствии с правилами ПР 50.1.011—94. Информация об утверждении типа СИ и решение о его отмене публикуется в официальных изданиях Госстандарта. На СИ утвержденного типа и на эксплуатационные документы, сопровождающие каждый экземпляр, наносится знак утверждения типа установленной формы.

Соответствие средств измерений утвержденному типу на территории РФ контролируют органы ГМС по месту расположения изготовителей или пользователей. Контроль осуществляется путем испытаний отобранных образцов СИ, проводимых по утвержденной ГЦИ программе.

Испытания на соответствие СИ утвержденному типу проводят:

- при наличии информации от потребителей об ухудшении качества выпускаемых или импортируемых СИ;
- при внесении в их конструкцию или технологию изменений, влияющих на их нормированные МХ;
- при истечении срока действия сертификата об утверждении типа

По результатам испытаний составляют акт, который направляют во ВНИИМС.

6.4.3. Поверка средств измерений

Поверка средства измерений — это установление органом ГМС (другими уполномоченными на то организациями) пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых МХ и подтверждение их соответствия установленным обязательным требованиям.

По действующему законодательству СИ, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, должны подвергаться поверке при выпуске из производства или после ремонта, при ввозе по импорту и в процессе эксплуатации. Перечни групп СИ, подлежащих поверке, утверждает Госстандарт России в соответствии с МИ 2273—93, а требования к организации и проведению поверки СИ устанавливают правила ПР 50.2.006—94. Поверка производится в соответствии с нормативными документами, утверждаемыми по результатам испытаний.

Результатом поверки является:

- подтверждение пригодности СИ к применению. В этом случае на него и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и (или) выдается Свидетельство о поверке. *Поверительное клеймо* — знак установленной формы, наносимый на СИ, признанные в

результате их поверки годными к применению. Правила использования клейм описаны в ПР 50.2.007—94;

- признание СИ непригодным к использованию. В этом случае оттиск поверительного клейма и (или) Свидетельство о поверке аннулируются и выписывается Свидетельство о непригодности. Форма клейма и Свидетельства о поверке, порядок нанесения поверительного клейма устанавливает Госстандарт России.

Средства измерения подвергаются первичной, периодической, внеочередной, инспекционной и экспертной поверкам.

Первичная поверка проводится при выпуске СИ из производства или после ремонта, а также при ввозе СИ из-за границы партиями. Такой поверке подвергается, как правило, каждый экземпляр СИ.

Периодическая поверка выполняется через установленные интервалы времени (межповерочные интервалы). Ей подвергаются СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении. Конкретные перечни СИ, подлежащих поверке, составляют их владельцы —юридические и физические лица. Органы ГМС в процессе надзора за соблюдением метрологических норм и правил проверяют правильность составления этих перечней.

Периодическую поверку должен проходить каждый экземпляр СИ. Исключения могут составлять СИ, находящиеся на длительном хранении. Результаты такой поверки действительны в течение межповерочного интервала. Первый интервал устанавливается при утверждении типа СИ, последующие определяются на основе различных критериев, обзор которых дан в разд. 4.4. *Внеочередная поверка* СИ проводится до наступления срока его периодической поверки в случаях:

- повреждения знака поверительного клейма или утрате Свидетельства о поверке;
- ввода в эксплуатацию СИ после длительного хранения (более одного межповерочного интервала);
- проведения повторной настройки, известном или предполагаемом ударном воздействии на СИ или при неудовлетворительной его работе;
- отправки потребителю СИ, не реализованных по истечении срока, равного половине межповерочного интервала;
- применения СИ в качестве комплектующих по истечении срока, равного половине межповерочного интервала.

Инспекционная поверка проводится органами МС при осуществлении государственного надзора или ведомственного контроля за состоянием и применением СИ. Ее допускается проводить не в полном объеме, предусмотренном методикой поверки. Результаты инспекционной поверки отражаются в акте.

Экспертная поверка проводится при возникновении спорных вопросов по МХ, исправности СИ и пригодности их к использованию. Ее проводят органы ГМС по письменному требованию заинтересованных лиц.

Порядок представления СИ на поверку устанавливает Госстандарт России. Поверка проводится в соответствии с методиками, требования к которым изложены в МИ 187—86 и МИ 188—86. Экспертная поверка включает следующее:

- установление периодичности работ (определение межповерочных интервалов) в соответствии с ИСО 10012, МИ 2187—92, МИ 1872-88;
- разработку и документирование методик проведения работ в соответствии с инструкцией РД 50—660—88;
- ведение соответствующих протоколов, отражающих результаты проведенных работ;
- организацию хранения и использования документации по поверке СИ.

Основной МХ, определяемой при поверке, является погрешность. Она находится на основании сравнения показаний поверяемого СИ и более точного рабочего эталона:

- сличением (методами противопоставления или замещения) с более точной мерой посредством компарирующего прибора. Общим для этих методов поверки СИ является выработка сигнала о наличии разности размеров сравниваемых величин. Если этот сигнал путем подбора образцовой меры будет сведен к нулю, то реализуется нулевой метод измерения;
- измерением эталонным СИ величины, воспроизводимой мерой. В этом случае поверка часто называется градуировкой. *Градуировка*— нанесение на шкалу отметок, соответствующих показаниям рабочего эталона, или определение по его показаниям уточненных значений величины, соответствующих нанесенным отметкам на шкале поверяемого СИ;

- способом калибровки, когда с более точной мерой сличается лишь одна мера из набора или одна из отметок шкалы многозначной меры, а действительные размеры других мер определяются путем их взаимного сравнения в различных сочетаниях на приборах сравнения и при дальнейшей обработке результатов измерений.

Проверка измерительных приборов проводится:

- методом непосредственного сравнения измеряемых величин и величин, воспроизводимых рабочими эталонами соответствующего разряда или класса точности. Значения величин на выходе мер выбираются равными соответствующим (чаще всего оцифрованным) отметкам шкалы прибора. Наибольшая разность между результатом измерения и соответствующим ему размером эталонов является в этом случае основной погрешностью прибора;

- методом непосредственного сличения показаний поверяемого и эталонного приборов при одновременном измерении одной и той же величины. Разность их показаний равна абсолютной погрешности поверяемого СИ.

Существуют и другие методы проверки, которые используются Реже [43].

Важным при проверке является выбор оптимального соотношения между допускаемыми погрешностями эталонного и поверяемого СИ. Обычно это соотношение принимается равным 1:3 (исходя из критерия ничтожно малой погрешности), когда при проверке вводят поправки на показания образцовых СИ. Если поправки не вводят, то эталонные СИ выбираются из соотношения 1:5. Соотношение допускаемых погрешностей поверяемых и эталонных СИ устанавливается с учетом принятого метода проверки, характера погрешностей, допускаемых значений ошибок первого и второго рода и иногда может значительно отличаться от указанных ранее цифр. По решению Госстандарта России право проверки СИ может быть предоставлено аккредитованным МС юридических лиц, деятельность которых осуществляется в соответствии с действующим законодательством и нормативными документами по обеспечению единства измерений. Порядок аккредитации определяется правилами ПР 50.2.014—94, разработанными с учетом руководств ИСО/МЭК.

Аккредитация МС предусматривает следующие этапы:

- экспертиза документов, представленных МС;
- аттестация МС комиссией из представителей ГНМЦ и ГМС;
- принятие решения об аккредитации по результатам экспертизы;
- оформление, регистрация и выдача Госстандартом аттестата аккредитации на срок до пяти лет. Аккредитуемая МС должна иметь:
- положение, разработанное в соответствии с ПР 50-732—93;
- квалифицированный и опытный персонал, аттестованный в установленном порядке в качестве поверителей в соответствии с ПР 50.2.012.- 94;
- помещения и окружающую среду, удовлетворяющие требованиям нормативных документов;
- поверенные эталоны и иное вспомогательное оборудование, необходимое для проведения проверки, определенной областью аккредитации;
- документированные методики и процедуры проверки, обработки и использования измерительной информации, а также актуализации нормативных документов;
- систему менеджмента качества проведения поверочных работ;
- документированные правила приемки, хранения и возврата СИ, поступающих на проверку;
- систему регистрации, использования и хранения результатов проверки.

Детальные требования по перечисленным выше этапам описаны в МИ 2284—94.

Аккредитованная МС имеет право:

- проводить проверку СИ в рамках, определенных аттестатом аккредитации, выдавать Свидетельство о проверке, ставить клеймо на поверенные СИ или гасить поверительные клейма;
- разрабатывать предложения по корректировке межповерочных интервалов;
- участвовать в разработке и корректировке нормативной документации, регламентирующей вопросы аккредитации МС.

Госстандарт осуществляет периодический инспекционный контроль за деятельностью аккредитованной МС.

Проверка СИ осуществляется физическим лицом, аттестованным в качестве доверителя органом ГМС в соответствии с ПР 50.2.012—94. Поверитель (физическое лицо) — сотрудник органа ГМС или юридического лица, аккредитованного на право проверки, непосредственно производящее проверку СИ и прошедшее аттестацию в установленном порядке.

Проводятся два вида аттестации: первичная и периодическая (не реже одного раза в пять лет), к которым допускаются лица, имеющие специальную подготовку и практический стаж работы в поверочных подразделениях. Аттестация проводится специально создаваемой комиссией из числа высококвалифицированных специалистов-метрологов.

6.4.4. Калибровка средств измерений

В сферах деятельности, где государственный метрологический надзор и контроль не являются обязательными, для обеспечения метрологической исправности СИ применяется калибровка. *Калибровка (калибровочные работы)* — совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору.

Для проведения калибровочных работ создана *Российская система калибровки (РСК)* — совокупность субъектов деятельности и калибровочных работ, направленных на обеспечение единства измерений в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору и действующих на основе установленных требований к организации и проведению калибровочных работ. Деятельность РСК регулируется правилами ПР 50.2.016—94 и ПР 50.2.017-95.

Основные направления деятельности РСК:

- регистрация органов, осуществляющих аккредитацию МС юридических лиц на право проведения калибровочных работ;
- аккредитация МС юридических лиц на право проведения калибровочных работ;
- калибровка СИ;
- установление основных принципов и правил РСК, организационное, методическое и информационное обеспечение его деятельности;
- инспекционный контроль за соблюдением аккредитованными МС требований к проведению калибровочных работ.

Российская система калибровки имеет свой знак, наносимый на калиброванное СИ. Его форма и размеры приведены в правилах ПР 50.2.017-95.

Организационная структура РСК приведена на рис. 6.3. Центральный орган и научно-методический центр РСК назначает Госстандарт. Центральный орган РСК выполняет следующие функции:



Рис. 6.3. Структура РСК

- устанавливает основные принципы и правила РСК;
- принимает решения о регистрации аккредитирующих органов в соответствии с правилами ПР РСК 001—95;
- осуществляет контроль за их деятельностью;
- рассматривает апелляции по результатам аккредитации;
- взаимодействует с калибровочными службами других стран и международными калибровочными союзами.

Основные задачи научно-методического центра:

- разработка нормативных документов, регламентирующих калибровочную деятельность в стране;
- ведение реестра РСК;
- подготовка и представление на утверждение в центральный орган РСК материалов по регистрации аккредитирующих органов, участие в их проверках;
- организация и координация разработки, экспертизы и аттестации методик калибровки СИ;
- создание и ведение базы данных по нормативным документам и калибровочной деятельности в РФ;
- осуществление консультативной деятельности по вопросам РСК;
- проведение мероприятий по повышению квалификации кадров в области калибровочных работ.

Из числа руководителей МС государственных органов управления, аккредитирующих органов, представителей ГМС и ГНМЦ центральный орган формирует совет РСК, который:

- разрабатывает предложения по основным принципам работы РСК;
- рассматривает проекты законодательных и нормативных актов в области калибровки и готовит предложения по их изменению;
- определяет основные направления проведения исследований в области калибровки;
- рассматривает экономические и финансовые аспекты в работе РСК.

Главными задачами аккредитирующего органа РСК являются:

- проведение аккредитации МС в соответствии с правилами ПР 50.2.018-95;
- осуществление инспекционного контроля, требования к которому приведены в правилах ПР РСК 003-98.

Основой РСК являются аккредитованные МС юридических лиц. Их главной функцией является калибровка СИ в области аккредитации и в соответствии с действующими нормативными документами. Требования к подразделениям, проводящим калибровочные работы, изложены в рекомендациях Р РСК 001—95.

Организация, выполняющая калибровочные работы, должна иметь:

- поверенные и идентифицированные *средства калибровки* — эталоны, установки и другие СИ, применяемые при калибровке в соответствии с установленными правилами. Они призваны обеспечить передачу размера единиц от государственных эталонов калибруемому СИ;
- актуализированные документы, регламентирующие организацию и проведение калибровочных работ. К ним относятся документ на область аккредитации, документация на средства измерений и калибровки, нормативные документы ГСИ на калибровку, процедуры калибровки и использования ее данных;
- профессионально подготовленный и квалифицированный персонал;
- помещения, удовлетворяющие нормативным требованиям. Результаты калибровки удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на СИ, или Свидетельством о калибровке, а также записью в эксплуатационные документы.

Требования к калибровочным лабораториям приведены в ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000.

6.4.5. Метрологическая аттестация средств измерений и испытательного оборудования

Метрологическая аттестация— это признание средства измерений (испытаний) законным для применения (с указанием его метрологического назначения и МХ) на основании тщательных исследований метрологических свойств этого средства, проводится в соответствии с ГОСТ 8.326—89.

Метрологической аттестации могут подвергаться СИ, не подлежащие государственным испытаниям или утверждению типа органами ГМС, опытные образцы СИ, измерительные

приборы, выпускаемые или ввозимые из-за границы в единичных экземплярах или мелкими партиями, измерительные системы и их каналы.

Основными задачами аттестации СИ являются:

- определение МХ и установление их соответствия требованиям нормативной документации;
- установление перечня МХ, подлежащих контролю при поверке;
- опробование методики поверки.

Метрологическая аттестация проводится органами государственной или ведомственной МС по специально разработанной и утвержденной программе. Результаты оформляются в виде протокола определенной формы. При положительных результатах выдается Свидетельство о метрологической аттестации установленной формы, где указывают его установленные МХ.

Как известно (см. разд. 5.1), между измерением и испытанием имеется различие, состоящее в том, что погрешность испытания складывается из погрешности измерения и погрешности воспроизведения режимов испытания. Измерение можно считать частным случаем испытания, при котором условия последнего не представляют интереса.

В соответствии с этим существует различие в аттестации СИ и испытательного оборудования, основные положения и порядок проведения которого приведены в ГОСТ Р 8.568—97.

Основная цель аттестации испытательного оборудования — подтверждение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допустимых отклонений и установление пригодности использования данного оборудования в соответствии с его назначением.

Аттестация, как и поверка, бывает первичной, периодической и повторной.

Первичная аттестация заключается в экспертизе эксплуатационной и проектной документации, экспериментальном определении технических характеристик испытательного оборудования и подтверждении пригодности его к использованию. Технические и метрологические характеристики, подлежащие определению, выбирают из числа нормированных и установленных в документации характеристик. Они должны определять возможность оборудования воспроизводить условия испытаний в течение установленного времени.

В процессе первичной аттестации устанавливают:

- возможность воспроизведения внешних воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта испытания, установленных в документах на методики испытаний конкретных видов продукции;
- отклонения параметров условий испытаний от нормированных значений;
- обеспечение безопасности персонала и отсутствие вредного воздействия на окружающую среду;
- перечень характеристик оборудования, которые должны проверяться при периодической аттестации, а также методы, средства и периодичность ее применения.

Периодическую аттестацию проводят в процессе эксплуатации испытательного оборудования в объеме, необходимом для подтверждения соответствия его характеристик требованиям нормативных документов на методики испытаний и эксплуатационных документов. Результаты аттестации оформляются протоколом. При положительных результатах на оборудование выдается аттестат определенной формы и делается запись в эксплуатационные документы.

6.4.6. Система сертификации средств измерений

Система предназначена для проведения добровольной сертификации средств измерения в соответствии с законами "Об обеспечении единства измерений" и "О сертификации продукции и услуг".

Система сертификации — это система, располагающая собственными правилами процедуры проведения сертификации соответствия (см. Руководство ИСО/МЭК 2, п. 14.1). Сертификатом соответствия называют документ, который выдается после проведения сертификации. В нем указывается, что должным образом идентифицированная продукция, процесс или услуга соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу.

Основные положения и порядок проведения работ в рамках системы сертификации средств измерения, не подлежащих применению в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, определяют МИ 2277—93.

Основными целями системы сертификации СИ являются обеспечение единства измерений, содействие экспорту и повышение конкурентоспособности СИ. В соответствии с этими целями система выполняет следующие функции:

- проверку и подтверждение соответствия СИ установленным в нормативных документах метрологическим нормам и требованиям;
- проверку обеспеченности сертифицируемых СИ методами и средствами калибровки для передачи размеров от утвержденных эталонов;
- проверку соответствия СИ дополнительным требованиям, указанным организациями или гражданами, обратившимися в орган по сертификации.

Система является открытой для вступления и участия в ней юридических лиц и предусматривает свободный доступ к информации о ее деятельности. Сертификацию СИ проводят аккредитованные органы по результатам испытаний, проведенных независимыми испытательными лабораториями (центрами), как самостоятельными, так и входящими в состав органов по сертификации. Аккредитацию испытательных лабораторий (центров) проводят в

соответствии с правилами по метрологии ПР 50.2.010—94. При аккредитации выдается аттестат с приложением к нему, устанавливающим область аккредитации.

Организационно система сертификации СИ состоит из центрального органа, координационного совета, апелляционного комитета, научно-методического центра, органов по сертификации, испытательных лабораторий. Центральный орган системы:

- организует, координирует и осуществляет методическое руководство работами по сертификации;
- устанавливает основные принципы и правила сертификации;
- осуществляет аккредитацию органов по сертификации и испытательных лабораторий;
- выполняет функции органа по сертификации при его отсутствии;
- организует инспекционный контроль за деятельностью аккредитованных органов по сертификации;
- взаимодействует с международными и зарубежными организациями по вопросам сертификации;
- осуществляет признание документов об аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) других стран, зарубежных сертификатов и знаков соответствия, а также результатов испытаний средств измерений;
- ведет реестр системы — книги и (или) электронного журнала, содержащего сведения об объектах, участках работ и документах в области сертификации. Подробно этот процесс изложен в МИ 2279-93.

Научно-методический центр системы осуществляет:

- разработку основных принципов, правил и структуры системы;
- организацию работ, связанных с аккредитацией органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров);
- формирование банка данных и информационное обеспечение системы, касающиеся сертифицированных средств измерений, органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров) и нормативных документов.

Координационный совет разрабатывает рекомендации по вопросам совершенствования системы. Апелляционный комитет рассматривает случаи несогласия с результатами сертификации СИ, аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), испытаний или инспекционного контроля.

Орган по сертификации должен располагать необходимыми средствами и документированными процедурами, позволяющими производить сертификацию, включая: квалифицированный персонал, актуализированный фонд нормативных документов на СИ и методы испытаний, административную структуру, юридические и экономические возможности (условия) для управления сертификацией, в том числе для организации испытаний, испытательную базу, аккредитованную в качестве испытательной лаборатории (центра).

Основные функции органа по сертификации, установленные в Положении об органе по сертификации:

- формирование и актуализация фонда нормативных документов, используемых при сертификации СИ;
- проведение и (или) организация испытаний СИ;
- рассмотрение заявок на сертификацию, подготовка решений по ним и взаимодействие с заявителями при проведении сертификации;

- определение по каждой конкретной заявке испытательной лаборатории (центра), организация испытаний на основе взаимодействия с ней;
- оформление на основе лицензионного соглашения с центральным органом системы сертификата соответствия, регистрация в реестре системы и выдача его заявителю;
- организация инспекционного контроля стабильности характеристик СИ;
- отмена и приостановление действия выданных сертификатов и знаков соответствия;
- организация повышения квалификации и аттестации персонала испытательных лабораторий (центров).

Детальные требования к органам по сертификации изложены в МИ 2278-93.

Порядок проведения сертификации в общем случае включает:

- представление в центральный орган заинтересованной организацией заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и направление решения по ней;
- проведение испытаний по утвержденной программе, включающей объем и сроки проведения испытаний, методы и средства испытаний СИ, объем и состав технической документации, представляемой на испытания, количество и порядок отбора образцов, представляемых на испытания;
- анализ полученных результатов, оформленных в виде датированного и зарегистрированного отчета, включающего наименование и адрес испытательной лаборатории, проводившей испытания, ссылку на документ, на соответствие которому проводились испытания, идентифицирующие данные испытанных образцов, наименование и адрес изготовителя, время и место проведения испытаний, заключение о соответствии образцов требованиям нормативных документов;
- принятие решения о возможности выдачи сертификата соответствия;
- регистрацию материалов испытаний и выдачу сертификата соответствия;
- информацию о результатах сертификации.

Орган по сертификации рассматривает результаты испытаний СИ, оформляет сертификат соответствия и направляет его копию, подписанную руководителем органа, вместе с одним экземпляром отчета об испытаниях с приложениями в научно-методический центр системы на регистрацию. Научно-методический центр оформляет дело по сертификации, регистрирует сертификат и сообщает его номер по реестру системы органу по сертификации.

После получения регистрационного номера орган по сертификации выдает организации сертификат соответствия. При получении сертификата соответствия заявитель обеспечивает маркировку образцов, тары, упаковки и документации знака соответствия.

Органы по сертификации ведут учет выданных ими сертификатов. Документы и материалы, подтверждающие сертификацию СИ, находятся на хранении в органе по сертификации, выдавшем сертификат.

6.5. Методики выполнения измерений

Методика выполнения измерений (МВИ) представляет собой установленную совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом. Следовательно, МВИ, отвечающие современным требованиям, играют решающую роль в МО измерений.

Общие требования к разработке, оформлению, аттестации, стандартизации МВИ и метрологическому надзору за ними регламентируют ГОСТ Р 8.563—96 и МИ 2377—98. Данные нормативные Документы касаются подавляющего большинства проводимых измерений. Исключения составляют МВИ, при использовании которых погрешности измерений определяются в процессе или после их применения. Такого рода измерения весьма немногочисленны и осуществляются главным образом в научных исследованиях, а также при проведении экспериментов. Порядок разработки, применения и требования к таким МВИ определяют использующие их организации.

Разработку МВИ выполняют на основе исходных данных, включающих:

- назначение, где указывают область применения, наименование измеряемой величины и ее характеристики, а также характеристики объекта измерений, если они могут влиять на погрешность измерений;
- требования к погрешности измерений (в соответствии с рекомендацией МИ 1317—86);
- условия измерений, заданные в виде номинальных значений и (или) границ диапазонов возможных значений влияющих величин;

- вид индикации и формы представления результатов измерений;
 - требования к автоматизации измерительных процедур;
 - требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;
 - другие требования к МВИ, если в них есть необходимость. Разработка МВИ, как правило, включает следующие этапы:
 - написание, согласование и утверждение технического задания на разработку МВИ;
 - формирование исходных данных для разработки;
 - выбор (или разработка) метода и средств измерений, осуществляемый на основе нормативных документов (например, МИ 1967—89). Выбор СИ — сложная, многовариантная задача, решение которой целесообразно проводить на основе того или иного технико-экономического критерия [43]. В этом случае получаемое решение соответствует оптимальному выполнению таких требований к измерению, как минимальные затраты, обеспечение необходимой точности и достоверности;
 - установление последовательности и содержания операции при подготовке и выполнении измерений, обработке промежуточных результатов и вычислении окончательных результатов измерений;
 - установление приписанных характеристик погрешностей измерений — характеристик погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной методики. Способы выражения приписанных характеристик должны соответствовать заданным в исходных данных;
 - подготовку нормативов и процедур контроля точности получаемых результатов измерений;
 - составление документа или раздела составного документа на МВИ (требования к их содержанию приведены ниже);
 - метрологическая экспертиза проекта документов на МВИ — анализ и оценка выбора методов и средств измерений, операций и правил проведения измерений и обработки их результатов с целью установления соответствия МВИ предъявляемым метрологическим требованиям;
 - аттестация МВИ, представляющая собой процедуру установления и подтверждения соответствия МВИ предъявляемым к ней метрологическим требованиям. Обязательной аттестации подлежат МВИ, используемые в сфере распространения государственного контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем в соответствии с ГОСТ Р 22.2.04—94. Вне сферы контроля и надзора МВИ аттестуют в порядке, установленном в данной организации. Аттестацию проводят ГНМЦ, органы ГМС и МС предприятий и организаций, применяющих МВИ.
- Аттестацию осуществляют путем метрологической экспертизы документации, теоретических или экспериментальных исследований МВИ. Аттестованные МВИ подлежат метрологическому надзору и контролю;
- стандартизация МВИ, выполняемая в соответствии с положениями государственной системы стандартизации и ГОСТ Р 8.563—96.
- В документах (или разделах составного документа) на МВИ указывают:
- назначение МВИ;
 - условия измерений;
 - требования к погрешности измерений и (или) ее приписанные характеристики;
 - методы измерений;
 - требования к СИ, вспомогательным устройствам, материалам. Допускается указывать типы СИ, их характеристики и обозначения Документов, где приведены требования к СИ;
 - операции по подготовке к выполнению измерений;
 - операции при выполнении измерений;
 - операции обработки и вычисления результатов измерений;
 - нормативы, процедуру и периодичность контроля погрешности результатов выполняемых измерений;
 - требования к оформлению результатов измерений;
 - требования к квалификации операторов;
 - требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;
 - требования к обеспечению экологической безопасности. Из определения МВИ следует, что она представляет собой технологический процесс измерений. В связи с этим не следует смешивать МВИ и документ на МВИ. Не все методики описаны соответствующим документом. Для измерений, проводимых с помощью простых показывающих приборов, не

требуются документированные МВИ. В этих случаях достаточно в нормативной документации указать тип и основные МХ средств измерений.

Необходимость документирования МВИ устанавливает разработчик документации при возможной существенной методической или субъективной составляющей погрешности измерений.

6.6. Метрологическая экспертиза

Метрологическая экспертиза (МЭ) — анализ и оценивание экспертами-метрологами правильности применения требований, правил и норм, в первую очередь связанных с единством и точностью измерений. Она проводится с целью обеспечения эффективности использования контрольно-измерительного оборудования (КИО) на всех стадиях жизненного цикла продукции и услуг. Различают экспертизу документации (например, технических заданий, конструкторских и технологических документов, документов систем обеспечения качества) и экспертизу различных объектов (например, сложных СИ, технологического оборудования).

Проведение МЭ должно осуществляться в соответствии с МИ 1314-86, МИ 2267-2000 и МИ 2177-91. В ходе проведения МЭ решаются следующие задачи:

- определяется оптимальная номенклатура измеряемых и контролируемых параметров продукции и процессов, диапазон их измерения и требования к точности;
- устанавливается соответствие показателей точности измерения требованиям эффективности и достоверности контроля и испытаний, а также требованиям обеспечения оптимальных режимов технологических процессов;
- проводится оценка контролепригодности продукции;
- устанавливаются полнота и правильность требований к КИО и МВИ;
- проводится выбор методов и средств измерений, способных обеспечить необходимое качество измерений (испытаний или контроля). При этом следует руководствоваться МИ 1967—89;
- разрабатываются и аттестуются методики выполнения измерений (испытаний и контроля);
- выявляется возможность преимущественного применения унифицированных и стандартизованных средств измерений и аттестованных МВИ;
- проводится оценка обеспечения применяемыми СИ требуемых производительности и себестоимости контрольных операций при заданной точности;
- устанавливается правильность наименований и обозначений физических единиц и их единиц в соответствии с ГОСТ 8.417—81.

Метрологическую экспертизу проводят подразделения МС организаций, а также другие подразделения, разрабатывающие документацию под методическим руководством и контролем. Номенклатура продукции, документация на которую подлежит метрологической экспертизе, устанавливается организацией.

Результаты МЭ документации излагаются в экспертном заключении.

6.7. Анализ состояния измерений

Анализ состояния измерений, испытаний и контроля на предприятии проводится с целью установления соответствия **ДОСТИГНУТОГО** уровня метрологического обеспечения определенным требованиям и разработки на этой основе предложений по его улучшению. При разработке документированной процедуры, регламентирующей проведение анализа, целесообразно руководствоваться требованиями инструкций: МИ 2240—98, МИ 2386—96, МИ 2427-97 и МИ 2304-94. | В процессе анализа устанавливают:

- влияние состояния измерений, контроля и испытаний на основные технико-экономические показатели деятельности предприятия;
- наличие в подразделениях предприятия необходимых документов ГСИ и другой нормативной документации, регламентирующей требования к КИО;
- состояние использования на предприятии государственных и других стандартов, регламентирующих требования к обеспечению единства и требуемой точности измерений, испытаний и контроля;
- оснащенность предприятия современным КИО и потребность в нем;
- эффективность использования КИО, а также имеющихся средств поверки и калибровки;
- организационная структура и состояние деятельности метрологической службы предприятия;

- состояние аттестации, унификации и стандартизации применяемых методик измерения, испытания и контроля;
- техническое и метрологическое состояние применяемых КИО, обеспеченность их ремонтом, поверкой, калибровкой;
- состояние и эффективность работ по проведению метрологической экспертизы документации предприятия;
- потребность предприятия в государственных стандартах и стандартных справочных данных о свойствах веществ и материалов, необходимых для обеспечения качества продукции;
- потребности предприятия в специалистах-метрологах.

Работа по оценке состояния изменений, испытаний и контроля проводится под руководством МС федерального органа исполнительной власти, юридических лиц (их объединений) с участием специалистов технических служб предприятия (организации), в составе которого функционирует лаборатория, при необходимости с привлечением представителей ГМС.

Для проведения оценки состояния измерений готовятся материалы, в которых должны быть отражены следующие сведения:

- перечень нормативных документов на выполняемые виды работ, используемые объекты и измеряемые (контролируемые) параметры этих объектов;
- перечень документов на МВИ и методы испытаний (в том числе государственные и отраслевые стандарты);
- данные о состоянии МВИ;
- данные о применяемых СИ и испытательном оборудовании;
- оснащенность лаборатории стандартными образцами всех категорий;
- данные о составе и квалификации кадров, включая действующие формы повышения квалификации;
- справка о состоянии производственных помещений. При оценке состояния измерений проверяют:
 - положение о метрологическом подразделении;
 - планы (графики) отмены и пересмотра документов на МВИ;
 - наличие необходимых СИ, в том числе стандартных образцов всех категорий, обеспечивающих проведение измерений;
 - наличие испытательного и вспомогательного оборудования, реактивов и материалов необходимого качества;
 - должностные инструкции, утвержденные в установленном порядке;
 - оснащенность всех стадий производства КИО, удовлетворяющих установленным в документации требованиям к точности;
 - обеспеченность контролем (измерениями) содержания вредных веществ в выбросах в атмосферу, стоках и почве в целях охраны окружающей среды;
 - состояние актуализированного фонда нормативных документов. При проведении анализа действующей документации должны быть рассмотрены:
 - оптимальность номенклатуры измеряемых параметров;
 - наличие установленных норм точности измерений;
 - оценка возможности проведения измерений с требуемой точностью;
 - установление соответствия показателей точности измерений (испытаний) требованиям эффективности производства и достоверности контроля, а также стандартизованным способам выражения точности измерений (испытаний);
 - достоверность нормируемого метода оценки результатов измерений, контроля и испытаний;
 - наличие, уровень унификации и стандартизации МВИ;
 - оценка правильности выбора МВИ, контроля и испытаний и соответствие требованиям документов, регламентирующих методики;
 - оценка правильности выбора СИ, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, реагентов, испытательного оборудования;
 - выявление требований к измерениям, контролю и испытаниям, определяющих потребительские и другие свойства продукции; ».
- соответствие регламентируемых в документации требований к производительности методик и СИ;
- установление достоверности и правильности применения данных о физических константах и свойствах веществ и материалов.

>' В результате такого анализа документации выявляется взаимосвязь требований точности контроля основных параметров с качеством выпускаемой продукции, системой учета материальных Ресурсов.

Важным звеном оценки состояния измерений является анализ Деятельности МС предприятия. При его проведении устанавливается:

- наличие утвержденного положения о МС;
- укомплектованность МС квалифицированными кадрами и наличие плана повышения их квалификации;

- наличие лицензии на изготовление и ремонт СИ;

- соблюдение установленных законодательством правил поверки и калибровки СИ;

- степень участия специалистов МС в обеспечении качества конкретных видов продукции;

- степень участия МС в работах, направленных на совершенствование МО производства;

- состояние основных форм метрологического контроля за СИ;

- наличие информации об отказах КИО в процессе эксплуатации, о состоянии и условиях их хранения, об эффективности использования;

- эффективность взаимодействия МС по вопросам МО производства с другими техническими службами предприятия;

- формы взаимодействия МС предприятия с органами ГМС. При проведении анализа состояния СИ, контроля, испытаний,

применяемых на предприятии:

- представляются сведения о СИ, обеспеченных (и не обеспеченных) поверкой, калибровкой и ремонтом с указанием организаций, осуществляющих поверку и ремонт;

- определяется потребность предприятия в эталонах, а также в стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов;

- определяется потребность в разработке новых средств поверки и калибровки более высокой точности и производительности и новых типов стандартных образцов;

- выявляется номенклатура применяемых на предприятии средств измерений, не обеспеченных ремонтом;

- представляются сведения о состоянии испытательного оборудования, применяемого на предприятии;

- выявляются претензии предприятия к качеству изготовления и техническим характеристикам средств измерений, контроля и испытаний, применяемых на данном предприятии, и рассматриваются предложения по устранению этих недостатков;

- составляются предложения по пересмотру отдельных пунктов нормативной документации на СИ, методики их поверки и калибровки в целях уточнения или повышения требований к выполнению измерений, снижения трудоемкости поверочных работ;

- проверяются все применяемые на предприятии МВИ, испытаний и контроля с целью оценки соответствия нормируемых номенклатуры и значений показателей точности измерений требованиям

к точности, достоверности и эффективности контроля (измерений), установленным в конструкторской и технологической документации.

Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии проводится либо добровольно (с периодичностью 1—2 года), либо в обязательном порядке (при аттестации производства, сертификации систем менеджмента качества, аккредитации испытательных и метрологических лабораторий).

Результаты работ оформляют актом, который доводится до сведения руководителя лаборатории и представляется в организацию, ответственную за проведение оценки состояния измерений. В зависимости от выявленного состояния измерений в акте делают вывод о соответствии достигнутого уровня МО измерений современным требованиям или о наличии (отсутствии) условий для выполнения измерений в закрепленной области деятельности. Последнее решение принимают в случае, если выявлено одно из грубейших нарушений:

- несоответствие используемой методики контролируемому объекту;

- нарушение правил аттестации МВИ, установленных ГОСТ Р 8.563-96;

- неправомерность использования СИ, МВИ и методов испытаний или стандартных образцов;

- систематическое получение результатов испытаний и измерений с нарушением требований методик;

- отсутствие необходимых СИ, испытательного и вспомогательного оборудования, стандартных образцов, реактивов и материалов или несоответствие их установленным требованиям;
- недостаточная укомплектованность квалифицированными кадрами;
- несоответствие помещений лаборатории установленным требованиям.

На основе обобщения материалов анализа состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии (в организации) подготавливают предложения по улучшению метрологического обеспечения производства и меры по их реализации.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под метрологическим обеспечением производства?
2. В чем состоят нормативно-правовые аспекты метрологии?
3. Каковы задачи Госстандарта России в сфере метрологии?
4. Каковы основные функции Государственной метрологической службы?
5. Охарактеризуйте взаимосвязь отечественных и международных метрологических организаций.
6. В чем состоит государственный метрологический надзор и контроль?
7. Назовите основные принципы государственных испытаний средств измерений.
8. Назовите основные виды поверок средств измерений.
9. В чем заключается калибровка средств измерений?
10. Дайте характеристику системы сертификации средств измерений.
12. Сформулируйте основные требования к методикам выполнения измерений.
13. В чем заключается метрологическая экспертиза нормативно-технической документации?
14. Назовите основные принципы анализа состояния измерений на предприятии.

РАЗДЕЛ II. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

ГЛАВА 7. ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

7.1. Основные положения

Стандартизация по определению ИСО/МЭК— это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации (использования) и требований безопасности.

Из определения следует, что стандартизация — это плановая деятельность по установлению обязательных правил, норм и требований в целях обеспечения:

- безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества человека;
- технической информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;
- единства измерений, правовые и другие основы которого регламентированы Законом "Об обеспечении единства измерений" от 27.04.93 №4871-1;
- экономии всех видов ресурсов;
- безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;
- обороноспособности и мобилизационной готовности страны. Результатом работы по стандартизации является принятие стандарта.

Стандарт — это нормативный документ по стандартизации, разработанный, как правило, на основе согласия, характеризующегося отсутствием возражений по существенным вопросам у большинства заинтересованных сторон и утвержденный признанным органом (или представителем), в котором устанавливаются для всеобщего и многократного использования правила, общие принципы или характеристики, требования или методы, касающиеся определенных объектов стандартизации, и который направлен на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области. Стандарты основываются на обобщенных результатах науки, техники и практического опыта и направлены на достижение оптимальной пользы общества. Стандарты разрабатывают как на материальные предметы (продукцию, эталоны, образцы веществ и т.д.), так и на нормы, правила, требования к объектам организационно-методического и общетехнического характера. Стандарт — это целесообразное решение повторяющейся задачи для достижения определенной цели. Стандарты содержат показатели, которые гарантируют возможность повышения качества продукции и экономичности ее производства, а также повышения уровня ее взаимозаменяемости.

Возрастающая роль стандартизации и ее место в научно-техническом прогрессе потребовали коренного изменения методов работы по стандартизации. Повышение требований потребителя к качеству продукции и необходимость дальнейшего совершенствования качества определяют уровень и степень сложности проведения работ по стандартизации, а также поиск и совершенствование новых эффективных форм разработки стандартов на продукцию с учетом кооперирования и товарообмена как в стране, так и за рубежом.

Таким образом, основные положения стандартизации базируются на организационных, методических и практических разработках, которые используются эффективно во всех звеньях народного хозяйства.

Основополагающим документом в России по стандартизации является Закон "О стандартизации" от 10.06.93 № 5154-1. Настоящий Закон устанавливает правовые основы стандартизации в Российской Федерации, обязательные для всех государственных органов управления, а также предприятий и субъектов хозяйственной деятельности независимо от формы собственности, общественных объединений, и определяет меры государственной защиты интересов потребителей и государства посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации. Закон "О стандартизации" устанавливает основные положения, принципы, понятия, порядок организации работ в области стандартизации, которые являются едиными и обязательными для всех предприятий, организаций и учреждений, а также для граждан-предпринимателей, продавцов, исполнителей услуг, конструкторских, проектных, транспортных и других организаций и предприятий.

Отношения в области стандартизации в России регулируются и обеспечиваются также издаваемыми законодательными и другими актами Российской Федерации:

- законами "Об обеспечении единства измерений", "О сертификации продукции и услуг", "О защите прав потребителей";
- указами Президента и нормативными актами Правительства России (постановление Правительства Российской Федерации от 12.02.94 г. № 100 "Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг", распоряжение Правительства России от 20.02.95 № 255-р "О программе демонополизации в сферах стандартизации, метрологии и сертификации" и др.);
- подзаконными актами, направленными на решение отдельных социально-экономических задач и предусматривающими использование для этой цели стандартизации;
- приказами Госстандарта России.

В основополагающий Закон "О стандартизации" вошли следующие статьи: понятие стандартизации; законодательство Российской Федерации о стандартизации; международные договоры; организация работ по стандартизации; международное сотрудничество в области стандартизации; нормативные документы по стандартизации и требования к ним; государственные стандарты, общероссийские классификаторы технико-экономической информации; отраслевые стандарты, стандарты предприятий, стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений; применение нормативных документов по стандартизации; информация о нормативных документах по стандартизации, их издание и реализация; государственный контроль и надзор; органы государственного контроля и надзора; государственные инспекторы, их права и ответственность; уголовная, административная либо гражданско-правовая ответственность; финансирование работ по государственному контролю и надзору; стимулирование применения государственных стандартов.

Для усиления роли стандартизации в научно-техническом прогрессе, повышении качества продукции и экономичности ее производства разработана Государственная система стандартизации (ГСС). Она представляет собой комплекс взаимоувязанных правил и положений, определяющих цели и задачи стандартизации, структуру органов и служб стандартизации, их права и обязанности, организацию и методику проведения работ по стандартизации во всех отраслях народного хозяйства Российской Федерации, порядок разработки, оформления, согласования, утверждения, издания, внедрения стандартов и другой нормативно-технической документации, а также контроля за их внедрением и соблюдением.

ГСС определяет организационные, методические и практические основы стандартизации во всех звеньях народного хозяйства.

Основные цели стандартизации согласно Государственному стандарту (ГОСТ Р 1.0-92):

- защита интересов потребителей и государства в вопросах номенклатуры и качества продукции, услуг и процессов, обеспечивающих их безопасность для жизни и здоровья людей, а также их имущества, охрану окружающей среды;
- повышение качества продукции в соответствии с развитием науки и техники, с потребностями населения и народного хозяйства;
- обеспечение совместимости и взаимозаменяемости продукции;
- содействие экономии людских и материальных ресурсов, улучшению экономических показателей производства;
- устранение технических барьеров в производстве и торговле, обеспечение конкурентоспособности продукции на мировом рынке и эффективного участия государства в межгосударственном и международном разделении труда;
- обеспечение безопасности народно-хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;
- содействие повышению обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

Основные задачи стандартизации:

- обеспечение взаимопонимания между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями (заказчиками);
- установление оптимальных требований к номенклатуре и качеству продукции в интересах потребителя и государства, в том числе обеспечивающих ее безопасность для жизни, здоровья людей и имущества, охрану окружающей среды;
- установление требований по совместимости (конструктивной, электрической, электромагнитной, информационной, программной и др.), а также взаимозаменяемости продукции;
- согласование и увязка показателей и характеристик продукции, ее элементов, комплектующих изделий, сырья и материалов;
- унификация на основе установления и применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, конструктивно-унифицированных блочно-модульных составных частей изделий;
- установление метрологических норм, правил, положений и требований;
- нормативно-техническое обеспечение контроля (испытаний, анализа, измерений), сертификации и оценки качества продукции;
- установление требований к технологическим процессам, в том числе для снижения материалоемкости, энерго- и трудоемкости, для обеспечения разработки и применения малоотходных технологий;
- создание и ведение систем классификации и кодирования технико-экономической информации;
- нормативное обеспечение межгосударственных и государственных социально-экономических и научно-технических программ (проектов) и инфраструктурных комплексов (транспорт, связь, оборона, охрана окружающей среды, контроль среды обитания, безопасность населения и т.д.);
- создание системы каталогизации для обеспечения потребителей информацией о номенклатуре и основных показателях продукции;
- содействие выполнению законодательства Российской Федерации методами и средствами стандартизации.

Принципиально новым в ГСС, имеющим важное значение для повышения качества продукции, является введение стандартизации на всех этапах производства, начиная от сырья, комплектующих изделий и полуфабрикатов и кончая готовыми изделиями и их утилизацией. Это позволяет установить взаимоувязанные нормы качества для всех видов продукции.

Государственное управление стандартизацией в России, включая координацию деятельности государственных органов управления, взаимодействие с органами власти республик, краев, областей, автономной области, автономных округов, городов, с общественными объединениями, в том числе с техническими комитетами по стандартизации, с объектами хозяйственной деятельности, осуществляет Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России).

Работы по стандартизации в области строительства организует Госстрой России. Другие органы государственного управления организуют деятельность по стандартизации в пределах их компетенции.

Основные цели и задачи Госстандарта России:

- реализация государственной политики в области стандартизации;
- координация деятельности государственных органов управления, касающейся вопросов стандартизации, сертификации, метрологии;
- определение основных направлений разработки и развития научно-методических и технико-экономических основ стандартизации и метрологии;
- разработка проектов перспективных и годовых планов государственной стандартизации, рассмотрение и согласование проектов планов соответственно отраслевой стандартизации;
- организация работ по аттестации и сертификации качества промышленной продукции;
- разработка общих методических указаний по оценке качества продукции и эффективности его повышения;
- определение объектов государственной и отраслевой стандартизации;
- утверждение государственных стандартов;
- извещение о зарегистрированных стандартах на соответствующую продукцию;
- государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов;
- методическое руководство деятельностью различных ведомств в области стандартизации, унификации, метрологии и аттестации и сертификации качества промышленной продукции;
- установление единой системы нормативно-технической, проектно-конструкторской и технологической документации; обеспечение научно-технической информацией в области стандартизации и контроля качества продукции;
- издание научно-технических журналов, справочников и другой литературы по вопросам стандартизации и контроля качества продукции;
- принятие мер по запрещению выпуска и реализации продукции, изготовленной с нарушениями требований государственных стандартов, а также указания предприятиям, организациям, независимо от их ведомственного подчинения, об обнаруженных нарушениях требований, установленных стандартами;
- организация профессиональной подготовки и переподготовки кадров в области стандартизации;
- участие, координация и контроль за деятельностью российских организаций в области стандартизации, метрологии и контроля качества продукции в международной организации по стандартизации;
- разработка правил применения международных (региональных) стандартов, правил, норм и рекомендаций по стандартизации на территории России, если иное не установлено международными договорами Российской Федерации;
- регламентация в государственных стандартах ГСС общих организационно-технических правил, форм и методов взаимодействия субъектов хозяйственной деятельности друг с другом и с государственными органами управления.

На современном этапе главным направлением деятельности Госстандарта России в рамках ГСС должны стать вопросы регулирования безопасности и качества товаров и услуг, защиты прав потребителей, гармонизации отечественных стандартов с международными и зарубежными аналогами, сохранение и ускорение общего нормативного пространства СНГ, выполнения условий присоединения России к Всемирной торговой организации (ВТО). В этих работах активное участие должны принимать специалисты органов исполнительной власти, в том числе и в субъектах Российской Федерации, работники производственных, научных и учебных организаций, представители общественных объединений.

Госстандарту России предоставлено право:

- запрашивать у органов исполнительной власти и организаций, независимо от организационно-правовой формы и формы собственности, документы и сведения по вопросам, входящим в компетенцию Госстандарта;
- создавать по вопросам, отнесенным к компетенции Госстандарта, межведомственные научные и научно-технические советы, комиссии, экспертные и рабочие группы с привлечением специалистов органов исполнительной власти и других организаций;
- заключать договоры на создание, передачу и использование научной и научно-технической продукции, оказание научных, научно-технических, инженерно-консультационных и иных услуг;

- заключать договоры на выпуск официальных изданий государственных стандартов, стандартных справочных данных о составе и свойствах веществ и материалов, нормативных документов по стандартизации, метрологии и сертификации (СМС), аккредитации, указателей стандартов, перечней допущенных к применению СИ, стандартов и рекомендаций международных организаций, национальных стандартов зарубежных стран;
- принимать в пределах своей компетенции постановления, обязательные для выполнения органами исполнительной власти Российской Федерации, субъектами хозяйственной деятельности;
- представлять в установленном порядке Российскую Федерацию в международных организациях по СМС, аккредитации, качеству и испытаниям, а также проводить переговоры по вопросам сотрудничества с аналогичными органами зарубежных стран;
- публиковать принятые государственные стандарты, общероссийские классификаторы, а также сведения, содержащиеся в Общероссийском каталоге продукции и услуг, внесенных в Государственный реестр продукции и услуг, маркированных знаком соответствия государственным стандартам.

7.2. Российские организации по стандартизации

Руководство стандартизацией Госстандарт России осуществляет непосредственно или через научно-исследовательские институты, конструкторские бюро и опытно-экспериментальные базы этих институтов, межобластные и областные центры стандартизации, метрологии и сертификации (ЦСМ) и ряд других.

Госстандарт обладает развитой сетью *научно-исследовательских институтов*, специализирующихся на различных областях измерений. Некоторые из них приведены в табл. 7.1.

Для организации и проведения работ по актуализации и гармонизации действующих нормативных документов, а также разработке новых в рамках Госстандарта создаются и действуют специализированные *технические комитеты (ТК) по стандартизации*, представляющие собой формирования специалистов, являющихся полномочными представителями заинтересованных предприятий и организаций. Технические комитеты создаются на добровольной основе для разработки государственных стандартов РФ, проведения работ в областях СМС по закрепленным областям деятельности. Обычно ТК создаются на базе НИИ Госстандарта или предприятий, деятельность которых соответствует специализации ТК.

Основные функции технических комитетов следующие: определение концепции развития СМС в своих областях; составление проектов новых стандартов и обновление действующих; оказание научно-технической помощи организациям, участвующим в разработке стандартов и применяющим нормативные документы; гармонизация отечественных стандартов с международными.

Таблица 7.1

Научно-исследовательские институты Госстандарта

Название	Сокращенное на- звание	Адрес
Всероссийский научно-исследовательский институт классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству	ВНИИКИ	103001, Москва, Гранатный пер., 4
Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации	ВНИИСтандарт	117421, Москва, ул. Новаторов, 40
Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации	ВНИИС	123856, Москва, Электрический пер., 3
Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении	ВНИИНМАШ	123007, Москва, ул. Шенюгина, 4
Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы	ВНИИМС	11 9361, Москва, ул. Озерная, 46

Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ	ВНИЦСМВ	103006, Москва, ул. Долгоруковская, 21
ГП "Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений им. Б.М. Степанова"	ГП ВНИИОФИ	103 131, Москва, ул. Рождественка, 27
ГП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева"	ГП ВНИИМ им. Д. И. Менделеева	198005, Санкт-Петербург, Московский пр., 19
Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации агропромышленной продукции	ВНИИССАгропро-ДУКТ	350063, Краснодар, ул. Постовая, 36
Уральский научно-исследовательский институт метрологии	УНИИМ	620219, Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии	ВНИИ?	420029, Казань, ул. Журналистов, 24
Научно-исследовательский центр по изучению свойств поверхности и вакуума	НИЦПВ	117925, Москва, ул. Вавилова, 38
ГП "Всероссийский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений"	ГП ВНИИФТРИ	141570, Московская область, Солнечногорский р-н, п/о Менделееве
1 11 "Научный центр оптико-физических исследований"	ГП НЦОФИ	103 131, Москва, ул. Рождественка, 27

Основу *территориальных органов* Госстандарта составляют региональные центры метрологии и стандартизации, расположенные в центрах субъектов РФ и координирующие работу в области метрологии и стандартизации. Кроме этого, есть несколько специализированных территориальных органов, расположенных в городах, где действуют крупные метрологические институты.

Правовой основой для создания технических комитетов служит решение Госстандарта России или Госстроя Российской Федерации, кроме того, предприятия и организации могут направлять предложения по участию их специалистов в работе технического комитета в один из указанных выше государственных органов. Госстандарт или Госстрой РФ привлекают к работе в технических комитетах ведущих ученых и специалистов, представителей организаций—разработчиков продукции, производственных предприятий (фирм), предприятий—основных потребителей продукции (услуг), научных и инженерных обществ и обществ по защите прав потребителей. Работа в технических комитетах основана на добровольных началах.

Межобластные и областные лаборатории государственного надзора за стандартами и измерительной техникой осуществляют на данной территории функции Госстандарта России. Они несут ответственность за состояние и дальнейшее развитие стандартизации и метрологии; проведение единой технической политики в области стандартизации и метрологии на предприятиях, в организациях, расположенных на соответствующей территории.

На предприятиях организуется самостоятельный конструкторско-технологический или научно-исследовательский отдел (бюро, лаборатория) стандартизации, который подчиняется главному инженеру и выполняет все работы по стандартизации. Если на предприятии невозможно создать самостоятельные отделы по стандартизации, то создают особые бюро или группы стандартизации в отделах главного конструктора, главного технолога, главного металлурга и т.д., которые подчиняются начальникам соответствующих отделов и ведут работу по стандартизации только в определенной области.

Службы стандартизации на предприятиях разрабатывают:

- предложения к перспективным и годовым планам работ по государственной и отраслевой стандартизации и представляют их в соответствующую базовую или головную организацию по стандартизации;
- проводят работу по стандартизации и унификации продукции и технологической оснастке;
- определяют (с привлечением экономических служб предприятий) технико-экономическую эффективность внедрения стандартов и других нормативно-технических документов по стандартизации в проектирование и производство;
- осуществляют систематический контроль за внедрением и соблюдением стандартов и технических условий при проектировании и производстве продукции;
- разрабатывают стандарты предприятий;
- пересматривают устаревшие стандарты предприятий и технические условия, утвержденные предприятиями, и т.д.

Работу по стандартизации, проводимую на предприятиях, следует постоянно совершенствовать, так как от этого зависит повышение качества и снижение себестоимости продукции, улучшение организации производства. Вследствие, например, унификации, являющейся основным методом стандартизации, уменьшается номенклатура материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, что облегчает материально-техническое снабжение.

Другие субъекты хозяйственной деятельности (научно-технические общества, инженерные общества и др.) создают в своей структуре специальные службы, которые разрабатывают нормативно-технические документы для собственного пользования и организуют работу согласно рекомендациям (в соответствии стандартам) Госстандарта или Госстроя Российской Федерации.

Таким образом, задачами существующей в России системы служб стандартизации являются ускорение научно-технического прогресса, повышение качества продукции и дальнейшее развитие специализации производства.

7.3. Международные организации по стандартизации

При разработке отечественных стандартов учитываются рекомендации международных организаций по стандартизации. Головной международной организацией в области стандартизации является ИСО.

Цель ИСО — содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи, а также для расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

Для достижения цели ИСО:

- принимает меры по облегчению координации и унификации национальных стандартов и разрабатывает рекомендации для комитетов-членов (комитетами-членами ИСО являются национальные организации по стандартизации, которые изъявили согласие выполнять требования устава и правил процедуры ИСО);
- разрабатывает стандарты ИСО, если их одобрили 75% комитетов-членов, участвующих в голосовании;
- по возможности способствует и облегчает разработку новых стандартов, содержащих общие правила, одинаково применимые как в национальных, так и в международном масштабах;
- организует обмен информацией о работе комитетов-членов и технических комитетов;
- сотрудничает с другими международными организациями, заинтересованными в смежных вопросах, в частности, по их просьбе изучает вопросы, относящиеся к стандартизации.

В настоящее время ИСО определила наиболее актуальные стратегические направления:

- установление более тесных связей деятельности организации с рынком, что прежде всего должно отражаться на выборе приоритетных разработок;
- снижение общих и временных затрат в результате повышения эффективности работы административного аппарата, лучшего использования человеческих ресурсов, оптимизации рабочего процесса, развития информационных технологий и телекоммуникаций;
- оказание эффективного содействия ВТО путем внедрения программы, ориентированной на переработку технических условий и поставку товаров в страны ИСО;
- стимулирование "самоподдерживающихся" элементов указанной выше программы: поощрение создания новых стандартов для промышленности, развитие взаимоотношений с ВТО на условиях оказания необходимой технической помощи (предполагается всячески способствовать включению требований к поставленной продукции со стороны государств в

международные стандарты ИСО, что должно положительно сказаться на признании оценки соответствия);

- забота о повышении качества деятельности по национальной стандартизации в развивающихся странах, где главное внимание уделяется выравниванию уровней стандартизации.

Органами ИСО являются Генеральная ассамблея, Совет, комитеты Совета, Исполнительное бюро, Центральный секретариат, технические комитеты, подкомитеты, рабочие группы. Официальные лица ИСО — президент, вице-президент, казначей и генеральный секретарь.

Организационно в ИСО входят руководящие и рабочие органы (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Исполнительная система ИСО

Генеральная ассамблея является высшим руководящим органом ИСО и состоит из представителей всех национальных организаций по стандартизации комитетов-членов. Ассамблея определяет общую техническую политику организации и решает основные вопросы ее деятельности. Генеральную ассамблею созывает генеральный секретарь по решению президента или по просьбе не менее семи членов Совета или одиннадцати комитетов-членов не реже одного раза в три года.

В период между сессиями Генеральной ассамблеи руководство организацией осуществляет Совет. Совет рассматривает и принимает решения по всем вопросам деятельности ИСО и собирается на заседания не реже одного раза в год. Совет может также собираться на свои заседания по решению президента или по просьбе членов Совета.

При Совете создано Исполнительное бюро, которое является консультативным органом по вопросам, рассматриваемым в Совете. Кроме того, Исполнительное бюро принимает решения по вопросам, которые направляет Совет, например финансовые вопросы, проекты соглашений о сотрудничестве ИСО с другими международными организациями.

Кроме Исполнительного бюро, при Совете создан Центральный секретариат и ряд специальных технических комитетов для изучения отдельных общих вопросов деятельности организации.

Центральный секретариат — это орган, вырабатывающий рекомендации для Совета по вопросам организации, координации и планирования технической деятельности ИСО. Он рассматривает предложения по созданию и роспуску технических комитетов, готовит рекомендации по внесению изменений и дополнений в директивы по технической работе ИСО, по поручению Совета принимает решения в отношении названий технических комитетов и сферы их деятельности, закрепления секретариатов технических комитетов за комитетами-членами и другие вопросы.

Для рассмотрения конкретных вопросов координации деятельности в отдельных отраслях техники или групп отраслей бюро создает консультативные группы, которые готовят рекомендации по рассматриваемым вопросам.

Совету ИСО подчиняется семь комитетов:

- СТАКО (комитет по изучению научных принципов стандартизации);
- ПЛАКО (техническое бюро);
- КАСКО (комитет по оценке соответствия);
- ИНФКО (комитет по научно-технической информации);
- ДЕВКО (комитет по оказанию помощи развивающимся странам);

- КОПОЛКО (комитет по защите интересов потребителей);
- РЕМКО (комитет по стандартным образцам).

Комитет по изучению научных принципов стандартизации (СТАКО) рассматривает основополагающие вопросы стандартизации. Вся работа проводится в рамках рабочих групп, например, по принципам стандартизации, по ее эффективности, по применению международных стандартов в странах и др. Результатом деятельности рабочих групп явилась книга "Эффективность стандартизации", а также ряд руководств по вопросам применения международных стандартов в странах, внедрения национальных стандартов, эквивалентных международным и др. В настоящее время рабочая группа проводит большую работу по терминологии СТАКО, кроме того, подготовлено и издано руководство по терминам и определениям в области стандартизации, сертификации и аккредитации испытательных лабораторий. Принятие данного руководства позволило создать основу для единообразия терминологии в области стандартизации, сертификации и испытаний. Основным видом деятельности СТАКО — это проведение семинаров по обмену опытом между странами в области стандартизации.

ПЛАКО подготавливает предложения по планированию работы ИСО, по организации и координации технических сторон работы. В сферу деятельности ПЛАКО входят рассмотрение предложений по созданию и роспуску технических комитетов, определение области стандартизации, которой должны заниматься комитеты.

КАСКО создан для изучения вопросов организации сертификации продукции на соответствие стандартам и выработки соответствующих рекомендаций. Важная область работы КАСКО — содействие взаимному признанию и принятию национальных и региональных систем сертификации, а также использованию международных стандартов в области испытаний и подтверждения соответствия и т.д.

Задачами Комитета по научно-технической информации (ИНФКО) является:

- проведение работы в качестве Генеральной ассамблеи информационной сети ИСО (ИСОНЕТ). Цель ИСОНЕТ — создание условий для автоматизированного обмена информацией по стандартам на национальном и международном уровнях;
- содействие в координации работы информационных центров по стандартам и смежным вопросам;
- разработка рекомендаций по классификации и индексации стандартов и других нормативно-технических документов для автоматизированной обработки;
- содействие применению международных стандартов в информационных системах по нормативно-техническим документам и др.

ДЕВКО изучает запросы развивающихся стран в области стандартизации и разрабатывает рекомендации по содействию этим странам в данной области. Комитет выполняет следующие функции:

- организация обсуждения в широких масштабах всех аспектов стандартизации в развивающихся странах, создание условий для обмена опытом с развитыми странами;
- подготовка специалистов по стандартизации на базе обучающих центров в развитых странах;
- проведение ознакомительных поездок специалистов организаций, занимающихся стандартизацией в развивающихся странах;
- подготовка учебных пособий по стандартизации для развивающихся стран;
- стимулирование развития двухстороннего сотрудничества промышленно развитых и развивающихся государств в области стандартизации и метрологии.

В этих направлениях ДЕВКО сотрудничает с ООН. Одним из результатов совместных усилий стало создание и функционирование международных центров обучения.

Комитет по вопросам потребления (КОПОЛКО) объединяет представителей организаций потребителей комитетов-членов ИСО и решает следующие вопросы:

- изучает пути содействия потребителям получать наибольший эффект от стандартизации продукции, представляющей для них интерес, а также меры, которые необходимо предпринять для более широкого участия потребителей в национальной и международной стандартизации;
- с точки зрения стандартизации рекомендует меры, направленные на обеспечение информацией, обучение и защиту интересов потребителей;

- служит форумом для обмена мнением об участии потребителей в работах по стандартизации, применения стандартов в области потребительских товаров и по вопросам национальной и международной стандартизации, представляющим интерес для потребителей;
- поддерживает связь с различными органами ИСО, деятельность которых затрагивает вопросы потребителей.

РЕМКО оказывает методическую помощь ИСО путем разработки соответствующих руководств по вопросам, касающимся стандартных образцов (эталонов). Комитет по стандартным образцам подготовил справочник и несколько руководств: "Ссылка на стандартные образцы в международных стандартах", "Аттестация стандартных образцов. Общие и статистические принципы" и др.

Всю работу ИСО по разработке и согласованию проектов международных стандартов осуществляют рабочие органы ИСО: технические комитеты, подкомитеты и рабочие группы.

Рабочие группы, состоящие из ведущих специалистов стран в каждой отдельной области техники, являются основным техническим органом ИСО, в рамках которого разрабатываются проекты рабочих документов.

ИСО поддерживает контакты со многими международными организациями, которые в той или иной мере решают вопросы стандартизации. Среди них можно назвать Международную электротехническую комиссию (МЭК), Всемирную организацию здравоохранения, Международное агентство по атомной энергии,

Международную организацию законодательной метрологии, Европейскую экономическую комиссию ООН и др.

Порядок разработки международных стандартов, функции органов ИСО и их секретариатов определены в Директивах по технической работе ИСО, утвержденных Советом ИСО.

Процедура разработки международных стандартов осуществляется в следующей последовательности:

1. Рассмотрение предложения о включении в программу работ данного технического комитета разработки стандарта ИСО. Это предложение рассылается секретариатом технического комитета или подкомитета всем активным членам вместе с обоснованием целесообразности разработки этого стандарта. В случае принятия предложения приступают к разработке рабочего проекта документа.

2. В большинстве случаев рабочие проекты документов разрабатывают специально создаваемые для этих целей рабочие группы, в которые входят специалисты заинтересованных стран. Рабочие проекты могут представляться и отдельными странами на рассмотрение технического комитета или подкомитета. В случае получения общего согласия разработанного рабочего проекта документа на заседании технического комитета или подкомитета или путем переписки, он представляется в Центральный секретариат ИСО для регистрации в качестве проекта предложения по международному стандарту. Ему присваивают номер, который не меняется до момента публикации международного стандарта.

3. Проект предложения рассылается секретариатом технического комитета или подкомитета всем активным членам для внесения замечаний. После получения замечаний созывается международное заседание данного технического комитета или подкомитета, на котором рассматривается техническое содержание представленного документа. Как правило, в ходе одного заседания не удается достичь взаимоприемлемого решения, поэтому после каждого заседания проект дорабатывается, вновь рассылается активным членам технического комитета или подкомитета и затем опять обсуждается. Эти проекты называются: первый проект, второй проект и т.д. Для сокращения сроков разработки международных стандартов допускается разработка не более трех таких проектов. В случае невозможности принятия решения и по третьему проекту технический комитет решает вопрос о целесообразности дальнейшей работы над проектом международного стандарта.

4. По достижении общего согласия активных членов технического комитета или подкомитета проект предложения, оформленный в соответствии с требованиями ИСО, направляется в Центральный секретариат ИСО для регистрации в качестве проекта международного стандарта и рассылки его на голосование членам технического комитета или подкомитета. После одобрения проекта международного стандарта активными членами технического комитета или подкомитета по результатам голосования проект направляется на голосование в комитеты-члены ИСО, т.е. национальные организации по стандартизации, участвующие в работе ИСО страны. Это вызвано тем, что иногда мнение страны в техническом комитете

может расходиться с мнением национальной организации по стандартизации и только последняя вправе от имени страны принимать решение по представленному проекту международного стандарта. В целях сокращения сроков разработки проектов международных стандартов предусмотрено комбинированное голосование по проектам стандартов, когда проект рассылается на голосование одновременно и активным членам технического комитета или подкомитета, и национальным организациям по стандартизации комитетов-членов ИСО.

5. Проект международного стандарта принимается, если за него проголосовало большинство всех активных членов данного технического комитета или по крайней мере 75% членов, принявших участие в голосовании.

6. Издание международного стандарта Центральным секретариатом ИСО.

Участие нашей страны в деятельности ИСО способствует гармонизации следующих основных вопросов:

- приведение отечественных нормативно-технических документов в соответствие с международными стандартами и тем самым расширение экспортных возможностей всех отраслей народного хозяйства;
- использование прогрессивного зарубежного опыта в отечественных работах по стандартизации с целью сокращения средств и времени на проведение соответствующих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при разработке соответствующих стандартов;
- отстаивание интересов отечественной промышленности в технических комитетах ИСО.

В работе технических органов ИСО, по оценке экспертов, по рассмотрению документов ежегодно участвуют примерно 2500 российских специалистов.

Для рассмотрения общих вопросов участия организаций страны в работах международных организаций при Госстандарте России сформирован Российский комитет по участию в международных организациях по стандартизации и контролю качества продукции. В состав Комитета вошли представители всех заинтересованных министерств и ведомств страны и их организаций. Значительное место в работе Комитета занимают вопросы повышения эффективности участия России в международных организациях по стандартизации и контролю качества продукции, а также выработки мероприятий, направленных на широкое использование в стране результатов международных работ в этих областях.

По тематике каждого технического комитета создаются постоянные российские комиссии, которые возглавляют председатель и секретарь, назначаемые, как правило, головными и базовыми организациями по стандартизации, являющимися ведущими по продукции, входящей в сферу деятельности технического комитета.

Основными функциями постоянных российских комиссий является:

- рассмотрение проектов международных стандартов и других нормативно-технических документов и подготовка по ним заключений;
- проведение сравнительного анализа соответствия отечественных стандартов международным и подготовка предложений по применению последних в стране;
- подготовка предложений к годовым планам государственной стандартизации по линии ИСО;
- разработка проектов документов ИСО, автором которых является Россия;
- выработка позиции России на заседаниях ИСО, технических комитетов или подкомитетов.

Одно из главных направлений обеспечения эффективности участия России в деятельности ИСО — своевременное и полное использование международных стандартов в отечественной практике. Поэтому использование международных стандартов приобретает особое значение при разработке аналогичных документов Российской Федерации.

В ГОСТ 1.5—92 записано: показатели в стандартах и технических условиях устанавливаются с учетом технического уровня, качества и экономичности лучших зарубежных образцов аналогичной продукции, требований международных стандартов ИСО и МЭК, национальных стандартов стран-импортеров.

Контрольные вопросы

1. Перечислите законодательную и нормативную базу стандартизации.
2. Что называют стандартизацией и стандартом?
3. С какой целью введена ГСС и проведение каких работ по стандартизации она регламентирует?
4. Перечислите основные стандарты ГСС.

5. Объясните основные цели ГСС.
6. Перечислите цели и задачи стандартизации и поясните на примерах.
7. Перечислите основные цели и задачи Госстандарта России.
8. Какие ведущие международные организации по стандартизации вы знаете ?
9. Перечислите головные научно-исследовательские институты по стандартизации и каким вопросами они занимаются.
10. Какие основные функции выполняют технические комитеты Госстандарта РФ?
11. Чем занимаются межобластные и областные организации по стандартизации?
12. Какие службы по стандартизации функционируют на предприятиях?
13. Какие нормативные документы разрабатывают службы стандартизации на предприятиях?
14. Какие документы в области стандартизации разрабатывают организации, не производящие продукцию?
15. Какие технические органы ИСО занимаются разработкой международных стандартов?
16. Перечислите этапы разработки международных стандартов.
17. С какими международными организациями поддерживает контакты ИСО?
18. Какие организации созданы в России для участия в работе с ИСО? Перечислите их основные функции.

ГЛАВА 8. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ СТАНДАРТИЗАЦИИ

8.1. Систематизация, кодирование и классификация

Использование работ, выполняемых при стандартизации, позволяет улучшить процессы проектирования и изготовления самых разнообразных машин, агрегатов, устройств, а также разработку наукоемких производств и услуг, что значительно сократит время, необходимое для освоения новых изделий и обеспечит стабильность качества.

Основные работы, выполняемые при стандартизации:

- систематизация объектов, явлений или понятий;
- кодирование и классификация технико-экономической информации;
- унификация и симплификация деталей, сборочных единиц, узлов, агрегатов, машин, приборов;
- типизация конструкций, изделий и технологических процессов;
- агрегатирование машин и других изделий. *Систематизация объектов, явлений или понятий* преследует цель

расположить их в определенном порядке и последовательности, образующей четкую систему, удобную для пользования.

При систематизации необходимо учитывать взаимосвязь объектов. Наиболее простой формой систематизации является алфавитная система расположения объектов. Такую систему используют, например, в различных справочниках. Применяют также порядковую нумерацию систематизируемых объектов или расположение их в хронологической последовательности (Госстандарт России регистрирует ГОСТы по порядку номеров, после которого в каждом стандарте указывается год его утверждения или пересмотра).

Для эффективного управления народным хозяйством необходимо своевременно получать, передавать и перерабатывать большое количество самой разнообразной информации, объем которой с каждым годом растет. Для этой цели необходимо использовать автоматизированные системы управления народным хозяйством на всех уровнях, где применяют в основном вычислительную технику, а вычислительная техника работает с информацией, представленной только в закодированном виде, т.е. в виде сочетания различных цифр, букв. Кодирование информации предполагает обязательную систематизацию и классификацию.

Кодирование представляет собой образование по определенным правилам и присвоение кодов объекту или группе объектов, позволяющее заменить несколькими знаками (символами) наименования этих объектов. С помощью кодов обеспечивается идентификация объектов максимально коротким способом, т.е. с помощью минимального числа знаков. Стремление к минимизации количества знаков, идентифицирующих объекты, способствует повышению эффективности сбора, учета, хранения, обработки информации.

Кодовое обозначение характеризуется:

- алфавитом кода;
- структурой кода;
- числом знаков — длиной кода;
- методом кодирования.

Алфавит кода представляет собой систему знаков (символов), составленных в определенном порядке, куда могут входить цифры, буквы и другие знаки, имеющиеся на клавиатуре печатающего устройства. Коды бывают цифровые, буквенные и буквенно-цифровые.

Широкое применение в отечественной и зарубежной практике кодирования информации находят цифровые коды. При этом, как правило, используются десятичные коды, т.е. когда подмножество не превышает 10 объектов, код составляет один знак — от 0 до 9 включительно, а когда превышает 10 объектов — два знака — от 00 до 99 включительно и т.д. Установлено, что наибольшая эффективность в процессе обработки информации обеспечивается при применении цифровых кодов из пяти и менее цифр.

Структура кода представляет собой графическое изображение последовательности расположения знаков кода и соответствующие этим знакам наименования уровней деления.

Структура кода для Общероссийского классификатора продукции представлена на рис 8.1.



Рис. 8.1. Структура кода для Общероссийского классификатора продукции

Число знаков в коде определяется его структурой и зависит от количества объектов, входящих в подмножества, образуемые на каждом уровне деления. При определении числа знаков на каждом уровне деления необходимо иметь в виду возможность появления новых объектов и предусматривать резервные коды.

Методы кодирования в значительной степени связаны с методами разделения множества на подмножества.

- Как отмечалось выше, метод присвоения объектам порядковых цифровых номеров, при котором кодовыми обозначениями служат числа натурального ряда, обеспечивает полную идентификацию объектов, но не является информативным, так как не отражает признаков, присущих множеству. В отличие от него идентифицированные методы кодирования обеспечивают идентификацию объектов через коды, составленные по определенным правилам и включающие определенный набор кодов отдельных признаков, характеризующих эти объекты.

Коды должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- однозначно идентифицировать объекты и (или) группы объектов, т.е. быть идентификаторами;
- иметь минимальное число знаков (минимальную длину) и достаточное для кодирования всех объектов (признаков) заданного множества;
- иметь достаточный резерв для кодирования вновь возникающих объектов кодируемого множества;
- быть удобными для использования человеком, а также для компьютерной обработки закодированной информации;
- обеспечивать возможность автоматического контроля ошибок при вводе в компьютерные системы.

Классификационные методы кодирования разделяются на два типа: последовательный и параллельный (независимый).

Последовательный метод используется при иерархическом методе классификации, когда множество разделяется на подмножества в нужной последовательности и когда кодовое обозначение строится по заданной структуре, определяющей последовательность и количественный состав признаков на каждом уровне деления.

К недостаткам метода следует отнести зависимость кода от установленных правил образования, необходимость иметь резервные коды на случай включения дополнительных объектов, невозможность изменения состава и количества признаков, через которые идентифицируется объект.

Параллельный метод используется при фасетной классификации объектов, когда коды присваиваются фасетам и признакам независимо друг от друга. Структура кодового обозначения определяется фасетной формулой. Параллельный метод широко применяется при машинной обработке и при решении технико-экономических задач, характер которых часто меняется, и когда необходимо анализировать различные множества объектов. Метод обеспечивает возможность независимого изменения и дополнения характеристик объектов и их различных сочетаний, необходимых для решения конкретных задач. К недостаткам параллельного метода следует отнести громоздкость фасетных формул и избыточную емкость кодов.

Необходимо отметить, что кодирование при обоих методах осуществляется путем присвоения порядковых номеров, причем параллельный метод может успешно применяться при иерархическом методе классификации, когда одинаковыми кодами кодируются одинаковые объекты (признаки), находящиеся на одном уровне деления, но в разных подмножествах.

Классификация— это разделение множества объектов на классификационные группировки по сходству или различию на основе определенных признаков в соответствии с принятыми правилами.

Основными методами классификации объектов технико-экономической и социальной информации являются иерархический и фасетный.

Иерархический метод характеризуется тем, что исходное множество объектов последовательно разделяется на подмножества (классификационные группировки), а те, в свою очередь, — на подмножества и т.д. То есть множество объектов разделяется на классы, группы, виды и т.д. по основным признакам, характеризующим эти объекты по принципу — от общего к частному, т.е. каждая группировка в соответствии с выбранным признаком (основанием деления) делится на несколько других группировок, каждая из которых по другому признаку делится еще на несколько подчиненных группировок, и т.д. Таким образом, между классификационными группировками устанавливается отношение подчинения (иерархии).

Построение иерархической классификации объектов, как правило, происходит в следующей последовательности:

- определяется множество объектов, которое необходимо классифицировать (предприятий, процессов, изделий и т.д.) для решения конкретных задач;
- выделяются основные признаки (свойства, характеристики, показатели, параметры и др.), по которым множество будет делиться на подмножества;
- выбирается порядок следования признаков — уровень деления и их количество.

При построении иерархической классификации необходимо соблюдать следующие правила:

- разделение множества на подмножества на каждом уровне производится только по одному признаку деления;
- + получаемые в результате деления группировки на каждом уровне относятся только к одной вышестоящей группировке и не пересекаются, т.е. не повторяются;
- разделение множества осуществляется без пропусков очередного или добавления промежуточного уровня деления;
- классификация производится таким образом, чтобы сумма образованных подмножеств составляла делимое множество.

Наиболее сложными вопросами, возникающими при построении иерархической классификации, считают выбор системы признаков, используемых в качестве основания деления, и определение порядка их следования.

В основу иерархической классификации закладываются признаки, являющиеся необходимыми в решении задач, для которых она создается. При этом последовательность признаков определяется по принципу — от общего к частному, с учетом приоритетной вероятности обращений к разным уровням деления при решении конкретных задач.

Основные преимущества иерархической классификации заключаются в ее логичности, последовательности и хорошей приспособленности для ручной обработки информации. Недостатком является малая гибкость структуры, обусловленная фиксированностью признаков (оснований деления) и заранее установленным порядком их следования. Включение новых уровней деления по дополнительным признакам весьма затруднительно, особенно если не предусмотрены возможности расширения. Кроме того, иерархический метод не позволяет агрегировать объекты по необходимому для конкретных задач сочетанию признаков, что еще раз подтверждает его негибкость.

Фасетный метод классификации характеризуется тем, что множество объектов разделяется на независимые подмножества (классификационные группировки), обладающие определенными признаками, необходимыми для решения конкретных задач.

Последовательность построения фасетной классификации практически такая же, как при построении иерархической, т.е. определяется множество объектов, выделяются основные признаки и группы признаков этого множества и выбирается порядок следования групп признаков (фасетов) и признаков-характеристик.

Для вычисления из множества объектов конкретного подмножества, обладающего определенными признаками, необходимо выделить основные признаки-характеристики, всесторонне характеризующие объект и обеспечивающие его идентификацию, сгруппировать их по принципу однородности в фасеты, присвоить им коды, определить фасетные формулы для образования подмножеств.

Особенность фасетного метода состоит в том, что подмножества составляются по принципу "от частного к общему", т.е. на основе различных наборов конкретных характеристик объекта формируются конкретные подмножества.

Основным преимуществом фасетной классификации является гибкость, которая позволяет систематизировать объекты по необходимому набору признаков и осуществлять информационный поиск по любому сочетанию фасетов. Она также хорошо приспособлена для компьютерного формирования подмножеств на основе выбранного перечня признаков, но менее удобна для ручной обработки информации.

Порядок проведения работ по классификации и кодированию информации регламентирован комплексом государственных стандартов — Единой системой классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК ТЭИ).

ЕСКК ТЭИ регламентирует состав и содержание работ по созданию классификаторов технико-экономической информации, поддержанию их в актуальном состоянии путем внесения изменений, а также порядок разработки классификаторов и их практического применения.

Основные задачи ЕСКК ТЭИ:

- упорядочение, унификация, классификация и кодирование информации, используемой в системе управления;
- создание комплекса классификаторов, необходимых для решения задач органами управления различного уровня;
- максимальное использование международных классификаций для решения задач, связанных с международным обменом информацией;
- обеспечение условий для автоматизации процессов обработки информации, включая создание автоматизированных банков данных;
- обеспечение информационной совместимости взаимодействующих информационных систем.

По ЕСКК ТЭИ работы должны начинаться с постановки задачи по сбору, учету и анализу информации об объекте, которую должен решать орган управления. Он должен также составить техническое задание на разработку классификатора. Далее осуществляется анализ множества объектов с учетом поставленных задач,

формируются группы однородных объектов и выбираются методы классификации и кодирования множества. Следующим этапом является разработка классификатора в порядке, установленном ЕСКК ТЭИ, включая разработку систем ведения классификатора и мероприятий по его внедрению.

Классификатор представляет собой документ, содержащий систематизированный перечень кодов и наименований объектов классификации и классифицированных группировок, разработанный и утвержденный в установленном порядке, обязательный для применения на различных уровнях управления.

В зависимости от уровня утверждения и сферы применения разрабатываются классификаторы следующих категорий:

- общероссийский;
- отраслевые;
- предприятий (объединений, организаций, ассоциаций и т.д.).

По статусу утверждения и области применения классификаторы приравниваются соответственно к государственным, отраслевым и стандартам предприятий.

Общероссийские классификаторы утверждает Госстандарт России, и применение их является обязательным при обмене информацией между системами управления государственного уровня и при заполнении унифицированных форм документов, установленных государственными органами и имеющими межотраслевое применение.

Отраслевые классификаторы, как и отраслевые стандарты, действуют в рамках утвердившей их отрасли (министерства, ведомства) при заполнении отраслевых документов, а классификаторы предприятий — в рамках утвердивших их предприятий (объединений, ассоциаций и др.). В качестве классификаторов пред-ОДиятий могут служить выборки из общероссийских и отраслевых классификаторов.

-• I •; В число общероссийских входят классификаторы отраслей народного хозяйства, предприятий и организаций, единиц измерения, стандартов, продукции и др.

Общероссийский классификатор отраслей народного хозяйства (ОКОНХ) предназначен для обеспечения машинной обработки информации в управлении народным хозяйством, а также используется для решения задач "Автоматических систем управления" '-различных уровней управления и обеспечения их информационной совместимости.

ОКОНХ представляет собой свод кодов и наименований группировок видов деятельности по отраслям, отличающимся характером функций, выполняемых ими в общей системе общественного разделения труда. Внутри крупных отраслей народного хозяйства выделяются более дробные подотрасли, к которым могут быть отнесены предприятия, производящие однородную продукцию, или организации и учреждения, связанные с выполнением определенных общественных функций.

В ОКОНХ использована иерархическая классификация. Признаком деления на всех уровнях является вид деятельности. Каждый из последующих уровней группирует виды деятельности по более глубокой специализации в общественном разделение труда. В классификаторе используется пятиразрядный цифровой код (рис. 8.2).

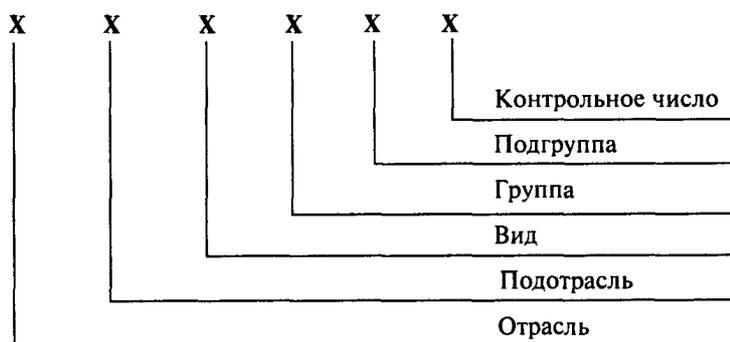


Рис. 8.2. Структура кода для Общероссийского классификатора отраслей народного хозяйства

Общероссийский классификатор предприятий и организаций (ОКПО). Объектами классификации в ОКПО являются предприятия, организации и объединения независимо от форм собственности, включая предприятия с иностранными инвестициями, банковские учреждения, общественные объединения и другие юридические лица, проходящие государственную регистрацию на территории Российской Федерации, а также полные товарищества, филиалы, представительства, отделения и другие обособленные подразделения предприятий и организаций.

В ОКПО использована порядковая система кодирования. Длина кодового обозначения — семь знаков, которыми можно закодировать до 10 млн объектов, и контрольное число; алфавит кода — цифровой. В качестве дополнительных признаков (фасетов) для позиций классификатора включены пятизначные коды органов государственного управления и общественных организаций, которым подчинены Предприятия (организации), 11-значные (7- или 4-значные) коды территорий, на которых расположены эти объекты, и 5-значные коды отраслей народного хозяйства.

Общероссийский классификатор единиц измерения (ОКЕИ). Объектами классификации являются единицы измерения, используемые в различных сферах деятельности. В ОКЕИ семь групп единиц: длины, площади, объема, массы, технические, времени, экономические.

ОКЕИ содержит два раздела и два справочных приложения.

Раздел 1 — "Международные единицы измерения, включенные в ЕСКК" — сформирован на базе международной классификации единиц измерения, содержащейся в Рекомендации № 20 РГ 4 ЕЭЕ ООН, и включает часто употребляемые в Российской Федерации единицы измерения. Оставшиеся единицы измерения из указанной международной классификации вынесены в справочное приложение.

Раздел 2 — "Национальные единицы измерения, включенные в ЕСКК" — включает дополнительные национальные единицы измерения, отсутствующие в международных классификациях.

Длина кодового обозначения — три знака, алфавит кода — цифровой. В классификаторе использована серийно-порядковая система кодирования.

Общероссийский классификатор стандартов (ОКС) соответствует Международному классификатору стандартов (МКС), утвержденному ИСО и рекомендованному к применению в странах-членах ИСО, и Межгосударственному классификатору стандартов МК (ИСО/ИНФКО МКС) 001-96. Объектами классификации являются стандарты и другие нормативные документы по стандартизации.

ОКС предназначен для использования при построении каталогов, указателей межгосударственных и национальных стандартов и других нормативных документов по стандартизации, для классификации стандартов и нормативных документов по стандартизации, содержащихся в базах данных, библиотеках и т.д.

В ОКС принят иерархический метод классификации. Длина кодового обозначения — семь знаков, алфавит кода — цифровой. Структура кодового обозначения ОКС представлена на рис. §.3.

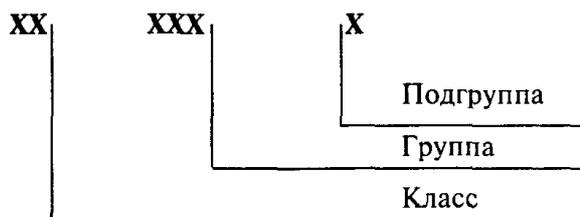


Рис. 8.3. Структура кода для Общероссийского классификатора стандартов

В ряде случаев для обеспечения точности индексирования нормативных документов и облегчения их поиска классификационные группировки отмечают звездочкой, обозначающей пояснения и ссылки на коды других классификационных группировок.

8.2. Унификация, типизация и агрегатирование машин

Унификация — это приведение объектов одинакового функционального назначения к единообразию (например, к оптимальной конструкции) по установленному признаку и рациональное сокращение числа этих объектов на основе данных об их эффективной применимости. Таким образом, при унификации устанавливают минимально необходимое, но достаточное число типов, видов, типоразмеров, изделий, сборочных единиц и деталей, обладающих высокими показателями качества и полной взаимозаменяемостью.

Унификация помогает выделить отдельные образцы, прототипы которых в тех или иных размерах и параметрических вариантах применяются во многих изделиях. Выделение этих представителей и всех их прототипов, расположение их в ряд по возрастающей или убывающей величине основного параметра, упорядочение этого ряда в соответствии с рядами предпочтительных чисел позволяет создавать типы объектов и типоразмеров. Кроме того, появление благодаря унификации достаточно большого спроса на отдельные детали и узлы, приводящего к укрупнению партий, дает возможность даже на заводах с единичным типом производства ограничивать поточное изготовление, создавать специализированные линии, участки, цеха.

В настоящее время перед унификацией стоят следующие задачи:

- уменьшение многообразия имеющихся видов, типов и типоразмеров изделий одинакового функционального назначения путем изменения в необходимых случаях конструкции или конструктивных элементов, основных и второстепенных размеров и т.д.;
- изменение конструкций и исполнительных размеров, марок материала, технической и термохимической обработки, точности изготовления аналогичных деталей, применяемых на

разных заводах с целью внедрения автоматических линий, допускающих экономически выгодную переналадку при данных размерах серийного выпуска деталей;

- создание комплексов взаимозаменяемых агрегатов, узлов и деталей, предназначенных для сборки значительно большей номенклатуры машин, механизмов, аппаратов или приборов (по сравнению с существующими неунифицированными аналогичными изделиями) путем добавления некоторого количества специальных (оригинальных) узлов и деталей;
- пересмотр видов, типов и типоразмеров, изготавливаемых или приобретаемых для комплектации изделий для замены морально устаревших или недостаточно качественных более современными, надежными и долговечными изделиями.

В процессе развития унификации все более четко определяются два основных ее направления: ограничительное и компоновочное. Ограничительное направление характеризуется проведением анализа номенклатуры выпускаемых изделий и ограничение ее до минимально необходимой номенклатуры типоразмеров изделий и их элементов. Компоновочное направление характеризуется проведением анализа потребности и выявлением номенклатуры изделий, необходимых народному хозяйству. Результатом этого анализа является создание новых рядов машин и их промежуточных типоразмеров на основе компоновки из определенного набора унифицированных узлов, агрегатов или блоков, но в пределах стандартных действующих или создаваемых типоразмерных рядов.

По содержанию унификация подразделяется на:

- внутриразмерную, когда унификация охватывает все разновидности (модификации) определенной машины как в отношении ее базовой модели, так и в отношении модификаций этой модели;
- межразмерную, когда унифицируют не только модификации одной базовой модели, но и базовые модели машин разных размеров данного параметрического ряда;
- межтиповую, когда унификация распространяется на машины разных типов, входящих в различные параметрические ряды.

Унификация может проводиться на заводском, отраслевом и межотраслевом уровнях. Заводская (в рамках завода), отраслевая и межотраслевая (для ряда заводов отрасли или отраслей) унификация в машиностроении и приборостроении может охватывать номенклатуру изделий, сборочных единиц и деталей, которые производят и применяют в различных отраслях народного хозяйства.

Из рис. 8.4 видно, что наряду с классификацией, базой унификации является стандартизация с ее системой предпочтительных чисел, которая позволяет установить оптимальные значения размеров и параметров стандартизованных объектов, а также разработать комплекс государственных стандартов на основные нормы, обеспечивающие взаимозаменяемость унифицированных деталей и узлов.

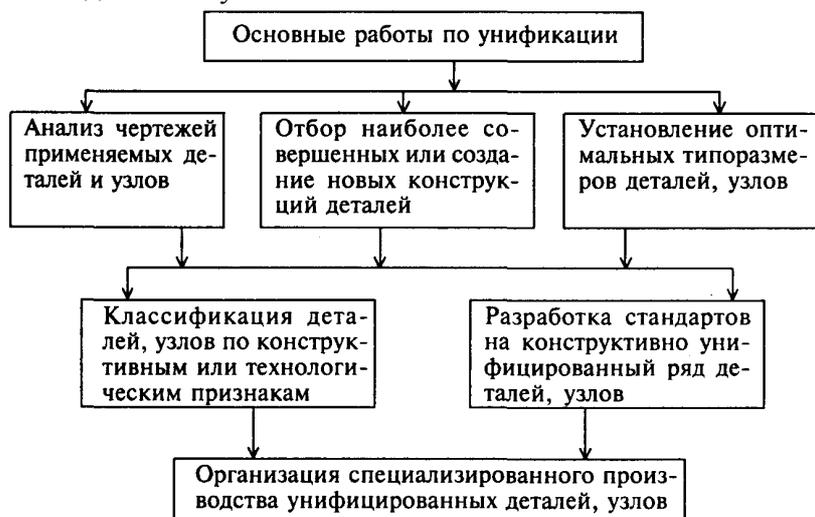


Рис. 8.4. Последовательность работ по унификации в машиностроении и приборостроении

Эффективность работ по унификации характеризуется уровнем унификации.

Под уровнем унификации и стандартизации изделий понимают насыщенность их соответственно унифицированными и стандартными составными частями (детальями, узлами, механизмами), и наиболее часто для их расчета используются коэффициенты применяемости и повторяемости. Коэффициент применяемости A''_n показывает уровень применяемости составных частей, т.е.

уровень использования во вновь разрабатываемых конструкциях деталей, узлов, механизмов, применявшихся ранее в предшествовавших аналогичных конструкциях. Рассчитывают по количеству типоразмеров, по составным частям изделия или в стоимостном выражении.

Коэффициент применяемости в различных отраслях промышленности в основном определяют с помощью дифференцированных показателей, характеризующих уровень (степень) унификации изделий (в %):

1. Показатель уровня стандартизации и унификации по числу типоразмеров определяют по формуле:

$$(8.1) \quad n$$

где n — общее число типоразмеров; n_0 — число оригинальных типоразмеров, которые разработаны впервые для данного изделия. Типоразмером называют такой предмет производства (деталь, узел, машину, прибор), который имеет определенную конструкцию (присущую только данному предмету), конкретные параметры и размеры и записывается отдельной позицией в графу спецификации изделия.

2. Показатель уровня стандартизации и унификации по составным частям изделия определяют по формуле:

$$(8.2)$$

где N — общее число составных частей изделия; N_0 — число оригинальных составных частей изделия.

3. Показатель уровня стандартизации и унификации по стоимостному выражению определяют по формуле:

$$(8.3)$$

где C — стоимость общего числа составных частей изделия; C_0 — стоимость числа оригинальных составных частей изделия.

Любая из приведенных формул характеризует уровень унификации только с одной стороны. Более полную характеристику уровня унификации изделия может дать комплексный показатель — коэффициент применяемости, который можно представить в виде: где C_y — средняя стоимость веса материала унифицированных деталей; C_t — средняя стоимость веса материала изделия в целом; n — средняя стоимость нормо-ч; $L_{ув}$ — вес всех унифицированных деталей в изделии; $A_{ум}$ — суммарная трудоемкость изготовления унифицированных деталей; $L_{дв}$ — общий вес изделия; $L_{дт}$ — полная трудоемкость изготовления изделия.

Коэффициент повторяемости составных частей в общем числе составных частей данного изделия K_n (%) характеризует уровень унификации и взаимозаменяемость составных частей изделий определенного типа:

$$N-1$$

$$(8.5)$$

где N — общее число составных частей изделий, n — общее число оригинальных типоразмеров.

Среднюю повторяемость составных частей в изделии характеризует коэффициент повторяемости:

$$K_{<} \sim n \cdot$$

$$(8.6)$$

Пример 8.1. Определить уровень стандартизации и унификации продольнообрабатывающего станка по коэффициенту применяемости (по числу типоразмеров, по составным частям изделия и в стоимостном выражении), а также уровень унификации и взаимозаменяемости по коэффициенту повторяемости составных частей и среднюю повторяемость составных частей данного изделия.

Общее число типоразмеров $n = 1657$, число оригинальных типоразмеров $n_0 = 203$, общее число деталей $N = 5402$, оригинальных $n_0 = 620$, стоимость всех деталей $C = 85\,000$ руб., оригинальных — $C_0 = 27\,200$ руб.

Решение. По формулам (8.1)–(8.3) определяем:

$$K_{пр} = \frac{1657 - 203}{1657} \cdot 100 = 87,7\%$$

$AG_{прч} = [(5402 - 620) / 5402] \cdot 100 = 88,5\%$; $AG_{прс} = [(85\,000 - 27\,200) / 85\,000] \cdot 100 = 68\%$. Коэффициент повторяемости рассчитываем по формулам (8.5) и (8.6):

$$K_n = [(5402 - 1657) / (5402 - 1)] \cdot 100 = 69,3\%$$
; $AG_{сн} = 5402 / 1657 = 3,2$.

Ограничительное направление унификации в мировой практике получило название симплификации.

Симплификация — форма стандартизации, цель которой уменьшить число типов или других разновидностей изделий до числа, достаточного для удовлетворения существующих в данное время

потребностей. При симплификации обычно исключают разновидности изделий, их составных частей и деталей, которые не являются необходимыми. В объекты симплификации не вносят какие-либо технические усовершенствования.

Типизация конструкций изделий — разработка и установление типовых конструкций, содержащих конструктивные параметры, общие для изделий, сборочных единиц и деталей. При типизации не только анализируют уже существующие типы и типоразмеры изделий, их составные части и детали, но и разрабатывают новые, перспективные, учитывающие достижения науки и техники и развитие промышленности. Часто результатом такой работы является установление соответствующих рядов изделий, их составных частей и деталей.

Типизация технологических процессов — разработка и установление технологического процесса для производства однотипных деталей или сборки однотипных составных частей или изделий той или иной классификационной группы.

Типизации технологических процессов должна предшествовать работа по классификации деталей, сборочных единиц и изделий и установлению типовых представителей, обладающих наибольшим числом признаков, характерных для деталей, сборочных единиц и изделий данной классификационной группы.

Агрегатирование — принцип создания машин, оборудования, приборов и других изделий из унифицированных стандартных агрегатов (автономных сборочных единиц), устанавливаемых в изделия в различном числе и комбинациях. Эти агрегаты должны обладать полной взаимозаменяемостью по всем эксплуатационным показателям и присоединительным размерам. Выделение агрегатов выполняют на основе кинематического анализа машин и их составных частей с учетом применения их в других машинах. При этом стремятся, чтобы из минимального числа типоразмеров автономных агрегатов можно было создать максимальное число компоновок оборудования.

В общем виде последовательность работы, основные положения и методика агрегатирования технологического оборудования приведена в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Последовательность работ и методика агрегатирования технологического оборудования

Наименование этапа	Результат выполнения этапа
1. Разработка системы классификации деталей, обрабатываемых на агрегатном технологическом оборудовании	Методика выбора деталей для обработки на агрегатном оборудовании
2. Разработка методов переналаживания элементов технологического процесса и создание оптимальных типовых технологических процессов	Методика выбора характера и степени переналаживаемости элементов технологического процесса и типизация технологических процессов
3. Разработка методов членения оборудования на агрегаты и узлы, системы классификации и перечня агрегатов и узлов оборудования для различных типов производства	Технические задания на проектирование агрегатов и узлов. Комплекс стандартов на основные параметры агрегатов и узлов технологического оборудования
4. Разработка научных основ создания оптимальных компоновок агрегатного оборудования	Стандартизация схем оптимальных компоновок агрегатного оборудования в зависимости от вида производства
5. Разработка показателей качества агрегатного оборудования	Стандарты на показатели качества отдельных агрегатов и агрегатного оборудования
6. Опытно-конструкторские и экспериментальные работы по созданию оборудования	Рабочие чертежи, изготовление и испытание опытных образцов
7. Разработка рекомендаций по созданию специализированного производства агрегатов и узлов и по организации прокатно-монтажных баз	Организация специализированного производства стандартных узлов и агрегатов и прокатно-монтажных баз

Важным преимуществом созданных на основе агрегатирования машин (технологического оборудования) является их конструктивная обратимость. Кроме того, агрегатирование дает возможность применять стандартные агрегаты и узлы в новых компоновках при изменении конструкций объектов производства.

Если унификация приводит к уменьшению числа типоразмеров унифицированных объектов, то агрегатирование дает возможность увеличивать число объектов специализированного назначения.

Агрегатирование расширяет и обеспечивает:

- область применения некоторых универсальных машин и оборудования путем создания условий для быстрой замены их рабочих органов (в этом случае универсальные машины приобретают свойства специализированных, обеспечивая высокую производительность труда и необходимое качество работы);
- номенклатуру выпускаемых машин и оборудования путем модификации их основных типов и создания различных исполнений, лучше отвечающих требованиям эксплуатации, чем машины и оборудование основных типов (базовых моделей) универсального назначения;
- комплектование (сборку) некоторых машин, механизмов, аппаратов, устройств и другого оборудования разного функционального назначения из унифицированных взаимозаменяемых агрегатов, узлов и деталей;
- номенклатуру продукции приборостроения благодаря применению блочного (агрегатного) способа их конструирования;
- дает возможность создавать приспособления и другую сложную технологическую механизированную и автоматизированную оснастку на основе использования общих агрегатов и узлов и способствует организации высокопроизводительного ремонта машин и других изделий путем использования взаимозаменяемых агрегатов и узлов.

Внедрение принципов агрегатирования возможно во всех отраслях машиностроения и приборостроения. В настоящее время метод агрегатирования находит широкое применение при создании технологического оборудования и средств механизации самого различного

назначения: металлорежущих и деревообрабатывающих станков, кузнечно-прессового и сварочного оборудования, литейных машин, подъемно-транспортного оборудования, всех видов технологической оснастки.

Контрольные вопросы

1. Что такое систематизация объектов ?
2. Что представляет собой кодирование информации?
3. Чем характеризуются кодовые обозначения?
4. Объясните структуру кода Общесоюзного классификатора продукции.
5. Какие основные требования предъявляются к кодам?
6. В чем состоит отличие последовательного и параллельного методов кодирования?
7. Какие основные методы классификации объектов вы знаете?
8. Какие вы знаете категории классификаторов?
9. Что такое унификация объектов стандартизации?
10. Перечислите основные задачи унификации.
11. На какие виды подразделяется унификация?
12. Какие основные работы проводят по унификации?
13. Что такое уровень стандартизации и унификации?
14. Что представляет собой симплификация?
15. Дайте определение типизации конструкций изделия и технологического процесса.
16. Опишите последовательность работ по агрегатированию технологического оборудования.

ГЛАВА 9. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

9.1. Общие сведения

С развитием научно-технического прогресса все более тесной становится органическая связь стандартизации с техникой и экономикой современного хозяйства, которая должна базироваться на использовании научно-технических принципов и методов разработки стандартов. Поэтому для обеспечения высокого качества и эффективности стандартов необходимо на стадии их разработки выполнять следующие обязательные научно-технические принципы и методы стандартизации (рис. 9.1).



Рис.9.1. Научно-технические принципы и методы стандартизации

Научно-технические принципы стандартизации относятся к методическим основам стандартизации и способствуют эффективной разработке стандартов производства, сферы услуг, применения взаимозаменяемости изделий и др.

Сущность метода комплексной стандартизации заключается в систематизации, оптимизации и увязке всех взаимодействующих факторов, обеспечивающих экономически оптимальный уровень качества выпускаемой продукции и услуг в требуемый срок.

Одним из главных проявлений научно-технического прогресса является постоянная и своевременная замена старых или устаревших, но находящихся еще в производстве изделий новыми, более прогрессивными, отвечающими современным требованиям науки и техники, обеспечивающими значительное повышение производительности общественного труда. Как правило, также сокращается интервал времени между новыми научными открытиями и их использованием в производстве. Если раньше открытия науки воплощались в технике через десятилетие, то теперь зачастую это происходит в течение нескольких лет. Поэтому основные

параметры изделий, зафиксированные в стандартах, быстро стареют и должны систематически пересматриваться с учетом долгосрочного прогноза и опережения темпов научно-технического прогресса. Этим требованиям отвечает метод опережающей стандартизации.

9.2. Принципы, определяющие научно-техническую организацию работ по стандартизации

Принцип системности. Научно-технический прогресс и повышение качества выпускаемой продукции вызвали объективную необходимость системного подхода к общественному процессу производства, включающему труд людей, обеспечивающих процесс производства, средства труда (совокупность применяемого оборудования, оснастки, инструмента, средств контроля и т.д.) и предметы труда (выпускаемую продукцию на всех стадиях ее создания и использования). Под системой понимают совокупность взаимосвязанных элементов, функционирование которых приводит к выполнению поставленной цели с максимальной эффективностью и наименьшими затратами. Количественные связи элементов системы могут быть детерминированными или случайными. Совокупность взаимосвязанных элементов, входящих в систему, образует структуру, позволяющую строить иерархическую зависимость их на различных уровнях.

Принцип обеспечения функциональной взаимозаменяемости стандартизируемых изделий позволяет обеспечить взаимозаменяемость изделий по эксплуатационным показателям и является главным при комплексной и опережающей стандартизации, а также при стандартизации изделий, технических условий на них и т.п.

Научно-исследовательский принцип разработки стандартов. Для подготовки проектов стандартов и их успешного внедрения необходимо не только широкое обобщение практического опыта, но и проведение специальных теоретических, экспериментальных и опытно-конструкторских работ. Этот принцип относится ко всем видам стандартов.

Принцип предпочтительности. Обычно типоразмеры деталей и типовых соединений, ряды допусков, посадок и другие параметры стандартизуют одновременно для многих отраслей промышленности, поэтому такие стандарты охватывают большой диапазон значений параметров. Чтобы повысить уровень взаимозаменяемости и уменьшить номенклатуру изделий и типоразмеров заготовок, размерного режущего инструмента, оснастки, производительность, скорость, число оборотов, мощность и т.д., используемых в той или иной отрасли промышленности, а также чтобы создать условия для эффективной специализации и кооперирования заводов, удешевления продукции, при унификации и разработке стандартов применяют принцип предпочтительности.

Принцип предпочтительности является теоретической базой современной стандартизации. Согласно этому принципу устанавливают несколько рядов значений стандартизуемых параметров с тем, чтобы при их выборе первый ряд предпочесть второму, второй — третьему. В соответствии с этим ряды предпочтительных чисел должны удовлетворять следующим требованиям:

- представлять рациональную систему градаций, отвечающую потребностям производства и эксплуатации;
- быть бесконечными в уменьшении и увеличении чисел;
- включать все последовательные десятикратные или дробные значения каждого числа ряда;
- быть простыми и легко запоминающимися.

Наиболее широко используют ряды предпочтительных чисел, построенные по принципу геометрической прогрессии. Она представляет собой ряд чисел с постоянным отношением двух соседних чисел — знаменателем прогрессии (A). Каждый член прогрессии является произведением предыдущего члена на A . Например, при $A = 2$ прогрессии имеют вид: 1; 2; 4; 8; 16; 32;... и 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; ... Соответственно их знаменатели равны: $A = 2/1 = 2$; $A_2 = 1,6/1 = 1,6$; $A_3 = 2,5/1,6 = 1,5625$; $A_4 = 4/2,5 = 1,6$; $A_5 = 6,3/4 = 1,575$.

Произведение или частное любых двух членов геометрической прогрессии всегда является ее членом:

$$2 \times 4 = 8; 8 \div 4 = 2; 16 \div 2 = 8; 8 \div 2 = 4; 32 \div 4 = 8.$$

Любой член такой прогрессии, возведенный в целую положительную или отрицательную степень, также является членом этой прогрессии:

$$2^2=4; 2^3 = 8; 2^{-1}=1/2; 1/4 = 2^{-2}; \sqrt{8} = 2; \sqrt[3]{64}=4 \text{ и т.д.}$$

		4,50	4,50	26	4,4668
			475	27	4,7315
	5,00	5,00	5,00	28 29	5,0119 5,3088
		5,60	5,60	30	5,6234
			6,00	31	5,9566
6,30	6,30	6,30	6,30	32 33	6,3096 6,6834
		7,10	7,10	34	7,0795
			7,50	35	7,4989
	8,00	8,00	8,00	36	7,9433 8,4140
				37	
		9,00	9,00	38 39	8,9125 9,4406
10,00	10,00	10,00	10,00	40	10,0000

В табл. 9.1 помимо значений основных рядов чисел приведены так называемые порядковые числа, которые являются логарифмами предпочтительных чисел и значительно облегчают умножение, деление, возведение в степень и извлечение из них корня. Например, требуется умножить предпочтительные числа 1,12 и 4,75. Число 1,12 имеет порядковый номер 2, число 4,75 — порядковый номер 27. Сумма их порядковых номеров (29) соответствует порядковому номеру предпочтительного числа 5,32, являющемуся произведением 1,12 и 4,75.

Отступление от предпочтительных чисел и их рядов допускается в следующих случаях:

- округление до предпочтительного числа выходит за пределы допускаемой погрешности;
- значение параметров технических объектов следуют закономерности, отличной от геометрической прогрессии.

В порядке исключения, если округление до приведенных чисел связано с потерей эффективности или невозможно, то можно воспользоваться предпочтительными числами дополнительных рядов — К80 и К. 160. Обозначения и знаменатели дополнительных рядов предпочтительных чисел приводятся в ГОСТ 8032—84.

При установлении размеров, параметров и других числовых характеристик их значения следует брать из основных рядов предпочтительных чисел. При этом величины ряда Я5 необходимо предпочесть величинам ряда КЛЮ, величины ряда КЛЮ — величинам К20, последние — величинам К40.

Выборочные ряды предпочтительных чисел получают путем отбора каждого 2, 3, 4, ..., «-го члена основного или дополнительного ряда, начиная с любого числа. Обозначения выборочного ряда состоят из обозначения исходного основного ряда, после которого ставится косая черта и соответственно число 2, 3, 4, ...,я. Если ряд ограничен, обозначение должно содержать члены, ограничивающие его; если он не ограничен, должен быть указан хотя бы один его член, например:

К.5/2 (1, ... ,1 000 000) — выборочный ряд, составленный из каждого второго члена основного ряда К5, ограниченный членами 1 и 1 000 000;

К10/3 (... 80 ...) — выборочный ряд, составленный из каждого третьего члена основного ряда Я10, включающий член 80 и не ограниченный в обоих направлениях;

К20/4 (112 ...) — выборочный ряд, составленный из каждого четвертого члена основного ряда К.20 и ограниченный по нижнему пределу членом 112;

К40/5 (... 60) — выборочный ряд, составленный из каждого пятого члена основного ряда К.40 и ограниченный по верхнему пределу членом 60. Выборочные ряды предпочтительных чисел должны применяться, когда уменьшение числа градаций создает дополнительный эффект по сравнению с использованием полных рядов. При этом предпочтение следует отдавать рядам, приведенным в ГОСТ 8032—84.

Из выборочных рядов с одинаковым значением предпочтение следует отдать ряду, содержащему единицу или число, единственной значащей цифрой которого является единица (например, 0,01; 0,1; 10; 100 и т.д.).

Допускается использовать производные предпочтительные ряды чисел, которые устанавливаются для случаев, когда из-за естественных закономерностей не могут быть применены геометрические ряды, регламентированные ГОСТ 8032—84. Производные ряды получают путем простейшего преобразования основных и дополнительных рядов предпочтительных чисел и соответственно делят на основные и дополнительные.

Производные ряды применяют тогда, когда ни один из основных рядов не удовлетворяет предъявленным требованиям и когда устанавливаются градации числовых характеристик, зависящих от параметров и размеров, образованных на базе основных рядов.

Убывающие ряды положительных предпочтительных чисел получают на основе убывающей геометрической прогрессии, q -и член которой равен $q = 1/e = 10^{1/10}$.

Обозначение убывающего ряда положительных предпочтительных чисел получают добавлением к обозначению каждого основного и дополнительного ряда предпочтительных чисел знака "-1", например: !K5, ШО {... 1,25}, 1K20 {45...}, !K40 {300,...,75}.

Иногда при стандартизации применяют ряды предпочтительных чисел и построение по арифметической прогрессии, например 1, 2, 3, 4, 5, 6, ... или 25, 50, 75, 100, 125, 150... Для арифметического ряда характерно то, что разность между любыми двумя соседними числами всегда постоянна. Применяют также ступенчато-арифметические ряды, у которых на отдельных отрезках прогрессии разность между соседними членами различна, например ряды диаметров метрических резьбы: 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; ...; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; ...; 145; 150; 155; 160 и т.д.

В радиотехнике часто применяют предпочтительные числа, построенные по рядам E, установленным Международной электротехнической комиссией:

ряд E3 с $A = \sqrt[3]{70} = 2,2$; ряд E12 с $A = \sqrt{10} = 1,2$;

ряд

E6 с $A = \sqrt[6]{10} = 1,5$; ряд E24 с $A = \sqrt[24]{10} = 1,1$.

Введение единого порядка при переходе от одних числовых значений параметров к другим во всех отраслях промышленности уменьшает количество типоразмеров, способствует более экономному расходованию исходных материалов, позволяет согласовать и увязать между собой различные виды изделий, материалов, полуфабрикатов, транспортных средств, производственного оборудования (по мощности, габаритам и т.д.).

Если, например, на каком-то заводе предполагается выпускать семь типоразмеров двигателей (минимальная мощность первого типоразмера 10 кВт), то по нормальному ряду чисел параметрического ряда K5 будет включать двигатели следующих мощностей: 10, 16, 25, 40, 63, 100 и 160 кВт.

Установленные ГОСТ 8032—84 предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел в еще большей мере обеспечат унификацию значений параметров технических объектов и регламентацию наиболее рационального числа типоразмеров конкретных видов продукции.

Предпочтительные числа и их ряды, принятые за основу, служат при назначении классов точности, размеров, углов, радиусов, канавок, уступов, линейных размеров, сокращают номенклатуру режущего и измерительного инструмента, кулачков для автоматов, штампов, пресс-форм, приспособлений, а также для упорядочения выбора величин и градаций параметров производственных процессов, оборудования, приспособлений, материалов, полуфабрикатов, транспортных средств и т.п. Для этой цели разрабатывают стандарты на параметрические (типоразмерные, конструктивные) ряды этих изделий.

Параметрическим рядом называют закономерно построенную в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра машин (или других изделий) одного функционального назначения и аналогичных по кинематике или рабочему процессу. Главный параметр (параметр, который определяет важнейший эксплуатационный показатель машины и не зависит от технических усовершенствований изделия и технологии изготовления) служит базой при определении числовых значений основных параметров (параметры, которые определяют качество машин).

Параметрические (типоразмерные и конструктивные) ряды машин иногда строят, исходя из пропорционального изменения их эксплуатационных показателей (мощности, производительности, тяговой силы и др.). В этом случае геометрические характеристики машин (рабочий объем, диаметр цилиндра, диаметр колеса роторных машин и т.д.) являются производными от эксплуатационных показателей и в пределах ряда машин могут изменяться по закономерностям, отличным от закономерностей изменения эксплуатационных показателей. При построении параметрических, типоразмерных и конструктивных рядов машин желательно соблюдать подобие рабочего процесса, обеспечивающего равенство параметров тепловой и силовой напряженности машин в целом и их деталей. Такое подобие иногда называют механическим. Оно приводит к геометрическому подобию. Например, для двигателей внутреннего сгорания существуют два условия подобия:

- равенство среднего эффективного давления, зависящего от давления и температуры топливной смеси на всасывании;
- равенство средней скорости поршня $u_n = 5\pi/30$ (5 — ход поршня; и — частота вращения двигателя).

В специальной литературе приведены расчеты, показывающие, что равенство параметров силовой и тепловой напряженности, например, деталей цилиндропоршневой группы обеспечиваются, когда главным параметром является диаметр цилиндра O . Это дает возможность создать ряд геометрически подобных двигателей с соотношением $5/\Pi = \text{сопн}$, соблюдая указанные критерии подобия рабочего процесса. При этом у всех геометрически подобных двигателей будут одинаковые термодинамический, механический и эффективный коэффициент полезного действия (а следовательно, и расход топлива), тепловая и силовая напряженность и мощность. Градации толщины стенки цилиндра I будет такими же, как и градации O .

Стандарты на параметрические ряды должны предусматривать внедрение в промышленность технически более совершенных и производительных машин, приборов и других видов изделий, с тем чтобы они содействовали научно-техническому прогрессу во всех областях народного хозяйства. Эти ряды должны допускать установление параметров для систем машин, внутритиповую и межтиповую унификацию и агрегатирование машин и приборов, а также возможность создания различных модификаций изделий на основе агрегатирования.

Это способствует росту уровня взаимозаменяемости, повышению серийности, технического уровня и качества выпускаемой продукции, расширению объемов ее производства, улучшению организации инструментального хозяйства на предприятиях (объединениях). В результате значительно снижается себестоимость изделий. В масштабе всей промышленности может быть получена весьма весомая экономия.

Параметрические ряды следует назначать с учетом частоты применяемости для модификаций изделий, соответствующих каждому члену ряда. В некоторых случаях может оказаться более целесообразным ряд, построенный и по арифметической прогрессии, или специальный неравномерный ряд, согласованный с плотностью распределения применяемости данного параметра.

Изготовителям целесообразно иметь более разреженный ряд, что позволяет уменьшить затраты на освоение производства, сократить номенклатуру оснастки, организовать высокопроизводительное и рациональное производство. Для потребителей более выгоден густой ряд, позволяющий рациональнее использовать применяемое оборудование, материалы, электроэнергию, производственные площади. Поэтому критерием для выбора сравниваемых рядов является минимум затрат на изготовление и эксплуатацию изделия.

Существуют два способа экономического обоснования параметрических и размерных рядов:

- первый — расчеты производят по себестоимости годовой программы изделий;
- второй — кроме себестоимости учитывают сроки окупаемости затрат и службы изделий, а также эксплуатационные расходы.

Второй способ применяют для обоснования параметрических рядов параметров узлов и машин, потребляющих или передающих большое количество энергии (редукторы, станки и их коробки передач, электродвигатели и т.д.).

По первому способу себестоимость однотипных изделий, образующих размерный ряд, можно рассчитать по формулам:

$$c = m + c; C = Bc, \quad (9.1)$$

где c — себестоимость изделия; m — стоимость материала одного изделия; c — прочие затраты на изготовление одного изделия; C — себестоимость изделий в объеме годовой программы; B — годовая программа.

Прочие затраты можно вычислить по заданной программе и принятому технологическому процессу, но удобнее определять, пользуясь коэффициентом изменения прочих затрат:

(9.2)

где $K_{ин} = B_n$, B_n — коэффициент изменения программы; $\gamma = 0,2, \dots, 0,3$ определяют исходя из программы выпуска, количества потребляемого металла и др.

Таким образом, прочие затраты на единицу изделия при изменении программы c_n можно определить, пользуясь величиной прочих затрат c , вычисленной для ранее намеченной программы выпуска тех же изделий:

Пример 9.1. Рассчитать себестоимость годового выпуска валов, длины которых назначены по /&20. Установить экономическую целесообразность изготовления этих валов с длинами по ряду Ля 10. Затраты по эксплуатации валов считать неизменными и при расчетах не учитывать; $\gamma = 0,2$. Данные выпуска валов приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Таблица 9.3

Длина вала, мм	Годовая программа B_n , тыс. шт.	Затраты на материалы m , тыс. руб.	Прочие затраты c_n , тыс. руб.
400	10,0	0,084	0,042
450	16,0	0,09	0,045
500	3,0	0,096	0,053
560	10,0	0,102	0,121
630	3,6	0,113	0,124

Решение. Себестоимость валов, имеющих длину по /&20, рассчитанная по формуле (9.1), следующая:

Длина вала, мм.....	400	450	500	560	630
Себестоимость изделия c_n , тыс. руб.....	0,126	0,135	0,149	0,223	0,237
Себестоимость годовой программы C_n , тыс. руб.....	1,260	2,160	0,447	2,23	0,853
Общая себестоимость валов годовой программы.....	$C_n = 6,95$ тыс. руб.				

Определим себестоимость валов, соответствующую размерному ряду /&10. Общая годовая программа не меняется. Число валов, длины которых отсутствуют в ряду /БЮ (например, 450 мм), прибавляется к числу валов, имеющих ближайшую большую длину, соответствующую размерам принятого ряда (например, 500 мм). Расчетная годовая программа выпуска валов с длиной 500 мм составит: $B_n = 16 + 3 = 19$ тыс. шт; с длиной 63 мм $B_n = 3,6 \cdot 10 = 13,6$ тыс. шт. Значения коэффициентов, c'_n , определяем по формулам (9.1M9.3).

Себестоимость годовой программы вычисляем по формулам: $c_n = M + c_n$ и $C_n = c_n B_n$. Результаты расчета заносим в табл. 9.3.

Длин а вала, мм	Годовая программа выпуска валов #п,ТыС.11ГТ.	Затраты на материалы Л/, тыс. Руб.	Коэффициент изменения		Прочие за- граты c_n , тыс. руб.	Себесто имость из- целияс, Гью. руб.	Себестоимость годовой прог- раммы выпуска валов C_n , тыо. руб.	
			$\alpha_{МП}$	Ки.з				
400	10,0	19,0	0,084	1,00	1,00	0,042 0,037	0,126	1,260
500	13,6		0,096	6,33	0,69	0,095	0,113	2,527 2,829
630			0,113	3,78	0,76		0,208	

Итого $C_n = 6,616$ тыс.руб

C_n при применении ряда ЯдЮ оказалось меньше, чем в предыдущем случае. Следовательно, применение ряда /&10 в технологическом отношении экономичнее, чем ряда /&20.

Пример 9.2. Определить целесообразность изготовления муфт с диаметрами посадочных отверстий по ряду: Яо5; /БЮ; /&40; /&80. Для всех вариантов затраты по эксплуатации муфт неизменные, $I = 0,1$. Данные выпуска изделия по ряду $Ka20$ приведены в табл. 9.4.

Таблица 9.4

Внутренний диаметр, мм	Годовая программа, тыс. шт.	Затраты на материалы, тыс. руб.	Прочие затраты, тыс. руб.
25	7	1,5	9,7
28	20	1,8	9,7
32	30	2,2	9,8
36	40	2,6	9,9
40	70	3,6	10,4

Принцип прогрессивности и оптимизации стандартов. Показатели, нормы, характеристики и требования в стандартах должны соответствовать мировому уровню науки, техники и производства и учитывать тенденцию развития стандартизуемых объектов. Необходимо устанавливать экономически оптимальные показатели качества, учитывающие не только эффективность нового (повышенного) качества продукции, но и затраты на ее изготовление, материал и эксплуатацию, т.е. должен быть получен максимальный экономический эффект при минимальных затратах. Достижению этой цели способствуют методы опережающей и комплексной стандартизации.

Взаимувязка стандартов. При разработке стандартов необходимо учитывать все основные элементы (факторы), влияющие на конечный объект стандартизации. Для сокращения трудоемкости работ по стандартизации элементы, незначительно влияющие на основной объект, не учитывают. При стандартизации рассматривают систему характеристик и требований к комплексу взаимосвязанных материальных и нематериальных элементов. При

этом требования к элементам определяются исходя из требований к основному объекту стандартизации. Для создания условий необходима рациональная система стандартов, которая охватывала бы все ее жизненные циклы: проектирование, серийное производство и эксплуатацию готового изделия.

Принцип минимального удельного расхода материалов. Стоимость материалов и полуфабрикатов в машиностроении составляет от 40 до 80% общей себестоимости продукции. Поэтому снижение удельного расхода материала на единицу продукции имеет большое народно-хозяйственное значение. При стандартизации заготовок и изделий экономии материала можно получить за счет использования рациональных конструктивных схем и компоновок машин, совершенствования методов расчета деталей на прочность и обоснованного снижения запаса прочности, применения экономических профилей, периодического проката, сварных конструкций, пластмасс, литых заготовок, особенно литья по выплавляемым моделями.

9.3. Методы стандартизации

Методы стандартизации представляются в виде комплексной и опережающей стандартизации. Научно-технический прогресс требует постоянного сокращения сроков создания необходимой народному хозяйству новой техники, обладающей более прогрессивными производственно-техническими характеристиками. Ведущая роль в решении этих задач принадлежит комплексной стандартизации.

Комплексная стандартизация (КС)— это стандартизация, при которой осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимоувязанных требований как к самому объекту КС в целом и его основным элементам, так и к материальным и нематериальным факторам, влияющим на объект, в целях обеспечения оптимального решения конкретной проблемы. Следовательно, сущность КС следует понимать как систематизацию, оптимизацию и увязку всех взаимодействующих факторов, обеспечивающих экономически оптимальный уровень качества продукции в требуемые сроки.

Комплексная стандартизация является одним из важнейших направлений стандартизации. Она позволяет создавать комплексы

согласованных между собой нормативно-технических документов по стандартизации, регламентирующих нормы и требования к взаимосвязанным (в процессе проектирования, производства или эксплуатации) объектам стандартизации.

К основным задачам разработки и выполнения программ КС следует отнести следующие:

- обеспечение всемерного повышения эффективности общественного производства, технического уровня и качества продукции, усиление режима экономии всех видов производственных ресурсов;
- повышение научно-технического уровня стандартов и их организующей роли в ускорении научно-технического прогресса на основе широкого использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, лучших отечественных и зарубежных достижений науки и техники;
- регламентация взаимосвязанных норм и требований к общетехническим и отраслевым комплексам нематериальных объектов стандартизации (системы документации, системы общетехнических норм, системы норм техники безопасности и т.п.), а также к элементам этих комплексов;
- регламентация норм и требований к взаимосвязанным объектам, элементам этих объектов (в машиностроении — деталям, узлам и агрегатам), а также к тем видам сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, тары, упаковки и т.п., и к технологическим процессам изготовления, транспортирования и эксплуатации, показатели которых должны быть регламентированы на определенном уровне, определяемом требованиями, предъявляемыми к самому объекту стандартизации.

Комплексная стандартизация позволяет установить наиболее рациональные в техническом отношении параметрические ряды и сортамент промышленной продукции, устранять ее излишнее многообразие, неоправданную разнотипность, создавать техническую базу для организации массового и поточного производства на специализированных предприятиях с применением более совершенной технологии, ускорять внедрение новейшей техники и обеспечивать эффективное решение многих вопросов, связанных с повышением качества изделий, их надежности, долговечности, ремонтнопригодности, безопасности в условиях эксплуатации (потребления).

Основным преимуществом КС является то, что требования к стандартизации каждого объекта подчинены задаче обеспечения технико-экономической эффективности всей группы (системы) объектов в целом. Экономичность КС в значительной степени зависит от решения задачи ее оптимального ограничения. Недостаточный охват нормативно-технической документацией элементов КС и их показателей не приведет к желаемому результату. Слишком глубокий и полный охват экономически невыгоден, так как, начиная с некоторого максимума, дальнейшее расширение границ стандартизации резко повышает стоимость работ по стандартизации и мало отражается на уровне качества объекта КС. Особо важное значение имеет этот принцип по отношению к узлам, деталям, сырью и полуфабрикатам, являющимся элементами объектов КС. Номенклатура их должна быть ограничена до элементов отраслевого и специального применения с исключением общемашиностроительных узлов, деталей и материалов. Вопрос оптимального ограничения должен решаться отдельно в каждом конкретном случае.

Одним из главных показателей, определяющим степень КС, является интегральный коэффициент охвата изделий стандартизацией K_{int} , получаемый перемножением частных коэффициентов, характеризующих уровень стандартизации сырья, полуфабрикатов, частей и деталей конструкций, комплектующих изделий, оснащения, методов испытаний, готовой продукции и др.: $K_{int} = K_1 K_2 K_3 \dots K_n$ — частные коэффициенты стандартизации каждого элемента конструкции, компонента, входящего в изделие.

Частный коэффициент K представляет собой отношение количества разработанных нормативно-технических документов на стандартизованные элементы конструкции (K^*) к общему количеству нормативно-технических документов, необходимых для выпуска данной продукции ($A_{общ}$), т.е. $K = (K^* : A_{общ}) \cdot 100$.

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.).

В современных условиях инструментом практической организации работ по КС продукции является разработка и реализация программ комплексной стандартизации. Они направлены на решение важнейших народно-хозяйственных проблем, предусматривают "сквозные" требования на сырье, материалы, полуфабрикаты, детали, узлы, комплектующие изделия, оборудование, инструменты, технические средства контроля и испытаний, метрологическое обеспечение, методы организации и технологической подготовки производства, хранения, транспортирования, регламентирующие условия работы для достижения установленного нормативно-техническими документами технического уровня и качества изделий. Многие программы комплексной стандартизации представляют собой крупные межотраслевые комплексы.

В качестве примера межотраслевых комплексов можно привести системы общетехнических стандартов. Эти системы объединяют в каждом комплексе несколько десятков прогрессивных стандартов, охватывающих все стадии жизненного цикла изделий: исследование и проектирование, подготовку производства, производство, эксплуатацию и ремонт. Внедрение комплексных систем стандартов повышает эффективность инженерного труда, качество продукции и экономичность ее производства.

В настоящее время действуют следующие межотраслевые системы стандартов, направленные на решение крупных народнохозяйственных задач, обеспечивающих повышение эффективности производства высококачественной продукции:

- единая система конструкторской документации (ЕСКД);
- единая система технологической документации (ЕСТД);
- система показателей качества продукции (СПКП);
- унифицированные системы документации (УСД);
- система информационно-библиографической документации;
- государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ);
- единая система защиты от коррозии и старения материалов и изделий (ЕСЗКС);
- стандарты на товары, поставляемые на экспорт;
- система стандартов безопасности труда (ССБТ);
- единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП);
- разработка и постановка продукции на производство;
- система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов;
- * • единая система программной документации (ЕСПД);
- единая система государственного управления качеством продукции (ЕСГУКП);
- система проектной документации для строительства (СПДС);

• единая система стандартов приборостроения (ЕССП) и др. Рассмотрим более подробно некоторые из них.

1. *Единая система конструкторской документации (ЕСКД)* устанавливает для всех организаций страны единый порядок организации проектирования, единые правила выполнения и оформления чертежей и ведения чертежного хозяйства, что упрощает проектно-конструкторские работы, способствует повышению качества и уровня взаимозаменяемости изделий и облегчает чтение и понимание чертежей в разных организациях. Этим стандартам присвоен класс 2, например ГОСТ 2.001—93.

В стандартах ЕСКД учтены правила и положения действовавших ранее стандартов на чертежи и систему чертежного хозяйства, положительный опыт применения отраслевых систем конструкторской документации и обеспечена согласованность правил оформления графических документов (чертежей и схем) с рекомендациями международных организаций.

Основные задачи ЕСКД:

- повышение производительности труда конструкторов;
- улучшение качества чертежной документации;
- взаимообмен конструкторской документации между организациями и предприятиями без переоформления;
- углубление унификации при разработке проектов промышленных изделий;
- упрощение форм конструкторских документов, графических изображений, внесения в них изменений;
- механизация и автоматизация обработки технических документов и содержащейся в них информации;
- эффективное хранение, дублирование, учет документации, сокращение ее объемов;
- ускорение оборота документов;
- улучшение условий эксплуатации и ремонта технических устройств.

Система конструкторской документации широко используется в автоматических системах управления всех уровней; при создании и применении машинных носителей в качестве юридически предусмотренных форм представления документации; в действующих общесоюзных классификаторах и разрабатываемых системах документации; в процессе разработки стандартных программ сбора, хранения, передачи и обработки информации в общегосударственной автоматизированной системе.

Главным направлением перспективного развития и совершенствования ЕСКД является наиболее полное документальное обеспечение систем автоматизации проектно-конструкторских работ и автоматизированных систем управления на всех уровнях — государственном, отраслевом, предприятия (объединения), организации. Дальние перспективы развития связаны с ЭВМ четвертого (сверхминиатюрные ЭВМ на базе больших интегральных схем) и пятого (ЭВМ на основе световых и оптических явлений) поколений, а также с созданием общегосударственной сети вычислительных центров. Это приведет к качественным изменениям процесса проектирования. Например, любая проектная организация будет иметь возможность использовать вычислительные мощности при помощи разветвленной системы связи с централизованными вычислительными центрами, а сам процесс проектирования будет протекать в виде диалога человека и машины, причем только на тех операциях, где использование интеллектуальных возможностей является принципиально необходимым. Средства общения человека с машиной станут наиболее естественными — графические изображения, обычный текст (напечатанный или написанный от руки), речевые сигналы и т.д.; резко уменьшится объем документации, выполняемой на бумаге или на других визуальных носителях. Документация станет необходимой главным образом для изучения и эксплуатации изделия; основной объем документации (схемы, таблицы, чертежи) будет представлен в законодательном виде на машинных носителях для непосредственного использования в условиях автоматизированного производства. Автоматизация проектирования в перспективе позволит получить 80—90% конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности с помощью ЭВМ и других средств механизации и автоматизации, сократить сроки проектирования, уменьшить объем документации, повысить производительность конструкторов.

2. *Единая система технологической документации (ЕСТД)*. Технологическая документация, как и конструкторская, в значительной степени определяет трудоемкость, продолжительность

подготовки производства и качество продукции. Этим стандартам присвоен класс 3, например ГОСТ 3.1103—84.

Технологическая документация является важнейшим фактором, обеспечивающим ускорение научно-технического прогресса, рост эффективности общественного производства и повышение качества выпускаемой продукции. Она решает две главные задачи: информационную и организационную. На основе технологической документации создается многочисленная информация, используемая для проведения технико-экономических и планово-нормативных расчетов, планирования и регулирования производства, правильной его организации, подготовки, управления и обслуживания. Технологическая документация способствует взаимоотношению между основным и вспомогательным производствами. Особая роль отводится технологической документации в условиях автоматизированных систем управления. Основное назначение комплекса государственных стандартов, составляющих ЕСТД, — установить во всех организациях и на всех предприятиях единые взаимосвязанные правила, нормы и положения выполнения, оформления, комплектации и обращения, унификации и стандартизации технологической документации.

Единая система технологической документации предусматривает:

- широкое внедрение типовых технологических процессов, основанных на технологическом классификаторе деталей машиностроения и приборостроения;
- сокращение объема разрабатываемой технологической документации, повышение производительности труда технологов;
- упорядочение номенклатуры и содержания форм документации общего назначения (карты технологического процесса, специализации);
- установление правил оформления технологических процессов (формы документации) для производства заготовок и деталей методами горячей, холодной, механической, термической и термохимической обработки, с помощью сварочных, сборочно-сварочных, слесарно-сборочных работ;
- разработку систем нормативов основного производства, учета и анализа применимости технологической оснастки, деталей, узлов и материалов, подготовки первичной производственной, технологической документации, внесения и оформления изменений.

Оформление технологической документации в соответствии со стандартами ЕСТД систематизирует и концентрирует информационный материал и является важным этапом работ по совершенствованию организации технологической подготовки производства.

Технологическая документация, разработанная по формам, установленным стандартами ЕСТД, может быть использована в качестве первичного массива информации для автоматической системы управления производством. Единообразие способов ее кодирования создает предпосылки для создания отраслевых автоматизированных систем управления.

Комплекс технологической документации для заготовительных, термических, гальванических, лакокрасочных работ устанавливает типовую форму организации этих процессов как единственно возможную и определяет организацию сбора и хранения полного комплекта документов в отделе технической документации предприятия.

Внедрение стандартов ЕСТД во всех отраслях машиностроения и приборостроения обеспечивает стабильность комплектности технологических документов; позволяет механизировать и автоматизировать процессы обработки информации, в более широких масштабах использовать вычислительную технику, автоматизированную систему управления производством и прямо влиять на повышение эффективности общественного производства.

Применение на предприятиях типовых технологических инструкций, использование средств вычислительной техники при обработке содержащейся в технологической документации информации, сокращение сроков оформления документации и упорядочение ее обращения на предприятиях позволяет сократить время на разработку технологической документации, повысить ее качество.

Введение всего комплекса стандартов ЕСТД оказывает существенную помощь в выработке единого технологического языка, применяемого всеми машиностроительными и приборостроительными организациями и предприятиями, позволяет повысить уровень технологических разработок, качество выпускаемой продукции, производительности труда, снизить материальные затраты и себестоимость выпускаемой продукции.

3. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) — это установленная государственными стандартами система организации и управления процессом

технологической подготовки производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки, переналаживаемого оборудования, роботов, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ. ЕСТПП присвоен 14-й класс стандартов, например ГОСТ 14.201—83.

Основная цель ЕСТПП состоит в обеспечении необходимых для достижения полной готовности любого типа производства (единичного, серийного, массового) к выпуску изделий заданного качества в минимальные сроки при наименьших трудовых, материальных и финансовых затратах. ЕСТПП обеспечивает:

- единый для всех предприятий, организаций системный подход к выбору, применению методов и средств технологической подготовки производства, соответствующих передовым достижениям науки, техники и производства;
- высокую приспособленность производства к непрерывному его совершенствованию, быстрой переналадке на выпуск более совершенных изделий;
- рациональную организацию механизированного и автоматизированного выполнения комплекса инженерно-технических работ, в том числе автоматизацию конструирования объектов и средств производства, разработки технологических процессов и управления технологической подготовкой производства (ТПП). ТПП — это совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия в плановом порядке выпускать продукцию высокого качества при соблюдении установленных сроков, затрат и объемов;
- взаимосвязь ТПП с другими автоматизированными системами и подсистемами управления;
- высокую эффективность технологической подготовки производства.

Структура ЕСТПП в машиностроении и приборостроении определяется совокупностью двух факторов: функциональным составом ТПП и уровнями решения задач ТПП.

Задачи ТПП решаются на всех уровнях и группируются по следующим основным функциям:

- обеспечение технологичности конструкций изделий;
- разработка технологических процессов;
- проектирование и изготовление средств технологического оснащения;
- организация и управление технологической подготовкой производства.

ЕСТПП обладает необходимой гибкостью. При единых организационно-технологических и методических принципах решения задач, установленных государственными стандартами ЕСТПП для всех отраслей машиностроения и приборостроения, она позволяет учесть особенности решения конкретных задач ТПП и развить в отраслевых стандартах и стандартах предприятий на каждом уровне управления общие правила и положения государственных стандартов ЕСТПП с учетом местных условий (видов изделий, типов производств, организационных структур управления и их взаимосвязей).

Основу ЕСТПП составляют:

- системно-структурный анализ цикла ТПП;
- типизация и стандартизация технологических процессов изготовления и контроля;
- стандартизация технологической оснастки и инструмента;
- агрегатирование оборудования из стандартных элементов. Типизация и стандартизация технологических процессов изготовления и контроля основываются на конструкторско-технологической классификации объектов производства, выборе типового представителя и разработке для него типового или стандартного технологического процесса.

Классификация деталей позволяет правильно решать вопросы стандартизации технологических процессов. Детали подразделяются на три основные категории: стандартные, форма и размеры которых узаконены стандартами; типовые, повторяющиеся с небольшими изменениями в различных конструкциях; оригинальные, используемые в конкретных разработках.

Стандартные технологические процессы разрабатываются на стандартизованные и ответственные детали, от качества изготовления которых зависит срок службы изделий. Стандартизации подлежат не только процессы, но и технологические операции, которые влияют на качество изготовления деталей. Так, стандартизация операций сварки и всех необходимых параметров ее ведения гарантирует получение качественных швов. На типовые детали, составляющие 60—70% всего объема находящихся в производстве деталей, разрабатываются типовые технологические процессы. Технологические процессы

изготовления оригинальных деталей состоят из комплекса специализированных и стандартных операций.

Стандартизация и типизация технологических процессов предусматривает широкое применение электронно-вычислительной техники для технологического проектирования, включающего классификацию деталей и разработку технологических процессов.

Для определения видов технологической оснастки, подлежащих стандартизации, большое значение имеет ее классификация и кодирование по конструктивно-технологическим признакам. Оснастка, сходная по конструкции, имеет одинаковое обозначение и отличается лишь порядковым номером, который позволяет судить о высокой степени применимости и создает лучшие условия для анализа и отбора конструкций при стандартизации. Благодаря классификации оснастки улучшается учет ее применимости и повышается коэффициент использования существующего на предприятии оснащения. Классификация оснастки в сочетании с классификацией объектов производства позволяет обеспечить типовые технологические процессы стандартными переналаживаемыми приспособлениями и инструментом.

Стандартизация технологической документации предусматривает создание стандартов на первичные формы документов, методы их составления, хранения, учета, внесения изменений. Стандартами предусмотрены различные формы технологических документов на все виды работ, встречающихся в машиностроении: литейные, заготовительные, сварочные, термические, гальванические, лакокрасочные и механосборочные. Установлен надлежащий порядок в разработке, рассмотрении и утверждении технологических документов, механизированы и автоматизированы процессы извлечения и обработки технологической информации, регламентирован нормоконтроль, решены вопросы повышения качества технологического контроля, созданы условия для использования наиболее прогрессивного в настоящее время метода хранения документации.

Государственные стандарты ЕСТПП распространяются на деятельность министерств, ведомств, предприятий (объединений) и организаций, осуществляющих технологическую подготовку изделий машиностроения, приборостроения и средств автоматизации на базе комплексной стандартизации элементов техники, технологии и организации производства.

В ГОСТ 14.102—73 приведены три стадии работы над документацией по организации и совершенствованию технологической подготовки производства:

- первая стадия — обследование и анализ существующей на предприятии системы технологической подготовки производства. С учетом специфики условий конкретного предприятия, влияющих на проведение технологической подготовки производства, определяют объем работы, "узкие места" производства, имеющиеся резервы, возможности целесообразного применения техники. Обследование проводится работниками предприятия, отраслевых научно-исследовательских институтов и проектных организаций. Результаты обследования оформляются в техническом задании. В нем определяется назначение, дается характеристика системы технологической подготовки производства, формулируются требования, которым должны удовлетворять как система в целом, так и отдельные ее элементы, регламентируется состав документации, подлежащей разработке, устанавливаются исполнители и сроки, проводятся расчеты экономической эффективности и необходимых затрат. Техническое задание является директивным документом, на основании которого на предприятии разрабатываются системы технологической подготовки производства и отдельные задания на ее элементы;

- вторая стадия — разработка технического проекта технологической подготовки производства. В состав проекта входят: информационная модель (блок-схема) автоматизации системы технологической подготовки производства; методические положения по классификации и кодированию технико-экономической информации на основе применения соответствующих общесоюзных и отраслевых систем; унифицированные и стандартизованные формы документов, функционирующих в технологической подготовке производства, разработанные на основе стандартных и единых систем документации; схемы документооборота; технические задания и технологические алгоритмы для решения задач на ЭВМ; основные положения по организации процессов технологической подготовки производства и управлению ими; организационные структуры служб, участвующих в технологической подготовке производства; конструкторско-технологическая классификация деталей и типизация технологических процессов;

- третья стадия — создание рабочего процесса. На этой стадии разрабатываются: информационные модели решения всех задач; классификаторы технико-экономической информации; типовые и стандартные технологические процессы; стандарты предприятия на средства технологического оснащения; документация на организацию специализированных рабочих мест и участков основного и вспомогательного производств на основе типовых и стандартных технологических процессов и методов групповой обработки; рабочая документация для решения задач с помощью ЭВМ; информационные массивы; организационные положения и должностные инструкции.

ЕСТПП способствует повышению уровня использования типовых технологических процессов, стандартной переналаживаемой оснастки, агрегатного переналаживаемого оборудования, средств автоматизации производственных процессов и инженерно-технических работ. Реализация ЕСТПП, внедрение ее нормативно-технической базы приводит к коренной перестройке методов подготовки производства и дает ощутимый социально-экономический эффект.

ЕСТПП позволяет сконцентрировать внимание конструкторов, технологов и организаторов производства на решении главных задач развития техники, технологии и производства; безостановочную переналадку действующего производства на выпуск новых, более совершенных образцов техники; сокращение цикла технологической подготовки производства и снижение затрат на ее проведение; повышение производительности труда в мелкосерийном, крупносерийном и массовом производствах; повышение уровня автоматизации производственных процессов и инженерно-технических работ; улучшение качества выпускаемых изделий; создание и внедрение автоматизированных систем проектирования, планирования и управления технологическими процессами на базе вычислительной и организационной техники.

4. *Единая система стандартов приборостроения* (ЕССП) призвана унифицировать и согласовывать по принципу агрегатирования параметры и характеристики приборов и устройств, входящих в систему автоматического контроля, регулирования и управления сложными производственными процессами. При этом обеспечивается информационная, конструктивная, эксплуатационная и другая совместимость указанных приборов и технических средств.

Совместимость технических средств — это обеспечение согласованной совместной работы этих средств в предусмотренном сочетании; при этом однотипные технические средства должны обладать полной взаимозаменяемостью по всем нормируемым параметрам. Требования к совместимости функциональной, информационной, электрической, конструктивной (по присоединительным и габаритно-установочным размерам, эргономическим требованиям) и по другим параметрам, установлены ГОСТ 22315—77. К настоящему времени стандартизованы входные и выходные параметры пневматических сигналов, электрические непрерывные входные и выходные сигналы элементов систем контроля и регулирования неэлектрических величин; параметры элементов импульсных и частотных сигналов; выходные и входные электрические кодированные сигналы и др.

ЕССП распространяется и на другие группы и виды приборов общепромышленного применения, изготавливаемые различными министерствами и ведомствами. Унифицируются и стандартизируются блоки приборов, устройств и систем управления; модули, объединяющие ряд деталей и выполняющие самостоятельные функции в приборе; микромодули (конструкции элементов микропластин с сопротивлениями, конденсаторами, катушками индуктивности и другими элементами, представляющими собой функционально завершённые схемы) и др. Устанавливаются ряды температур, влажности и других параметров электроизмерительных приборов в зависимости от области их применения. Проводится работа по созданию агрегатной системы средств вычислительной техники и т.д.

Все большее внимание как в нашей стране, так и за рубежом уделяется стандартизации общетехнических норм и терминов, используемых при проектировании производственно-технической документации. Большая работа проводится по унификации и стандартизации общеотраслевых норм и правил в отдельных отраслях промышленности.

Опережающая стандартизация (ОС) — это стандартизация, заключающаяся в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм, требований к объектам стандартизации, которые, согласно прогнозам, будут оптимальными в последующее планируемое время. опережение может относиться как к изделию в целом, так и к наиболее

важным параметрам и показателям его качества, методам и средствам производства, испытания и контроля и т.д.

Объектами ОС являются важнейшие виды продукции и процессы (нормы, характеристики, требования) при стабильной потребности в них и возможности изменения их в течение срока действия стандартов. Нормы и требования должны быть оптимальными, при которых заданная цель достигается с минимальными затратами.

В зависимости от реальных условий в стандартах устанавливают показатели, нормы, характеристики (механизма, процесса) в виде ступеней качества с дифференцированными сроками введения. ОС необходимо проводить своевременно, чтобы не сдерживать выпуск изделий улучшенного качества.

Научно-техническая база ОС включает результаты фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, открытия и изобретения, принятые к реализации, методы оптимизации параметров объектов стандартизации и прогнозирования потребностей народного хозяйства и населения в данной продукции. ОС проводится на основе целевого подхода одновременно с НИОКР по созданию систем, комплексов и семейств машин, оборудования, механизмов и приборов, решением важнейших экономических и социальных проблем, систематическим изысканием путей повышения технического уровня, качества и конкурентоспособности изделий на международном рынке, с ускорением реализации результатов фундаментальных, прикладных исследований, открытий и изобретений.

Масштабы и темпы опережающей стандартизации отстают от требований сегодняшнего дня. Например, не создано опережающих стандартов на электромобили, хотя эта проблема имеет большое экономическое и социальное значение, так как количество автомобилей в нашей стране постоянно увеличивается, а соответственно возрастает загазованность городов. Применение принципа опережающей стандартизации приводит к тому, что машины, условно прошедшие государственные испытания, к серийному производству не принимаются, так как их технико-экономические показатели успевают устареть.

Процесс опережающей стандартизации является непрерывным, т.е. после ввода в действие опережающего стандарта приступают к разработке нового стандарта, которому предстоит заменить предыдущий. Этот процесс можно разделить на следующие этапы: подготовительная работа, создание опережающего стандарта, внедрение стандарта. Процесс следует рассматривать относительно этапов создания изделия, поля деятельности, направления опережаемости (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Структура процесса создания ОС

Этапы создания изделия	Поле деятельности	Направление опережаемости
1. Проектно-конструкторские работы по созданию опытного образца изделия	В пределах предприятия (отрасли)	По ассортименту (типам), видам, маркам, типоразмерам изделий
2. Техническая подготовка производства изделия	В пределах одного государства	По признакам, свойствам и функциям изделий
3. Производство изделия	В пределах региональной группы стран	По преимущества (взаимосвязке) элементов конструкций старых и новых изделий
	В мировом масштабе	По количественному значению показателей признаков продукции

Одним из главных условий дальнейшего развития опережающей стандартизации является долгосрочное научное прогнозирование. Оно позволяет видеть основные направления дальнейшего совершенствования изделий, намечать конкретные пути улучшения стандартов, правильно планировать эту работу.

Практика работы промышленных предприятий показывает, что прогнозирование должно осуществляться как на длительную перспективу, так и на более короткие сроки. Для прогноза научно-технического прогресса в области развития стандартизации сроком на пять лет следует более детально знакомиться с условием проектно-конструкторских работ, доводкой экспериментальных образцов в лабораториях, результатами ресурсных испытаний, за-

мечаниями и рекомендациями, учитывая достигнутые результаты в промышленности и народном хозяйстве в целом. Для длительного прогноза (20—25 лет) необходим тщательный "состоронний анализ уровня фундаментальных научных исследований и проектно-конструкторских разработок, изучение новейших открытий у нас и за рубежом.

Для прогнозирования научно-технического прогресса важное значение имеет патентная информация, опережающая все другие виды информации на три—пять лет. Идеи, которые сегодня заключены в патентах, через три—пять лет будут воплощены в опытных образцах, а еще через примерно такое же время — в серийной продукции. Обычно по количеству выданных патентов в год судят о темпах технического развития. Если количество патентов из года в год растет, значит, данное инженерное решение прогрессивно, если падает, то это означает, что идея реализована и инженерный принцип себя изжил.

Опережающие стандарты разрабатываются применительно к конкретной машине, группе машин, типоразмерному ряду.

Опережающие стандарты — основа для проектирования новой, более совершенной, передовой техники. Учитывая вышесказанное, можно сформулировать следующие основные требования, которые необходимо предъявлять к опережающей стандартизации:

- базирование на перспективных планах экономического и социального развития страны, долгосрочном и краткосрочном научном прогнозировании;
- изучение новейших открытий как в стране, так и за рубежом;
- широкое использование патентной информации;
- детальное, глубокое ознакомление с уровнем проектно-конструкторских работ, результатами доводки аналогов и базовых экспериментальных образцов изделий в лабораториях, на полигонах;
- учет замечаний и рекламаций на базовую модель. Планирование опережающей стандартизации неотделимо от

планирования научных исследований, опытно-конструкторских и экспериментальных работ и должно проводиться комплексно. При этом в первую очередь стандартом должны быть регламентированы взаимоотношения между предприятиями и организациями, аппаратом министерств и заказчиком продукции, научно-исследовательской и промышленной базой. Научные исследования по опережающей стандартизации целесообразно проводить с помощью вычислительной техники и автоматизированных систем управления.

Контрольные вопросы

1. Объясните сущность принципа системности.
2. На какие методы стандартизации распространяется принцип обеспечения функциональной взаимозаменяемости?
3. Для чего служат предпочтительные числа и их ряды?
4. Каковы правила построения рядов предпочтительных чисел по геометрической прогрессии?
5. Перечислите основные и дополнительные ряды предпочтительных чисел.
6. Каковы правила построения рядов предпочтительных чисел по арифметической прогрессии и по рядам E, установленным Международной электротехнической комиссией?
7. Объясните основные направления принципа взаимоувязки стандартов.
8. Объясните сущность научно-технического принципа минимального удельного расхода материалов.
9. Дайте определение комплексной стандартизации.
10. Перечислите основные межотраслевые системы стандартов.
11. Каковы цели Единой системы конструкторской документации?
12. Что предусматривает Единая система технической документации?
13. Охарактеризуйте содержание Единой системы технологической подготовки производства.
14. Опишите Единую систему стандартов приборостроения.
15. В чем состоит суть опережающей стандартизации?
16. Объясните структуру процесса прогнозирования опережающей стандартизации.
17. Охарактеризуйте принцип прогнозирования опережающей стандартизации.
18. Опишите основные требования, которые необходимо предъявлять к опережающей стандартизации.

ГЛАВА 10. КАТЕГОРИИ И ВИДЫ СТАНДАРТОВ

10.1. Категории стандартов

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.

Классификация категорий и видов стандартов представлена на рис. 10.1.

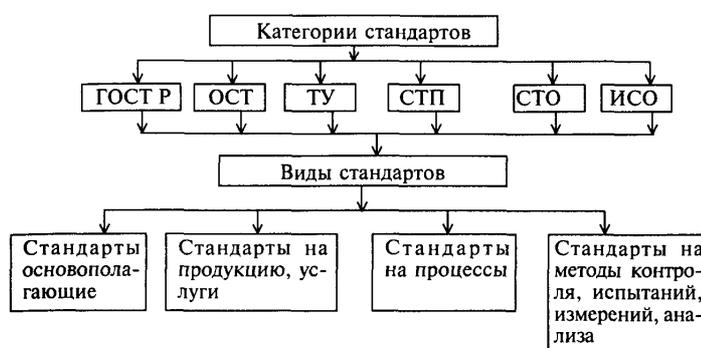


Рис. 10.1. Классификация категорий и видов стандартов

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. ГОСТы Р устанавливаются 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. Например, объектами государственной стандартизации могут быть:

- организационно-методические и общетехнические объекты, в том числе организация проведения работ по стандартизации, единый технический язык, типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий общего применения (подшипники, крепеж, инструмент и др.), совместимые программные и технические средства информационных технологий, работы по метрологическому обеспечению, справочные данные о свойствах материалов и веществ, классификация и кодирование технико-экономической информации;
- составляющие элементы крупных народно-хозяйственных комплексов (транспорта, энергосистемы, связи, обороны, охраны окружающей среды и др.);
- объекты государственных научно-технических и социально-экономических целевых программ и проектов;
- продукция широкого, в том числе межотраслевого, применения;
- достижения науки и техники, позволяющие Российской Федерации (или конкретным предприятиям) обеспечить конкурентоспособность своей продукции или технологии;
- продукция, производимая в Российской Федерации для удовлетворения внутренних потребностей населения и производства, а также поставляемая в другие государства по двухсторонним обязательствам;
- система конструкторской (ЕСКД) и технологической (ЕСТД) документации, документации в области управления и организации производства и т.д.

Разработку государственных стандартов Российской Федерации осуществляют, как правило, технические комитеты по стандартизации в соответствии с заданными планами государственной стандартизации Российской Федерации, программами (планами) работ технических комитетов и договорами на разработку стандартов. При разработке стандартов следует руководствоваться действующим законодательством Российской Федерации, государственными стандартами и другими нормативными документами по стандартизации, а также учитывать документы международных и региональных организаций по стандартизации. 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 содержат следующие структурные Элементы: титульный лист; предисловие; содержание; введение; наименование; область применения; нормативные ссылки; определения; обозначения и сокращения; требования; приложения; библиографические данные. Структурные элементы, за исключением элементов "Титульный лист", "Предисловие", "Наименование", "Требования", приводят в зависимости от особенностей стандартизуемого объекта. Построение, изложение, оформление, содержание и обозначение стандартов — по ГОСТ Р 1.5—93.

ГОСТы Р утверждаются Госстандартом России (Госстроем России). Перед утверждением стандарта Госстандарт России или Госстрой России проводит их проверку 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 две последние цифры года утверждения или пересмотра (например, ГОСТ Р 248—99). Государственную регистрацию стандарта осуществляет Госстандарт России 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). ОСТы 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. ОСТы 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.

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

Отраслевые стандарты утверждаются министерством (ведомством), являющимся ведущим в производстве данного вида продукции. После утверждения им присваивается индекс[^] ОСТ, цифровой код отрасли, номер стандарта и две последние цифры года утверждения или пересмотра (например, ОСТ 3.348—98).

Технические условия (ТУ) разрабатывают предприятия, организации и другие субъекты хозяйственной деятельности, когда государственный или отраслевой стандарт создавать нецелесообразно или необходимо дополнить или ужесточить те требования, которые

установлены в существующих ГОСТах или ОСТах. Нельзя разрабатывать ТУ, требования которых ниже требований категорий стандартов или противоречат им.

ТУ 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 состав разделов ТУ входит вводная часть и следующие разделы:

- основные параметры и (или) размеры;
- технические требования;
- требования по безопасности;
- комплектность, правила приемки;
- методы контроля (испытаний, анализа, измерений);
- правила маркировки, транспортирования, и хранения;
- указания по эксплуатации;
- гарантии изготовителя.

В ТУ 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.

Проекты ТУ перед утверждением согласовываются с потребителями или заказчиками продукции (чтобы отразить в ТУ пожелания и замечания потребителей) и другими заинтересованными организациями. При этом проверяется, не противоречат ли они действующим в стране стандартам и другим ТУ.

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

Обозначения техническим условиям присваивает предприятие-разработчик продукции в соответствии с принятым порядком обозначения технических условий. Для вновь организуемых предприятий и объединений рекомендуются обозначения технических условий со следующей структурой, состоящей из индекса ТУ, четырехразрядного кода класса продукции по ОКП (Общероссийский классификатор продукции) и разделенного тире трехразрядного регистрационного номера, как правило, восьмиразрядного кода предприятия по ОКПО (Общероссийский классификатор предприятий и организаций), являющегося держателем подлинника технических условий, и двух последних цифр года утверждения документа (например: ТУ 4521 — 164—34267369—99, где 4521 — группа продукции по ОКП, 34267369 — код предприятия по ОКПО).

После утверждения ТУ подлежат государственной учетной регистрации. Если ТУ утверждены предприятием, то они направляются в лаборатории государственного надзора за стандартами. Учетной регистрации не подлежат технические условия на следующую продукцию:

- опытные образцы (опытные партии);
- сувениры и изделия народных художественных промыслов (кроме изделий из драгоценных металлов и камней);
- технологические промышленные отходы сырья, материалов, полуфабрикатов;
- составные части изделия, полуфабрикаты, вещества и материалы, не предназначенные к самостоятельной поставке или изготавливаемые по прямому заказу одного предприятия;
- средства технологического оснащения, выпускаемые в виде отдельных единиц или мелких партий, эпизодически, по мере возникновения потребности в них, за исключением средств измерений и средств испытаний;
- продукцию единичного производства.

Сведения о ТУ публикуются в ежемесячных изданиях Госстандарта Российской Федерации.

Стандарты предприятий (СТП) разрабатывают и утверждают предприятия и объединения, в том числе союзы, ассоциации, концерны, акционерные общества, межотраслевые, региональные и другие объединения, на создаваемые и применяемые только на данном предприятии продукцию, процессы и услуги.

СТП распространяются на нормы, правила, методы, составные части изделий и другие объекты, имеющие применение только на данном предприятии; на нормы в области организации и управления производством; на технологические нормы и требования, типовые

технологические процессы, оснастку, инструмент; услуги, оказываемые внутри предприятия; процессы организации и управления производством и т.д. СТП могут разрабатываться также с целью ограничения государственных и отраслевых стандартов и особенностей данного предприятия, если это не нарушает и не снижает качественных показателей и требований, установленных ГОСТами или ОСТами.

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. Построение, изложение, оформление, содержание и обозначение стандартов предприятий приводятся в ГОСТ Р 1.5—93. СТП утверждает руководство предприятия (главный инженер предприятия, объединения). После утверждения им присваивается индекс СТП, цифровой код предприятия, цеха, отдела, объекта стандартизации и две последние цифры года утверждения или пересмотра (например, СТП 0005—48—553—44—92.). СТП утверждают, как правило, без ограничения срока действия, и они не распространяются на поставляемую продукцию и государственной регистрации в органах Госстандарта России не подлежат.

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.

СТО, как и ОСТ и СТП, не должны противоречить российскому законодательству, а если их содержание касается аспекта безопасности, то проекты этих стандартов должны быть согласованы с органами государственного надзора.

Необходимость применения СТО субъекты хозяйственной деятельности определяют самостоятельно и несут за это ответственность. Информацию о принятых стандартах научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений направляются в органы Госстандарта России.

При разработке всех типов отечественных стандартов учитывают рекомендации международных организаций по стандартизации.

Международный стандарт (ИСО) разрабатывает и выпускает международная организация по стандартизации. На основе ИСО создаются национальные стандарты, их используют также для международных экономических связей. Основная цель ИСО — содействовать благоприятному развитию стандартизации в мире, чтобы облегчить международный обмен товарами и развивать взаимное сотрудничество в области интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

После утверждения международному стандарту присваивается индекс, номер стандарта и год утверждения или пересмотра (например, ИСО/Р 1989).

Госстандарт России допускает следующие правила применения международных стандартов:

- принятие без дополнений изменения текста международного стандарта в качестве государственного российского ГОСТ Р. Обозначается такой стандарт так, как это принято для отечественных стандартов;
- принятие текста международного стандарта, но с дополнениями, отражающими особенности российских требований к объекту стандартизации. При обозначении такого стандарта к шифру отечественного стандарта добавляется номер соответствующего международного.

10.2. Виды стандартов

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, износостойчивости 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 общих технических требований включают разделы:

- классификация, основные параметры или размеры;
- общие требования к параметрам качества и, как правило, приводят только те требования, которые являются обязательными и подлежат контролю;
- требования к упаковке, маркировке, безопасности;
- требования охраны окружающей среды;
- правила приемки продукции;
- правила транспортирования и хранения;
- правила эксплуатации, ремонта и утилизации.

Наличие в содержании стандарта тех или иных разделов зависит от особенностей объекта стандартизации и характера предъявляемых к нему требований.

Стандарты параметров и (или) размеров устанавливают параметрические или размерные ряды продукции по основным потребительским (эксплуатационным) характеристикам, на базе которых должна проектироваться продукция конкретных типов, моделей, марок, подлежащих изготовлению соответствующими отраслями. Эти стандарты должны учитывать перспективы развития продукции, которая способствует научно-техническому прогрессу и повышению

эффективности промышленного производства. Таким стандартом является, например, ГОСТ 8032—84, регламентирующий предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.

Стандарты типов конструкции, размера, марки, сортамента определяют конструктивные исполнения и основные размеры для определения группы изделий, унификации и обеспечения взаимозаменяемости при разработке конкретных типоразмеров, моделей и т.д. Выполнение требований стандартов конструкций и размеров дает большой технико-экономический эффект, так как сокращает затраты на проектирование, освоение и изготовление изделий. Стандарты марок устанавливают номенклатуру марок и химический состав материала (сырья), а в отдельных случаях — основные потребительские характеристики. Стандарты сортамента регламентируют геометрические формы и размеры продукции. Особенно широко этот вид стандартов применяется в металлургической промышленности.

Стандарты правил приемки регламентируют порядок приемки определенной группы или вида продукции для обеспечения единства требований при приемке продукции по качеству и количеству.

Стандарты правил маркировки, упаковки, транспортирования и хранения нормируют требования к потребительской маркировке продукции с целью информации потребителя об основных характеристиках продукции, к упаковке с учетом технической эстетики и т.п.

Стандарты правил эксплуатации и ремонта устанавливают общие правила, обеспечивающие в заданных условиях работоспособность изделий и гарантирующие их эксплуатацию.

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;
- параметры эффективности работы очистного оборудования;
- правила аварийных выбросов и ликвидацию их последствий, предельно допустимые нормы сбросов загрязняющих веществ со сточными водами.

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 прежде всего 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, проводимые предприятием-поставщиком при освоении производства новых изделий; периодические, проводимые для проверки соответствия выпускаемой продукции предъявленным к ней требованиям.

10.3. Стандартизация отклонений геометрических параметров деталей

10.3.1. Общие требования

Стандартизация отклонений линейно-угловых параметров изделий является основой геометрической взаимозаменяемости в машино- и приборостроении.

Взаимозаменяемостью изделий (машин, приборов, механизмов и т.д.), их частей или других видов продукции (сырья, материалов, полуфабрикатов и т.д.) называют их свойство равноценно заменять при использовании любой из множества экземпляров изделий, их частей или иной продукции другим однотипным экземпляром. Широко применяют полную взаимозаменяемость, которая обеспечивает возможность беспригоночной сборки (или замены при ремонте) любых независимо изготовленных с заданной точностью однотипных деталей в сборочные единицы, а последних — в изделия при соблюдении предъявляемых к ним (к сборочным единицам или изделиям) технических требований по всем параметрам качества. Полная взаимозаменяемость возможна, только когда размеры, отклонение формы, расположения, шероховатость, волнистость и другие механические количественные и качественные характеристики поверхностей деталей и сборочных единиц после изготовления находятся в заданных пределах и собранные изделия удовлетворяют техническим требованиям. Выполнение требований к точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц изделий является важнейшим исходным условием обеспечения взаимозаменяемости.

При анализе точности геометрических параметров поверхностей различают следующие формы и размеры: номинальные (идеальные, не имеющие отклонений), заданные чертежом, и реальные (действительные), которые получают в результате обработки или в процессе их эксплуатации. Аналогично следует различать номинальный и реальный профиль, номинальное и реальное расположение поверхности (профиля). Номинальное расположение поверхности определяется номинальными линейными и угловыми размерами между ними и базами или между рассматриваемыми поверхностями, если базы не даны. Реальное расположение поверхности (профиля) определяется действительными линейными и угловыми размерами. База — поверхность, линия, точка детали (или выполняющее ту же функцию их сочетание), определяющие одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения. Профиль поверхности — линия пересечения (или контур) поверхности с плоскостью или заданной поверхностью. Реальные поверхности и профили отличаются от номинальных.

Из-за отклонений действительной формы от номинальной один размер в различных сечениях детали может быть различным. Размеры в поперечном сечении можно определить переменным радиусом K , отсчитываемым от геометрического центра O номинального сечения. Этот радиус называют текущим размером, т.е. размером, зависящим от положения осевой координаты x и угловой координаты ϕ точки, лежащей на измеряемой поверхности. Отклонение ΔL текущего размера K (при выбранном значении x) от номинального (постоянного) размера K^0 можно выразить зависимостью

где $\Delta(\phi)$ — функция, характеризующая погрешность профиля (ϕ — полярный угол).

Контур поперечного сечения удовлетворяет условиям замкнутости, следовательно, $L(\phi + 2\pi) = L(\phi)$, т.е. функция имеет период 2π .

Для анализа отклонений профиля контур сечения действительной поверхности можно характеризовать совокупностью гармонических составляющих отклонений профиля, определяемых спектрами фазовых углов и амплитуд, т.е. совокупностью отклонений с различными частотами. Для аналитического изображения действительного профиля (контур сечения) поверхности используют разложение функции погрешностей Df в ряд Фурье.

Рассматривая отклонения Df радиуса- вектора в полярной системе координат как функцию полярного угла ϕ , можно представить отклонения контура поперечного сечения детали в виде ряда Фурье:

$$Df = (a_0/2) + \sum_{A=1}^{\infty} (a_A \cos A\phi + b_A \sin A\phi)$$

где $a_0/2$ — нулевой член разложения; a_A, b_A — коэффициенты ряда Фурье A -й гармоники; l_c — порядковый номер составляющей гармоники.

Ряд Фурье можно представить также в виде

$$Df = (c_0/2) + \sum_{A=1}^{\infty} c_A \cos(A\phi + \phi_A)$$

где c_A — амплитуда A -й гармоники; ϕ_A — начальная фаза.

Функция Df определяется совокупностью величин c_A (спектра амплитуд) и ϕ_A (спектра фаз).

В дальнейшем используем ряд с ограниченным числом членов, т.е. тригонометрический полином:

$$Df = (C_0/2) + \sum_{l=1}^L C_l \cos(l\phi + \phi_l)$$

где l — порядковый номер высшей гармоники полинома.

Согласно теореме Фурье, нулевой член разложения в общем случае является средним значением функции Df за период $T = 2\pi$, определяемым расстоянием от базового уровня отсчета текущего размера до средней линии геометрических отклонений профиля (до среднего цилиндра):

о

Таким образом, $c_0/2$ есть постоянная составляющая отклонения текущего размера. Первый член разложения $c_1 \cos(\phi + \phi_1)$ выражает несовпадение центра вращения θ' с геометрическим центром сечения θ (эксцентриситет e), т.е. отклонение расположения поверхности. Здесь c_1, ϕ_1 — амплитуда и фаза эксцентриситета.

Члены ряда, начиная со второго и до $l_c = p$:

образуют спектр отклонений формы детали в поперечном сечении. При этом второй член ряда Фурье $c_2 \cos(2\phi + \phi_2)$ выражает овальность, третий член $c_3 \cos(3\phi + \phi_3)$ — огранку с трехвершинным профилем и т.д. Последующие члены ряда, имеющие номер $l_c > p$, выражают волнистость. Наконец, при достаточно большом числе членов ряда получаем высокочастотные составляющие, выражающие шероховатость поверхности. Аналогично можно представить отклонения контура цилиндрической поверхности в продольном сечении, но условие замкнутости контура в этом случае не выполняется:

где γ — переменная, отсчитывается вдоль оси цилиндра, причем $0 < \gamma < l$; l — длина детали.

Введя цилиндрическую систему координат K, ϕ, γ и условно приняв, что период $T = 2\pi$, представим отклонения контура реальной цилиндрической детали в продольном сечении $f(\gamma)$ в виде тригонометрического полинома

где l — порядковый номер члена разложения.

При $l_c = 1$ первый член $f(\gamma) = c_1 \cos(\gamma)$, $f(\gamma) = 0$ при $\gamma = 0$ и $f(\gamma) = c_1$, при $\gamma = \pi$.

Первый член разложения характеризует наклон образующей цилиндра (конусообразность). Второй член разложения $f_2(\gamma) = c_2 \cos(2\gamma)$ характеризует выпуклость контура в продольном сечении (бочкообразность). Этот же член разложения при наличии сдвига фазы $f_2(\gamma) = c_2 \cos(2\gamma + \phi_2)$ — $f_2(\gamma) = c_2 \cos(2\gamma)$ выражает седло-образность и т.д.

Таким образом, для получения оптимального качества изделий в общем случае необходимо нормировать и контролировать точность линейных размеров, формы и расположения поверхностей деталей и составных частей, а также волнистость и шероховатость поверхностей деталей.

10.3.2. Стандарты Единой системы допусков и посадок

Единая система допусков и посадок (ЕСДП) разработана в соответствии с комплексной программой и рекомендациями международных стандартов. Она распространяется на сопрягаемые гладкие цилиндрические элементы и элементы, ограниченные параллельными плоскостями.

Все детали, из которых состоят соединения, узлы, агрегаты и машины, характеризуются геометрическими размерами. Размеры выражают числовое значение линейных величин (диаметр, длину, ширину и т.д.) и делятся на номинальные, действительные и предельные. В машиностроении размеры указывают в миллиметрах.

В соединении элементов двух деталей одна из них является внутренней (охватывающей), другая — наружной (охватываемой). В системе допусков и посадок гладких соединений всякий наружный элемент условно называется *валом* и обозначается строчными буквами латинского алфавита, а внутренний элемент называется *отверстием* и обозначается заглавными буквами латинского алфавита. Основные термины и определения установлены ГОСТ 25346— 89. Номинальный размер — размер, который служит началом отсчета отклонений и относительно которого определяются предельные размеры. Обозначается номинальный размер отверстия — $\hat{n}(l)$, вала — $a^l(cI)$ (рис. 10.2,а)

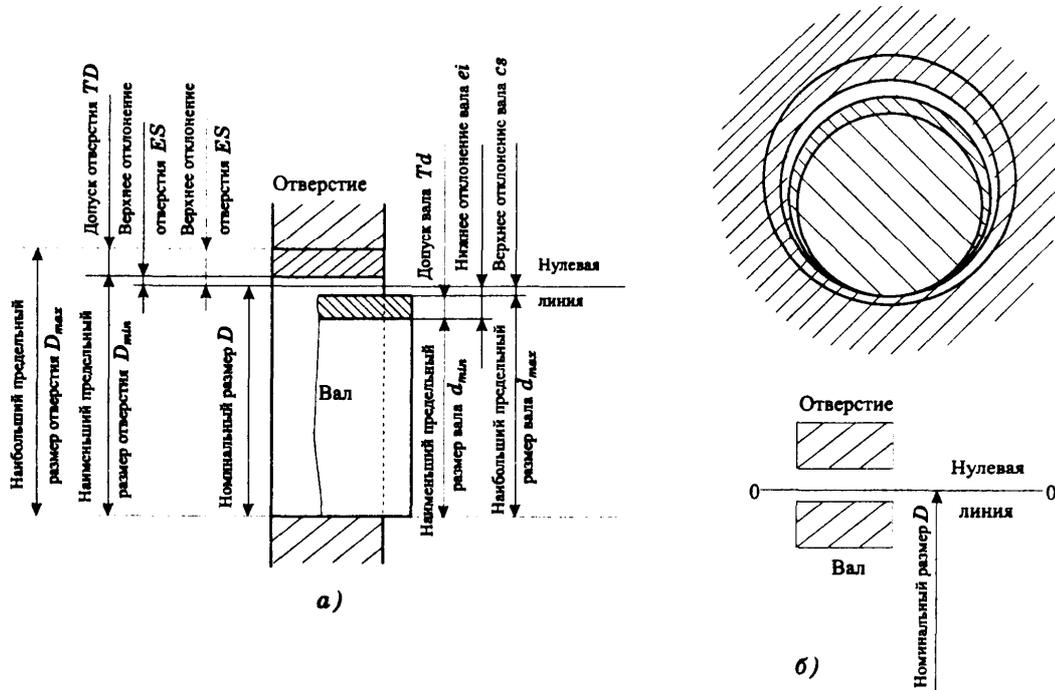


Рис. 10.2. Поля допусков отверстия и вала при посадке с зазором (отклонения отверстия положительные, отклонения вала отрицательные)

Номинальный размер является основным размером детали или их соединений (в соединении участвуют две детали — отверстие и вал). Его назначают исходя из расчетов деталей на прочность, износостойкость, жесткость и т.д. и на основании конкретных конструктивных, технологических и эксплуатационных соображений. В соединении две детали имеют общий номинальный размер. Значения номинальных размеров, полученных расчетным путем, следует округлять (как правило, в большую сторону).

Действительный размер — размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Этот термин введен, потому что невозможно изготовить деталь с абсолютно точными требуемыми размерами и измерить их без внесения погрешности. Действительный размер обозначается для отверстия \hat{d} , а для вала — cI_d .

Предельные размеры детали — два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали. Границы предельных размеров, т.е. диапазон рассеивания действительных размеров, определяются наименьшим предельным размером (l), 4) и наибольшим предельным размером ($l_{\text{тах}}$, $</\text{тах}$), (см. рис. 10.2, а). (сравнение действительного размера с предельными дает возможность судить о годности деталей).

Для упрощения чертежей введены предельные отклонения от номинального размера. Предельное отклонение размера — это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.

Различают верхнее и нижнее предельное отклонение, применяя при этом краткие термины — верхнее и нижнее отклонение.

Верхнее отклонение ($E3$ — для отверстия, $e3$ — для вала) — алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами:

$$E^{\wedge} = \hat{d}_{\text{тах}} - \hat{d}$$

Нижнее отклонение ($E1$ — для отверстия, $e1$ — для вала) — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами:

$$E1 = \hat{d}_{\text{мин}} - \hat{d}, \quad e1 = a^l_{\text{мин}} - a^l$$

Действительным отклонением называют алгебраическую разность между действительным и номинальным размерами. Отклонение является положительным, если предельный или действи-

тельный размер больше номинального, и отрицательным, если указанные размеры меньше номинального.

На машиностроительных чертежах номинальные и предельные линейные размеры и их отклонения проставляются в миллиметрах без указания единицы, например $58^{+0}_{-0.13}$; $42_{0.024}$; $50^{*0.107}$; 74 ± 0.2 ; угловые размеры и их предельные отклонения — в градусах, минутах или секундах с указанием единицы, например $0^{\circ} 30' 40''$, $120' \pm 20'$. Отклонение, равное нулю, на чертежах не проставляют, наносят только одно отклонение — положительное на месте верхнего или отрицательное на месте нижнего предельного отклонения, например $200_{0.2}$; $200^{+0.2}$. Предельные отклонения в таблицах допусков указывают в микрометрах.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями называется допуском на размер. Допуск обозначается буквой T , тогда для отверстия — T_B , для вала — T_a : $(T_O = I)_{\text{так}} - I_{>_{\text{т,п}}}$, $T_a = I_{<_{\text{так}}} - a_{\text{м}}$.

Допуск всегда положительная величина. Он определяет допусковое поле рассеивания действительных размеров годных деталей в партии, т.е. заданную точность изготовления. Чем меньше допуск, тем выше требуемая точность детали, при этом стоимость изготовления увеличивается.

Для упрощения допуски можно изображать графически в виде полей допусков (рис. 10.2, б). При этом ось изделия (на рис. 10.2, б не показана) всегда располагают под схемой. Поле допуска — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поля допуска определяются значением допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии. Нулевая линия — линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладывают вверх от нее, а отрицательные — вниз.

Две или несколько подвижно или неподвижно соединяемых деталей называют сопрягаемыми, а поверхности соединяемых элементов называют сопрягаемыми поверхностями. Поверхности тех элементов деталей, которые не входят в соединение с поверхностями других деталей, называются несопрягаемыми (свободными) поверхностями. Соединения подразделяются и по геометрической форме сопрягаемых поверхностей — гладкие цилиндрические, плоские и др. В зависимости от эксплуатационных требований сборку соединений осуществляют с различными посадками.

Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый разностью между размерами отверстия и вала.

Если размер отверстия больше размера вала, то их разность называется зазором. Зазор обозначается буквой S , тогда $S = D - d$.

Если размер отверстия меньше размера вала, то их разность называется натягом. Натяг обозначается буквой N тогда $N = d - D$.

Зазор может быть выражен как натяг, только со знаком минус ($S^* = -N$), а натяг — как зазор со знаком минус ($N^* = -S$).

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть с зазором, с натягом или переходной, при которой возможно получение как зазора, так и натяга. Схемы полей допусков для разных посадок даны на рис. 10.3.

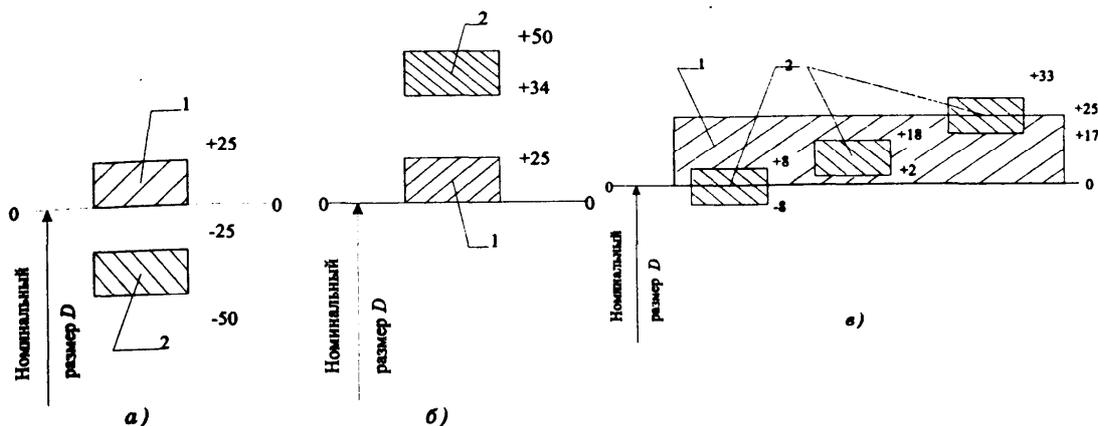


Рис. 10.3. Поля допусков отверстия 1 и вала 2 (отклонения даны для диаметра 40 мм)

Посадка с зазором характеризуется наибольшим, наименьшим и средним зазором, которые определяются по формулам:

Посадка с зазором обеспечивает возможность относительного перемещения собранных деталей. К посадкам с зазором относятся также посадки, в которых нижнее отклонение отверстия совпадает с верхним отклонением вала, т.е. $S_{\text{тпн}} = 0$. В случае посадки с зазором поле допуска вала всегда будет располагаться ниже поля допуска отверстия (рис. 10.3, а).

Посадка с натягом характеризуется: наибольшим, наименьшим и средним натягом, которые определяются по формулам:

$$N_{\text{н}} = 4 - 4^* = \ll - \text{ш} \gg \text{ш} \ll = 4 - \text{Я} = \ll - E5 \text{ ' } \text{ш} = \ll * - \sim \wedge \text{)}/2 \text{ ,}$$

Посадка с натягом обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки. В случае посадки с натягом поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала (см. рис. 10.3, б).

Переходная посадка — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга. Она характеризуется наибольшим зазором и натягом. В переходной посадке поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью (см. рис. 10.3, в).

Из-за неточности выполнения размеров отверстия и вала зазоры и натяги в соединениях, рассчитанные из эксплуатационных требований, не могут быть выдержаны точно. Отсюда появляется понятие "допуск посадки".

Допуск посадки — разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми зазорами (допуск зазора $T5$ в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим допускаемыми натягами (допускнатяга Tn в посадках с натягом), в переходных посадках допуск посадки — сумма наибольшего натяга и наибольшего зазора, взятых по абсолютному значению:

$$T_M = \hat{\text{тах}} - S_{\text{т,ш}}; TN = M_{\text{тш}} - ЛГ_{\text{тпн}}; Tn = УУ_{\text{тах}} + S_{\text{тш}}$$

или

$$T5 = TB + TУ; TУ = T7) + TУ; Tn = T7) + ГЛ.$$

Пример обозначения посадки: $40^{+0,03}_{-0,008}/008$, где 40 — номинальный размер (в мм), общий для отверстия и вала.

Согласно ГОСТ 25346-89, ГОСТ 25347-82, ГОСТ 25348-82 в системе ИСО и ЕСДП установлены допуски и посадки для размеров менее 1 мм и до 500 мм, свыше 500 до 3150 мм, а в ЕСДП — для размеров свыше 315 до 10 000 мм. В ЕСДП поля допусков для размеров менее 1 мм выделены отдельно.

Системой допусков и посадок называют совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин.

Системы допусков и посадок ИСО и ЕСДП для типовых деталей машин построены по единым принципам. Посадки в системе отверстия и в системе вала показаны на рис. 10.4.

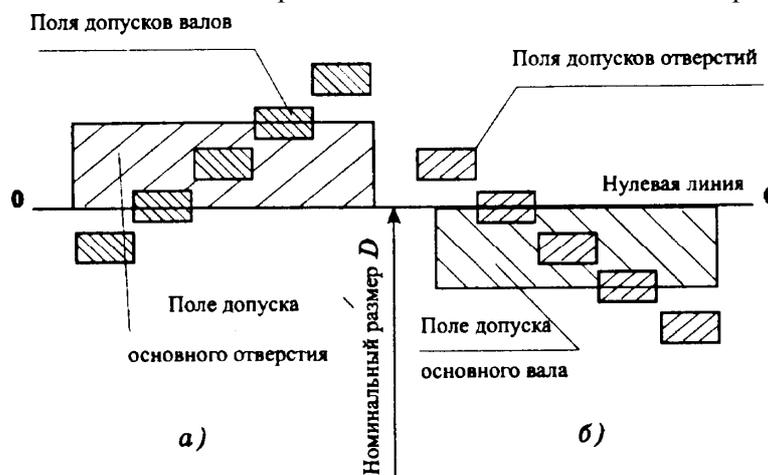


Рис. 10.4. Примеры расположения полей допусков для посадок в системе отверстия (а) и в системе вала (б)

Посадки в системе отверстия — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. 10.4, а), и обозначают Я. Для всех посадок в системе отверстия нижнее отклонение отверстия $EI = 0$, т.е. нижняя граница поля допуска основного отверстия всегда совпадает с нулевой линией, верхнее отклонение $E8$

всегда положительное и равно цифровому значению допуска, т.е. $TO = E5 - E1 = E5 - 0 = E8$. Поле допуска основного отверстия откладывают вверх, т.е. в материал детали.

Посадки в системе вала — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис. 10.4, б), который обозначают *И*. Для всех посадок в системе вала верхнее отклонение основного вала $e3 - 0$, т.е. верхняя граница поля допуска вала всегда совпадает с нулевой линией, нижнее отклонение отрицательное и равно цифровому значению допуска по модулю, т.е. допуск основного вала, так же как и все допуски, положительный ($Tc1 = e3 - e1 - 0 - (-e2) = |e1|$). Поле допуска основного вала откладывают вниз от нулевой линии, т.е. в материал детали.

Такую систему допусков называют односторонней предельной. Характер одноименных посадок (т.е. предельные зазоры и натяги) в системе отверстия и в системе вала примерно одинаков. Выбор систем отверстия и вала для той или иной посадки определяется конструктивными, технологическими и экономическими соображениями.

Точные отверстия обрабатывают дорогостоящим режущим инструментом (зенкерами, развертками, протяжками и т.п.) и применяют для обработки отверстия только одного размера с определенным полем допуска. Валы независимо от их размера обрабатывают одним и тем же резцом или шлифовальным кругом. В системе отверстия различных по предельным размерам отверстий меньше, чем в системе вала, а следовательно, меньше номенклатура возможного режущего инструмента, необходимого для обработки отверстий. Поэтому преимущественное распространение получила система отверстия.

Однако в некоторых случаях по конструктивным соображениям приходится применять систему вала, например когда требуется чередовать соединения нескольких отверстий одинакового номинального размера, но с различными посадками на одном валу. При выборе системы посадок необходимо также учитывать допуски на стандартные детали и составные части изделий (например, вал для соединения с внутренним кольцом подшипника качения всегда следует изготавливать по системе отверстия, а гнездо в корпусе для установки подшипника — по системе вала).

При проведении ремонта целесообразно применять посадки, образованные таким сочетанием полей допусков отверстия и вала,

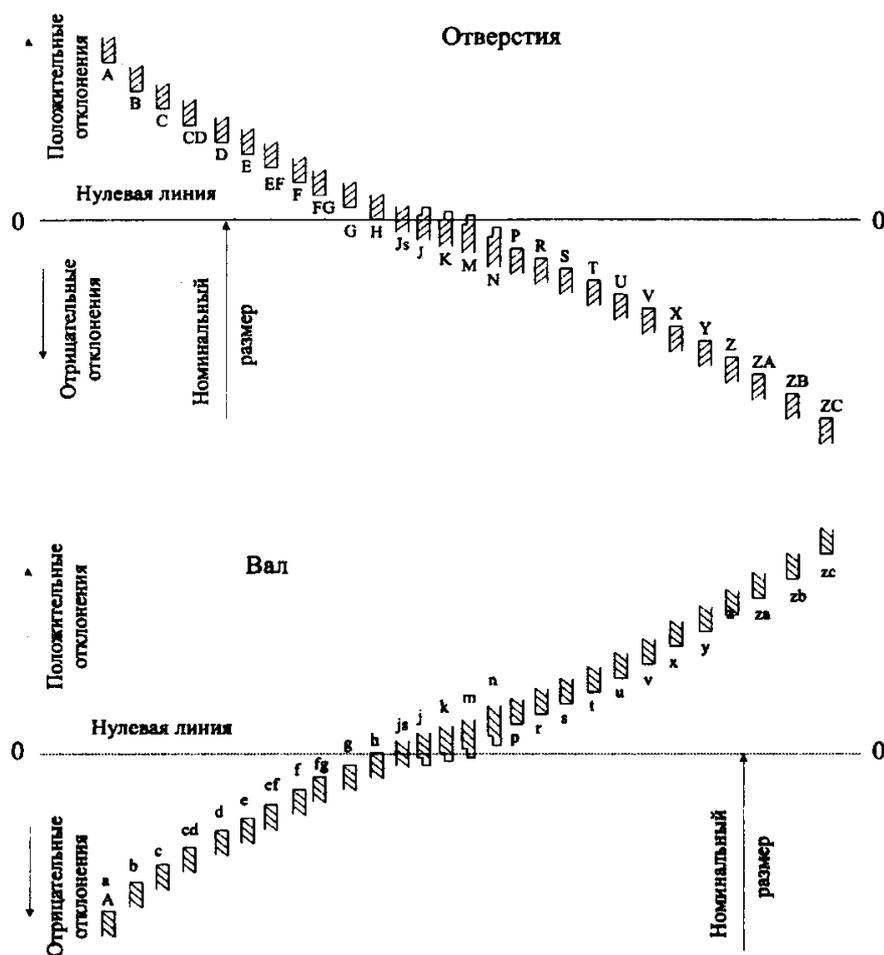


Рис. 10.5. Основные отклонения отверстий и валов

Основное отклонение обозначают буквой Я, основной вал А. Отклонения $A - H$ ($a - H$) предназначены для образования полей допусков в посадках с зазором; отклонения Y, \dots, N (y, \dots, n) — в переходных посадках, отклонения $P, \dots, 2C$ (p, \dots, y) — в посадках с натягом.

Каждая буква обозначает ряд основных отклонений, значение которых зависит от номинального размера. Абсолютное значение и знак каждого основного отклонения вала (верхнего e для вала a, \dots, H или нижнего e для вала y, \dots, h) определяют по эмпирическим формулам. Основное отклонение вала не зависит от качества (даже когда формула содержит допуск $/7$).

Основные отклонения отверстий построены так, чтобы обеспечить посадки в системе вала, аналогичные посадки в системе отверстия. Они равны по абсолютному значению и противоположны по знаку основным отклонениям валов, обозначаемых той же буквой.

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными (буквенными) обозначениями полей допусков или числовыми значениями предельных отклонений, а также буквенными обозначениями полей допусков с одновременным указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений, после буквенного обозначения основного отклонения проставляют цифровое значение качества (рис. 10.6, $a - \text{в}$).

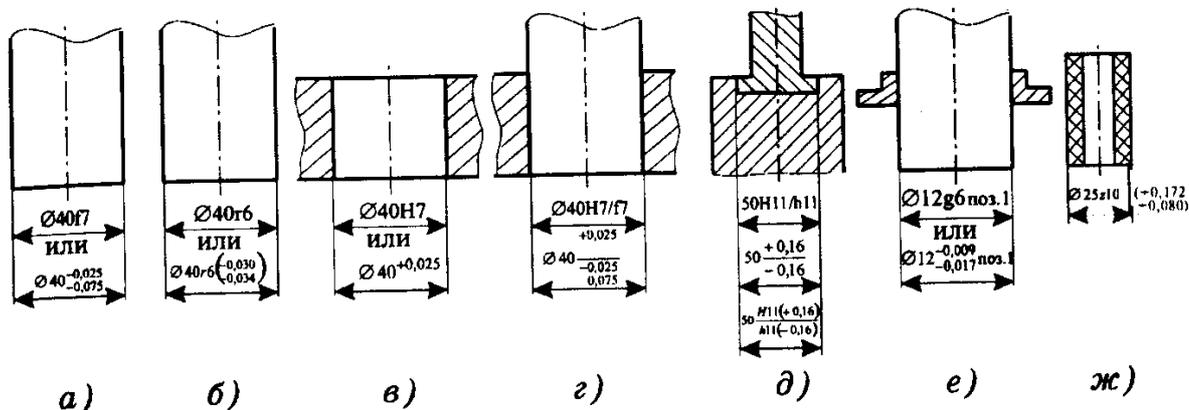


Рис. 10.6. Примеры обозначения полей допусков и посадок на чертежах

Посадки и предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в собранном виде, указывают дробью: в числителе — буквенное обозначение или числовое значение предельного отклонения отверстия либо буквенное обозначение с указанием справа в скобках его числового значения, после буквенного обозначения основного отклонения проставляют цифровое значение качества, в знаменателе — аналогичное обозначение поля допуска вала (рис. 10.6, $г, д$). Иногда для обозначения посадки указывают предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей (рис. 10.6, $е, ж$).

Пример 10.1. Определить характеристики посадки 45 H7 Г7. Дать эскизы деталей сопряжения и показать на них номинальный диаметр с предельными отклонениями по ГОСТ 25346—89 и ГОСТ 25347—82; начертить схему расположения полей допусков, сопрягаемых по данной посадке деталей.

На схеме расположения полей допусков соединения:

показать номинальный диаметр сопряжения с его значениями и записать условные обозначения полей допусков, предельные отклонения в мкм;

изобразить графически предельные размеры и допуски отверстия и вала, а также основные характеристики сопряжения с их значениями, для этого рассчитать по предельным отклонениям предельные размеры и допуск отверстия и вала;

рассчитать основные характеристики сопряжения — для посадки с зазором, предельные и средние зазоры и допуск посадки.

Результаты решения представить в виде таблицы.

Решение: Предельные размеры, допуск:

отверстия $45 H7(^{+0.025})$, $O_{m-m} = 54,000$ мм, $O_m = 45,000 + 0,025 = 45,025$ мм. $TO = 45,025 - 45,000 = 0,025$ мм;

вала $45 /7(-0,025 / -0,050)$, $</ = 45,000 - 0,050 = 44,950$ мм, $4^{TM} = 45_{-0,000} - >0,025 = 44,975$ мм;

$II = 44,975 - 44,950 = 0,025$ мм;

$^5_{\text{шах}} = 45_{-0,025} - 44,950 = 0,075$ мм, $5_{\text{тип}} = 45,000 - 44,975 = 0,025$ мм. $5_{\text{cp}} = (0,025 + 0,075) / 2 = 0,050$ мм;

$G5 = 0,075 - 0,025 = 0,050$ мм.

Проверим полученные данные $T5 = TO + II = 0,025 + 0,025 = 0,050$ мм.

Эскизы сопрягаемых деталей приведены на рис. 10.7, схема расположения полей допусков — рис. 10.8.

Результаты решения запишем в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Посадка	Отклонение, мкм				Допуск, мкм			Зазоры, мкм		Натяги, мкм	
	вал		отверстие		Ga	TO	T5, NN	отак	•Зтг	Mпах	* >тг
	e_s	e_2	E5	E1							
45Я7//7	-25	-50	+25	0	25	25	50	25	75	—	—

Пример 10.2. Определить основные характеристики посадок приведенных в табл. 10.2 (номинальные размеры) и табл. 10.3. (посадки и предельные отклонения размеров деталей).

Таблица 10.2

Пример	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5	8	15	25	35	56	70	125	200	220
2	15	25	35	55	70	126	200	220	5	8
3	55	70	125	200	220	5	8	15	25	35

Таблица 10.3

Пример	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Я7 e_8	Я7 e_7	<i>m</i> «б»	<i>m</i> Л6	Я7 Л»	<i>m</i> Н6	Я7 Н6	Я7 Я6	Я7 Я7	Я7 Л
2	<i>m</i> рб	Я7 Л6	<i>m</i> .уб	Я7 Я6	<i>m</i> а!	Я7 Н8	Н1 Н6	Я7 Н4	Я7 Я5	Я7 .25
3	Н1 к	<i>m</i> к	<i>m</i> пб	Л7 Н6	Кб Н6	Н8 *8	Я8 7,7	Кб Н6	К8 Я7	У8 п7

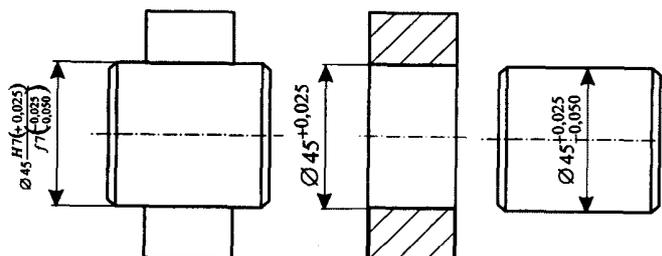


Рис. 10.7. Эскизы соединения сопрягаемых деталей

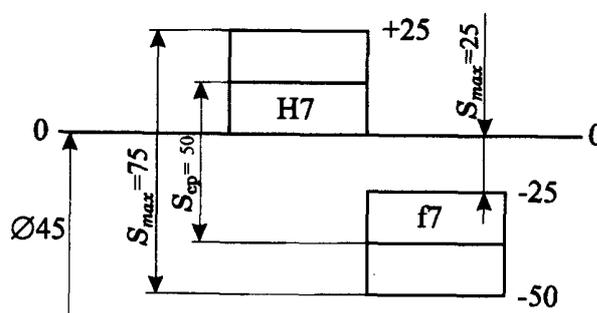


Рис. 10.8. Схема расположения полей допусков (все отклонения в мкм)

10.3.3. Стандарты отклонений формы и расположения поверхностей деталей

Термины и определения, относящиеся к основным видам отклонений и допусков формы и расположения, установлены ГОСТ 24642—81. Под отклонением формы поверхности (или профиля) понимают отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности (номинального профиля).

В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих прямых, поверхностей и профилей.

Прилегающая прямая — прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение наиболее удаленной от нее точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 10.9, а).

Прилегающая окружность — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения (рис. 10.9, б), или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 10.9, в).

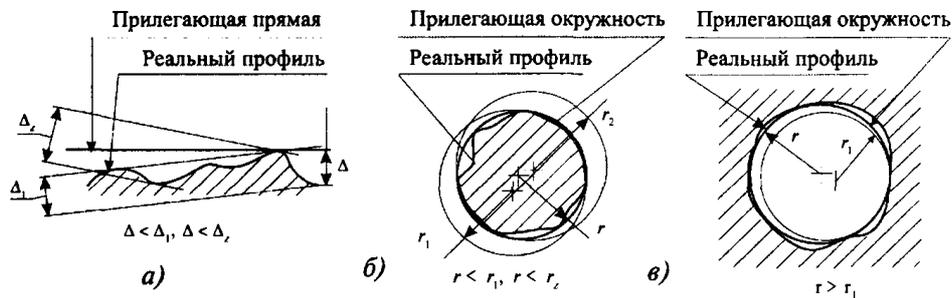


Рис. 10.9. Прилегающие прямая (а) и окружности (б, в)

Прилегающая плоскость — плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение наиболее удаленной от нее точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающий цилиндр — цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

Прилегающие поверхности и профили соответствуют условиям сопряжения деталей при посадках с нулевым зазором. При измерении прилегающими поверхностями служат рабочие поверхности контрольных плит, интерференционных стекол, лекальных и поверочных линейек, калибров, контрольных оправок и т.п. Количественно отклонение формы оценивают наибольшим расстоянием A от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к последней. Приняты следующие обозначения: A — отклонение формы или отклонение расположения поверхностей; T — допуск формы или допуск расположения; B — длина нормируемого участка.

Точность формы цилиндрической поверхности определяется точностью контура в поперечном (перпендикулярном оси), сечении и образующих цилиндр в продольном сечении (рис. 10.10, рис. 10.11).

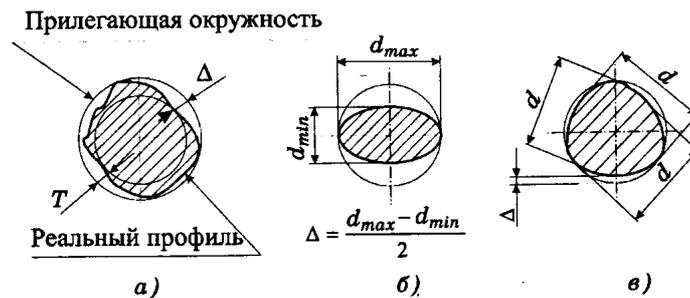


Рис. 10.10. Отклонение формы цилиндрических поверхностей в поперечном сечении: а — отклонение от круглости; б — овальность; в — огранка

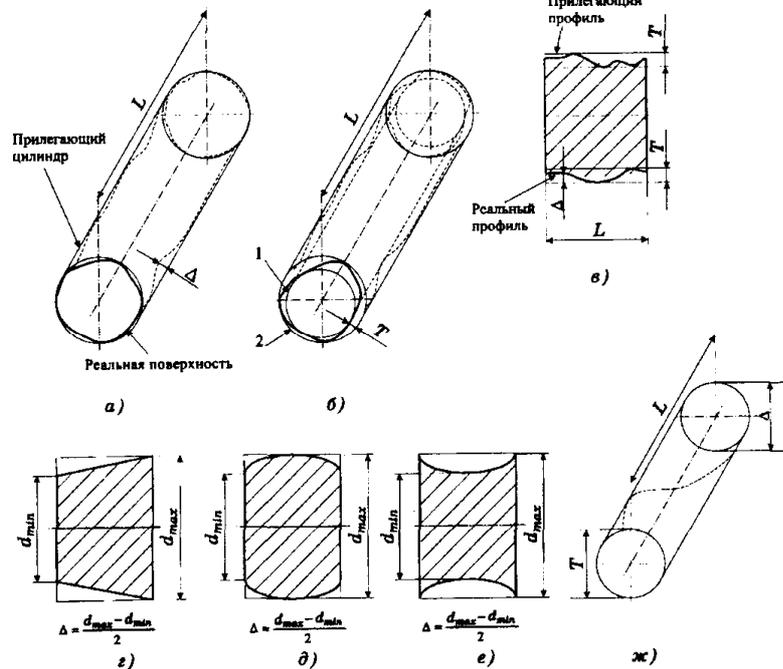


Рис. 10.11. Отклонение от цилиндричности и профиля продольного сечения

Совокупность всех отклонений формы цилиндрической поверхности определяется с помощью комплексного показателя — отклонение от цилиндричности.

Отклонение от цилиндричности — наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 10.11, а).

На рис. 10.11,б показано поле допуска цилиндричности, определяемое пространством, ограниченным соосными цилиндрами 1 и 2, отстоящими один от другого на расстоянии, равном допуску цилиндричности.

Комплексным показателем отклонения контура поперечного сечения цилиндрического тела является отклонение от круглости. *Отклонение от круглости* — наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (см. рис. 10.10, а).

Допуск круглости — наибольшее допустимое значение отклонения от круглости. Поле допуска круглости — область на плоскости, перпендикулярной оси поверхности вращения или проходящая через центр сферы, ограниченная двумя концентрическими окружностями, отстоящими одна от другой на расстоянии, равном допуску круглости.

Частные виды отклонений от круглости — овальность и огранка. *Овальность* — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно-перпендикулярных направлениях (рис. 10.10, б). *Огранка* — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Огранка может быть с четным и нечетным числом граней. Огранка с нечетным числом граней характеризуется равенством размерам/ (рис. 10.10, в). Овальность детали возникает, например, вследствие биения шпинделя токарного или шлифовального станка, дисбаланса детали и других причин. Появление огранки вызвано изменением положения мгновенного центра вращения детали, например, при бесцентровом шлифовании.

Комплексным показателем отклонений контура продольного сечения является отклонение профиля продольного сечения (рис. 10.11, в). *Отклонение профиля продольного сечения* — наибольшее расстояние от точек, образующих реальную поверхность, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка. Отклонение профиля продольного сечения характеризует отклонения от прямолинейности и параллельности образующих.

Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность. *Конусообразность* — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 10.11, г).

Бочкообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 10.11, д).

Седлообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 10.11, е).

Бочкообразность чаще всего возникает при обтачивании тонких длинных валов в центрах без люнетов (в средней части под влиянием сил резания возникают упругие прогибы, большие, чем по краям). Толстые короткие валы чаще получаются седлообразными из-за большого

смещения вала по краям (составляющие силы резания распределяются между обоими центрами более равномерно). Бочкообразность и седлообразность могут возникнуть также вследствие погрешности направляющих станин станков и других причин. Причинами конусообразности являются износ резца, несовпадение геометрических осей шпинделя и пиноли задней бабки станка (смещение центров), отклонение от параллельности оси центров направляющим станины.

Отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве и поле допуска прямолинейности оси показаны на рис. 10.11, ж.

Отклонение от плоскостности определяют как наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 10.12, а).

Поле допуска плоскостности — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими одна от другой на расстоянии, равном допуску плоскостности (рис. 10.12, б).

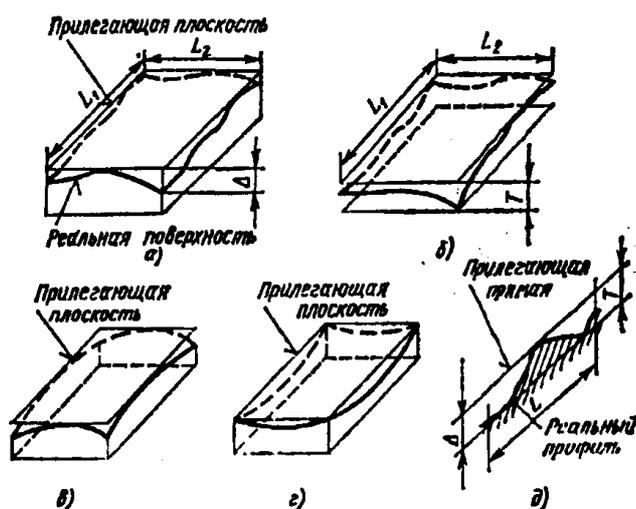


Рис. 10.12. Отклонение формы плоских поверхностей

Частными видами отклонений от плоскостности являются выпуклость (рис. 10.12, в) и вогнутость (рис. 10.12, г), которые определяют как наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой. Поле допуска прямолинейности в плоскости показано на рис. 10.12, д.

В случаях, когда профиль (поверхность) задан номинальными размерами (координатами отдельных точек профиля без предельных отклонений этих размеров), отклонение формы заданного профиля есть наибольшее отклонение точек реального профиля от номинального, определяемое по нормали к номинальному профилю. Допуск формы определяют в диаметральном выражении как удвоенное наибольшее допустимое значение отклонения формы заданного профиля или в радиусном выражении как наибольшее допустимое значение отклонения формы заданного профиля. Поле допуска формы заданного профиля — область на заданной плоскости сечения поверхности, ограниченная двумя линиями, эквидистантными номинальному профилю и отстоящими одна от другой на расстоянии, равном допуску формы заданного профиля в диаметральном выражении или удвоенному допуску формы в радиусном выражении. Линии, ограничивающие поле допуска, являются огибающими семейства окружностей, диаметр которых равен допуску формы заданного профиля в диаметральном выражении, а центры находятся на номинальном профиле.

Отклонение расположения поверхности или профиля называют отклонение реального расположения поверхности (профиля) от его номинального расположения. При оценке отклонений расположения отклонения формы рассматриваемых поверхностей и базовых элементов (обобщенный термин, под которым понимают поверхность, линию или точку) должны быть исключены из рассмотрения. При этом реальные поверхности заменяют прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей принимают оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов.

Отклонение от параллельности плоскостей — разность наибольшего и наименьшего расстояния между прилегающими плоскостями в пределах нормированного участка (рис. 10.13, а). Поле допуска параллельности плоскостей называют область в пространстве, ограниченную двумя

параллельными плоскостями, отстоящими одна от другой на расстоянии, равном допуску параллельности, и параллельными базе (рис. 10.13, б).

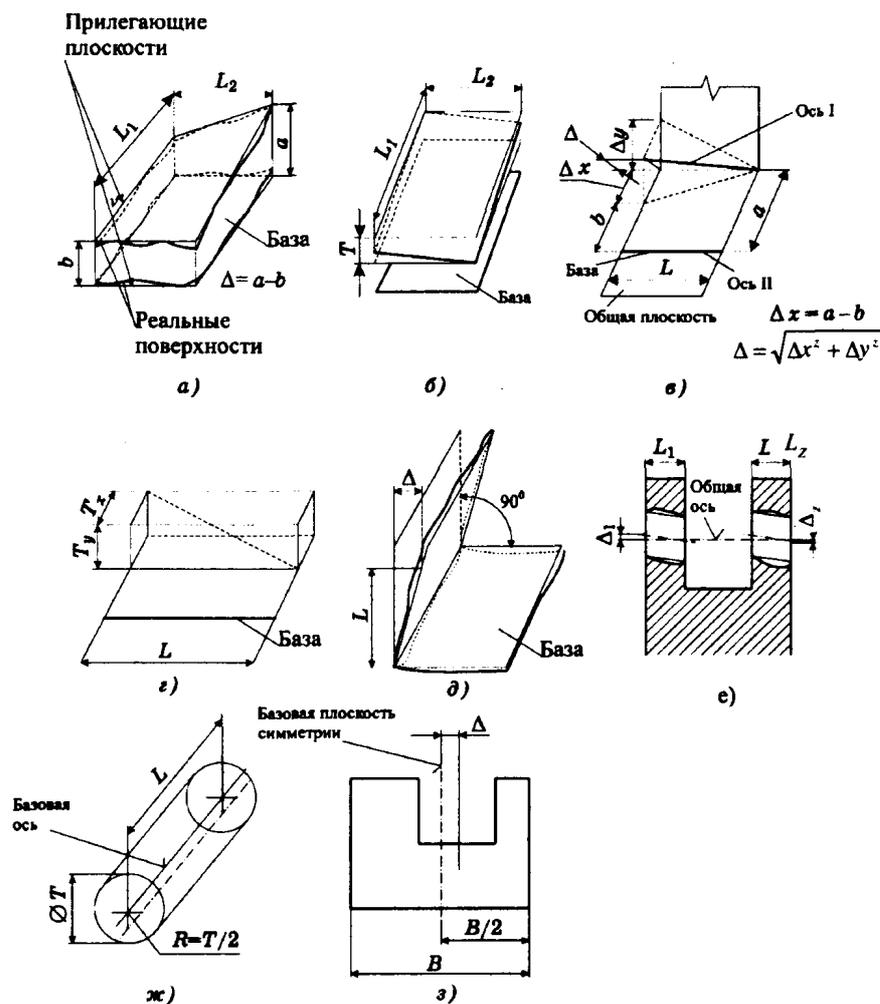


Рис. Ш.13. Отклонение расположения поверхностей

Отклонение от параллельности осей (прямых) в пространстве — геометрическая сумма отклонений от параллельности проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях; одна из плоскостей является общей плоскостью осей, т.е. плоскостью, проходящей через одну (базовую) ось и точку другой оси (рис. 10.13, в). Отклонение от параллельности осей (или прямых) в общей плоскости — отклонение от параллельности A_x проекций осей (прямых) на их общую плоскость. Перекос осей (прямых) — отклонение от параллельности A проекций осей на плоскость, перпендикулярную к общей плоскости осей и проходящую через одну из осей (базовую). Поле допуска параллельности осей в пространстве — это область в пространстве, ограниченная прямоугольным параллелепипедом, стороны сечения которого равны соответственно Допуску T_x параллельности осей (прямых) в общей плоскости и Допуску Γ^* перекоса осей (прямых), а боковые грани параллельны базовой оси и соответственно параллельны и перпендикулярны общей плоскости осей (рис. 10.13, з). Поле допуска можно представить также цилиндром, диаметр которого равен допуску параллельности Γ , а ось параллельна базовой оси. Отклонение от перпендикулярности плоскостей показано на рис. 10.13, д.

Отклонение от соосности относительно общей оси — это наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормированного участка (рис. 10.13, е).

Допуск соосности в диаметральном выражении равен удвоенному наибольшему допускаемому значению отклонения от соосности, а в радиусном выражении — наибольшему допускаемому значению этого отклонения. *Поле допуска соосности* — область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску соосности в диаметральном выражении или удвоенному допуску соосности в радиусном выражении, а ось совпадает с базовой осью (рис. 10.13, ж). Количественная оценка соосности, в диаметральном и радиусном выражении, принята по рекомендации ИСО также для симметричности и пересечения осей.

Отклонение от симметричности относительно базовой плоскости— наибольшее расстояние между плоскостью симметрии рассматриваемой поверхности и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка (рис. 10.13, з).

Отклонение от пересечения осей, которые номинально должны пересекаться, определяют как наименьшее расстояние между рассматриваемой и базовой осями.

Позиционное отклонение— наибольшее отклонение реального расположения элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) от его номинального расположения в пределах нормированного участка.

Суммарное отклонение и допуски формы и расположения поверхностей отражается в радиальном биении поверхности вращения, торцевом биении (полное).

Радиальное биение поверхности вращения относительно базовой оси является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси. Оно равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении, перпендикулярном этой оси. Если определяется разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормированного участка до базовой оси, то находят полное радиальное биение $D = /?_{\text{гля}} - /?_{\text{тп}}$; оно является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности поверхности и отклонения от ее соосности относительно базовой оси (рис. 10.14, а).

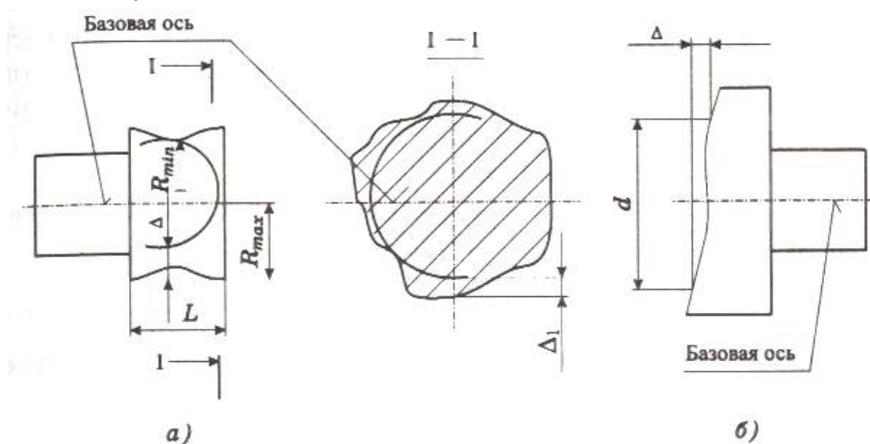


Рис. 10.14. Радиальное и торцевое биения

Торцевое биение (полное) — разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси; оно является результатом совместного проявления отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности и отклонения от ее перпендикулярности относительно базовой оси. Торцевое биение иногда определяют в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра (рис. 10.14, б),

Допуски расположения или формы, устанавливаемые для валов или отверстий, могут быть зависимыми и независимыми.

Зависимым называют переменный допуск расположения или формы, минимальное значение которого указывается в чертеже или технических требованиях и которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера поверхности детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия). Зависимые допуски расположения или формы назначают главным образом в случаях, когда необходимо обеспечить собираемость деталей, сопрягающихся одновременно по нескольким поверхностям с заданными зазорами или натягами. Зависимые допуски обычно контролируют комплексными калибрами, являющимися прототипами сопрягаемых деталей. Эти калибры всегда проходные, что гарантирует беспригоночную сборку изделий.

Независимым называют допуск расположения или формы, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и не зависит от действительных размеров рассматриваемых поверхностей. Например, когда необходимо выдержать соосность посадочных гнезд под подшипники качения, ограничить колебание межосевых расстояний в корпусах редукторов и т.п., следует контролировать собственно расположение осей поверхностей.

Вид допуска расположения и формы на чертежах обозначают знаками (ГОСТ 2.308—79), приведенными в табл. 10.4.

Таблица 10.4 Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуски формы	Допуск прямолинейности	/7 O O
	Допуск плоскостности	
Допуски расположения	Допуск перпендикулярности	II 1 © и^ X
	Допуск параллельности	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	/
	Допуск торцевого биения в заданном направлении	
	Допуск биения в заданном направлении	
Допуски формы	Допуск полного радиального биения	M
	Допуск полного торцевого биения	
Допуски формы	Допуск формы заданного профиля	-
	Допуск формы заданной поверхности	
	Зависимые допуски	(M)
	Нешшщшыьюпшки ----- -- . _	

Знак и числовое значение допуска вписывают в рамку, указывая на первом месте знак, на втором — числовое значение допуска в миллиметрах и на третьем — при необходимости буквенное обозначение базы или поверхности, с которой связан допуск расположения или формы (рис. 10.15, а).

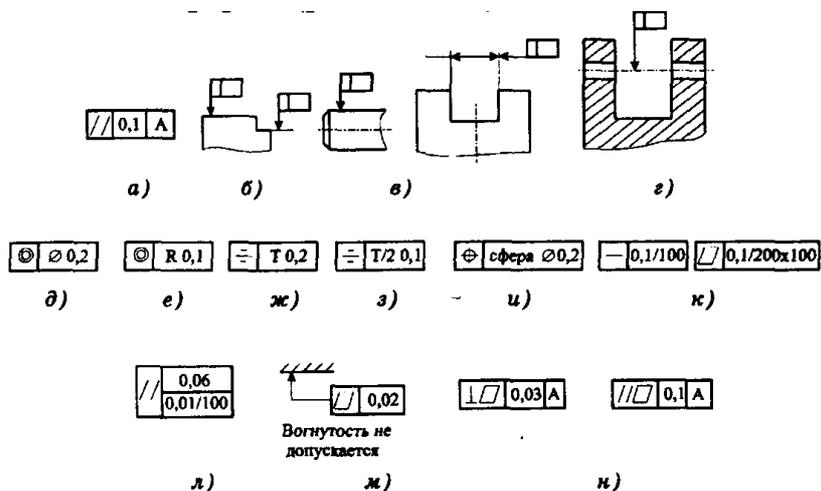


Рис. 10.15. Схемы указания допусков формы и расположения поверхностей

Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной линией, заканчивающейся стрелкой (рис. 10.15,б). Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, соединительная линия должна быть продолжением размерной (рис. 10.15,в); если допуск относится к общей оси (плоскости симметрии), соединительную линию проводят к общей оси (рис. 10.15,г).

Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков: сначала знак допуска расположения, затем знак допуска формы (рис. 10.15,н).

Базу обозначают заштрихованным треугольником, который соединяют линией с рамкой допуска (рис. 10.16,а).

Чаще базу обозначают буквой и соединяют ее с треугольником (рис. 10.16, б). Если базой является ось или плоскость симметрии, треугольник располагают в конце размерной линии соответствующего размера поверхности. В случае недостатка места стрелку размерной линии допускается заменять треугольником (рис. 10.16,в).

Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, его считают независимым. Зависимые допуски расположения и формы обозначают условным знаком (рис. 10.17,а), который помещают: после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами поверхности (рис. 10.17, б); после буквенного обозначения базы (рис. 10.17, в) или без буквенного обозначения базы в третьей части рамки (рис. 10.17, г), если допуск связан с действительными размерами базовой поверхности; после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (рис. 10.17, д) или без буквенного указания базы (рис. 10.17, е), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

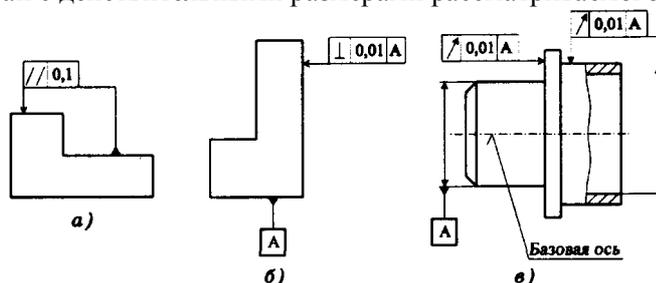


Рис. 10.16. Обозначение базы

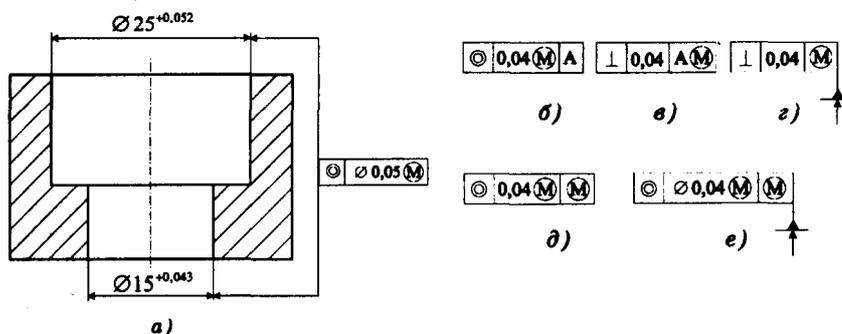


Рис. 10.17. Зависимый допуск соосности отверстий (а) и обозначение зависимых допусков (б—е)

Для каждого вида допусков формы и расположения поверхностей согласно ГОСТ 24643-81 установлено 16 степеней точности. Числовые значения допусков от одной степени к другой изменяются с коэффициентом возрастания 1,6. В зависимости от соотношения между допуском размера и допусками формы или расположения устанавливают следующие уровни относительной геометрической точности: А — нормальная относительная геометрическая точность (допуск формы или расположения составляет примерно 60% допуска размера); В — повышенная относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 40% допуска размера); С — высокая относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 25% допуска размера).

Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням А, В, С, составляют примерно 30, 20, 12% допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера — отклонение диаметра поверхности. Допуски формы и расположения можно ограничивать полем допуска размера. Эти допуски указывают, только когда по функциональным или технологическим причинам они должны быть меньше допусков размера или неуказанных допусков по ГОСТ 25670—83.

Отклонение формы и расположения поверхности определяют с помощью универсальных и специальных средств измерения. При этом используют поверочные чугунные плиты и плиты из твердых каменных пород (ГОСТ 10905-86), поверочные линейки (ГОСТ 8026-92), угольники типа

(ГОСТ 3749—77), плоскопараллельные концевые меры длины (ГОСТ 9038—90), натянутые струны и оптико-механические приборы, в которых роль эталонной прямой выполняет луч света, а также кругломеры (ГОСТ 17353—89) с вращающимся наконечником или деталью.

10.3.4. Стандарты волнистости и шероховатости поверхности

Под волнистостью поверхности понимают совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояния между смежными возвышенностями или впадинами превышают базовую длину.

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины.

Базовая длина (l) — длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих волнистость и шероховатость поверхности. Числовые значения базовой длины выбирают из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8 и 25 мм.

Базовая линия (поверхность) — линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности. Числовое значение волнистости и шероховатости поверхности определяют по единой базе, за которую принята средняя линия профиля (m), т.е. базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии минимально. Система отсчета волнистости и шероховатости от средней линии профиля называют системой средней линии.

Волнистость занимает промежуточное положение между отклонениями формы и шероховатостью поверхности. Условно различия между порядками отклонений поверхности можно установить по значению отношения шага λ к высоте неровностей V_z .

При $(\lambda / V_z) < 40$ отклонения относят к шероховатости поверхности, при $1000 > (\lambda / V_z) > 40$ — к волнистости, при $(\lambda / V_z) > 1000$ — к отклонениям формы.

Параметры волнистости: высота волнистости N_z — среднеарифметическое из пяти ее значений ($N_z^1, N_z^2, \dots, N_z^5$), определенных на длине участка измерения L равной не менее пяти действительным наибольшим шагам волнистости (рис. 10.18,а):

5 .

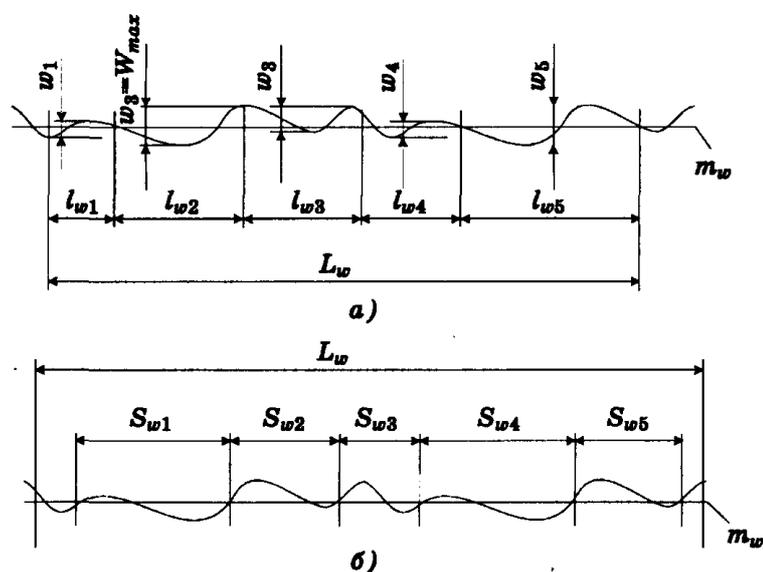


Рис. 10.18. Определение высоты (а) и шага (б) волнистости поверхности

Допускается непоследовательное расположение участка измерения. Предельные числовые значения V_z следует выбирать из ряда: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200 мкм.

Отдельное измерение волнистости выполняют на длине l_m , равной пятой части длины l ,...

Наибольшая высота волнистости V_{zmax} —

расстояние между высшей и низшей точками измеренного профиля в пределах длины L измеренное на одной полной волне. Средний шаг волнистости $\delta_{ш}$ — среднее арифметическое значение длин отрезков средней линии δ , ограниченных точками, их пересечения с соседними участками' профиля волнистости (рис. 10.18, б):

Форма волны зависит от причин, которые вызывают волнистость поверхности. Чаще волнистость имеет синусоидальный характер, что является следствием колебаний в системе

станок— приспособление-инструмент— деталь, возникающих из-за неравномерности сил резания, наличия неуравновешенных масс, погрешностей привода и т.п. Шероховатость является следствием пластической деформации поверхностного слоя детали, возникающей вследствие образования стружки, копирования неровностей режущих кромок инструмента и трения его о деталь, вырывания с поверхности частиц материала и других причин.

Если для определения шероховатости выбран участок поверхности длиной l , другие неровности (например, волнистость), имеющие шаг больше l , не учитываются. Для надежной оценки шероховатости, с учетом разброса показаний прибора и возможной неоднородности строения неровностей, измерения следует повторять несколько раз в разных местах поверхности и за результат измерения принимать среднее арифметическое результатов измерения на нескольких длинах оценки. *Длина оценки l* — длина, на которой оценивают шероховатость. Она может содержать одну или несколько базовых длин l_b . Числовые значения базовой длины выбирают из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Согласно ГОСТ 2789—73 шероховатость поверхности изделий независимо от материала и способа изготовления (получения поверхности) можно оценивать количественно одним или несколькими параметрами.

Среднеарифметическое отклонение профиля K_a — это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$K_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad \text{или} \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad \text{где } n = l/l_b = 1$$

где l — базовая длина; n — число выбранных точек профиля на базовой длине; y — расстояние между любой точкой профиля и средней линией.

Высота неровностей профиля по десяти точкам K_z — сумма средних абсолютных значений высоты пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

где y_i — высота i -го наибольшего выступа профиля; y_n — глубина n -и наибольшей впадины профиля.

Наибольшая высота неровностей профиля $L_{\text{так}}$ — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины $L_{\text{так}} = L_p + L_v$ (рис. 10.19).

Средний шаг неровностей профиля S_m — среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

где n — число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины l ; $S_{\text{ш}}$ — шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, пересекающего профиль в трех соседних точках, и ограниченного двумя крайними точками.

Средний шаг местных выступов профиля S — среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины:

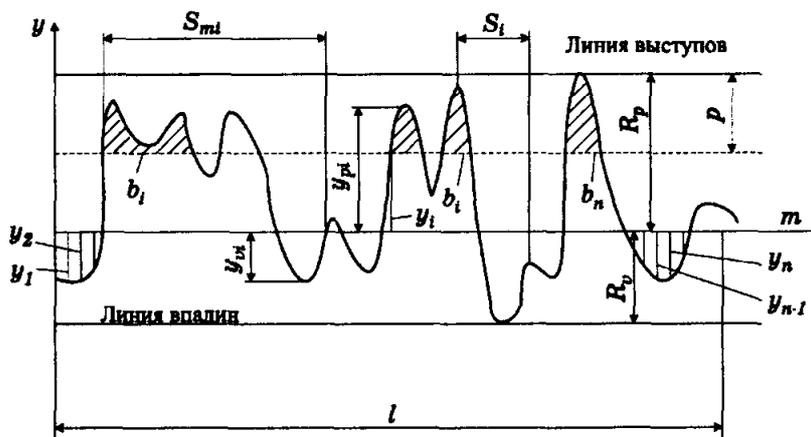


Рис. 10.19. Профилограмма и основные параметры шероховатости поверхности

где n — число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины; S — шаг неровностей профиля по вершинам, равный длине отрезка средней линии между проекциями на нее двух высших точек соседних выступов профиля. *Относительная опорная длина профиля (r_z)* — отношение опорной длины профиля к базовой длине:

$$r_z = L_p / l,$$

где l , — опорная длина профиля — сумма длин отрезков B_i , отсекаемых на заданном уровне p в материале профиля линией', эквидистантной средней линии m в пределах базовой длины (см рис. 10.19)

Опорную длину профиля определяют на уровне сечения профиля, т.е. на заданном расстоянии между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля. *Линия выступов профиля* — линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины. Значение уровня сечения профиля отсчитывают по линии выступов и выбирают из ряда- 5; 10¹ 15' 20' 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90% от K' .

Параметр K_a является предпочтительным по сравнению с R_{Ta} и R_{Tm} . Так как параметр K_a характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля; K_2 — среднюю высоту наибольших неровностей — наибольшую высоту профиля. Шаговые параметры $S_m > S$ и r введены для учета различной формы и взаимного расположения характерных точек неровностей. Эти параметры позволяют также нормировать спектральные характеристики профиля.

Выбор параметров шероховатости и их числовых значений производят в зависимости от требований к шероховатости поверхностей деталей, исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, требования к шероховатости поверхности не устанавливают и шероховатость поверхности не контролируют. Рассмотренный комплекс параметров способствует обоснованному назначению показателей шероховатости для поверхностей различного эксплуатационного назначения. Например, для трущихся поверхностей ответственных деталей устанавливают допускаемые значения R_a (или K_2), K_{max} и r_p , а также направление неровностей; для поверхностей циклически нагруженных ответственных деталей — R_{Ta} , S_m и S и т.д. При выборе параметров K_a или K_2 следует иметь в виду, что параметр K_a дает более полную оценку шероховатости, так как для его определения измеряют и суммируют расстояния большего числа точек действительного профиля до его средней линии, тогда как при определении параметра K_2 измеряют только расстояния между пятью вершинами и пятью впадинами неровностей. Влияние формы неровностей на эксплуатационные показатели качества детали параметром K_a оценить нельзя, так как при различных формах неровностей значения K_a могут быть одинаковыми. Для лучшей оценки свойств шероховатости необходимо знать ее высотные, шаговые параметры и параметр формы I . Износостойкость, контактная жесткость, прочность посадок с натягом и другие эксплуатационные свойства сопрягаемых поверхностей деталей связаны с фактической площадью их контакта. Для определения опорной площади, которая образуется под рабочей нагрузкой, строят кривые относительной опорной длины профиля (l_p) . Для этого расстояние между линиями выступов и впадин делят на несколько уровней сечений профиля с соответствующими значениями уровня сечения профиля. Для каждого сечения определяют значение I и строят кривую изменения опорной длины профиля. При выборе значений I_p следует учитывать, что с его увеличением требуются все более трудоемкие процессы обработки; например, при значении $I_p = 25\%$, определенном по средней линии профиля, можно применять чистовое точение, а при $I_p = 40\%$ необходимо хонингование. Относительная опорная длина профиля определяет значение пластической деформации поверхностей деталей при их контактировании.

В некоторых случаях устанавливают требования к направлению неровностей (табл. 10.5) и виду (или последовательности видов) обработки, если он единственный обеспечивает качество поверхности.

Наименьшие значения коэффициентов трения и износа трущихся деталей бывает, когда направление движения не совпадает с направлением неровностей, например при произвольном направлении неровностей, возникающем при суперфинишировании и хонинговании.

Для неотчетливых поверхностей шероховатость определяется требованиями технической эстетики, коррозионной стойкости и технологией изготовления.

Требования к шероховатости поверхности устанавливают без учета дефектов поверхности (царапин, раковин и т.д.) и указывают отдельно.

Согласно ГОСТ 2.309—73 шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей детали, независимо от методов их

образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции. Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 10.20, а.

Таблица 10.5

Направление неровностей и их обозначения

Направление неровностей	Схематическое изображение	Обозначение направления рисок
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		

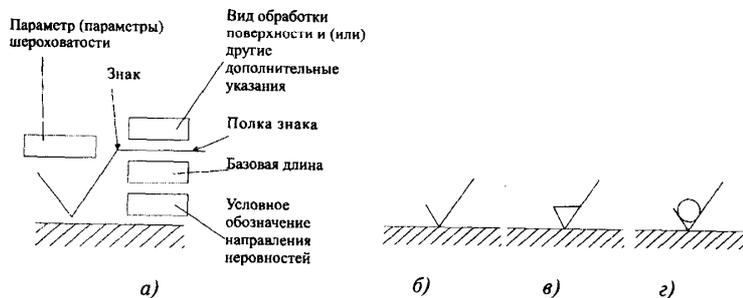


Рис. 10.20. Структура обозначения шероховатости поверхности

В обозначении шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктор не устанавливает, применяют знак, показанный на рис. 10.20, б; этот знак является предпочтительным. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой удалением слоя материала, например точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т.п., применяют знак, указанный на рис. 10.20, в. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой без снятия слоя материала, например литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т.п., применяют знак, показанный на рис. 10.20, г. При этом поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу, обозначают этим знаком. Состояние поверхности, обозначенной этим знаком должно удовлетворять требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями на сортамент материала.

Значение параметра шероховатости K_a указывают в обозначении без символа, например 0,5; для остальных параметров — после соответствующего символа, например $L_{\text{тах}} 6,3$; $5_m 0,63$; $5 0,32$; $K_2 32$; $\Gamma_{50} 70$. Здесь указаны наибольшие допустимые значения параметров шероховатости; наименьшие значения не ограничиваются. В примере обозначения $/_{50}70$ указана относительная опорная длина профиля $I_p = 70\%$ при уровне сечения профиля $= 50\%$. При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности (наибольшего и наименьшего) в обозначении приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

1,00; $K_2 0,080$; $Y_{\text{тах}} 0,80$; $/_{50}50$ и т.п.
 0,63 0,032 0,32 70

В верхней строке приведены значения параметра, соответствующие большей шероховатости.

При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями, например $1 \pm 20\%$; $K_2 80_{10\%}$; $5 0,63^{+20\%}$; $\Gamma_{50} 70 \pm 40\%$ и т.п.

При указании двух и большего числа параметров шероховатости поверхности в обозначении их значения записывают сверху вниз, как указано на рис. 10.21, а.

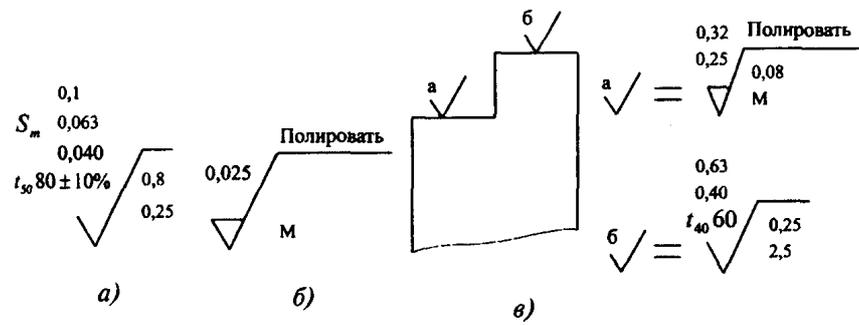


Рис. 10.21. Примеры обозначения шероховатости поверхности

На рис. 10,21, б дополнительно к значению шероховатости поверхности указывают вид обработки, допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа (рис. 10.21, в).

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении детали располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий — выносок. При недостатке места допускается располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию. При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения, по возможности ближе к месту указания размеров.

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображение не наносят (рис. 10.22, а).

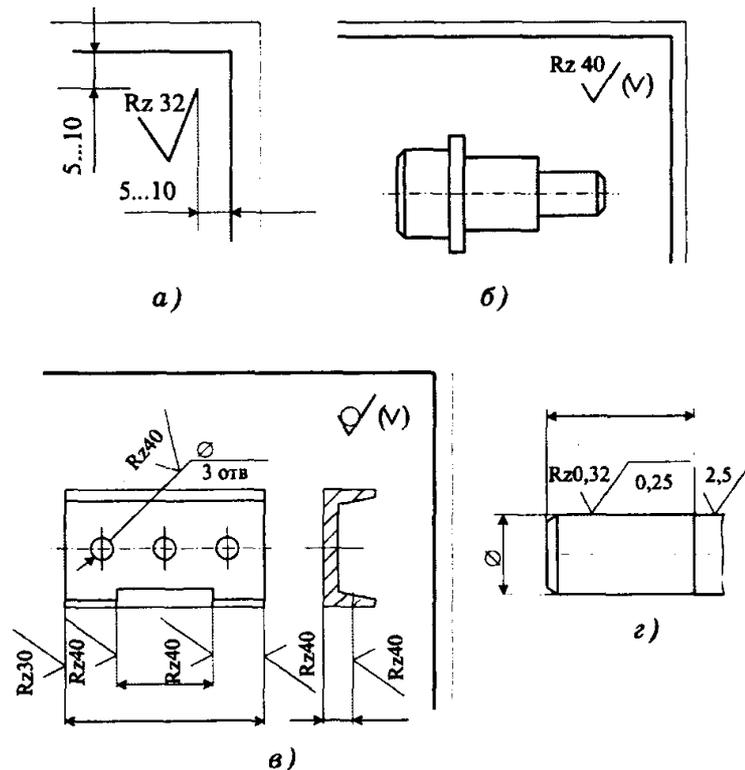


Рис. 10.22. Примеры специфических случаев обозначения шероховатости

При указании одинаковой шероховатости для части поверхностей детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и знак, показанный на рис. 10.22,б. Это означает, что все поверхности, на изображении которых нанесены обозначения шероховатости или знак, показанный на рис. 10.22,г, должны иметь шероховатость, указанную перед знаком в правом верхнем углу чертежа. Когда часть поверхностей изделия не обрабатывается по данному чертежу, в правом верхнем углу чертежа помещают знаки, показанные на рис. 10.22,в. Если шероховатость одной поверхности различна на отдельных участках, эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (рис.10.22,г).

Шероховатость поверхности характеризуется качественным и количественным контролем. *Качественный контроль* шероховатости поверхности осуществляют путем сравнения с рабочими

эталоны или образцовыми деталями визуально или на ощупь. ГОСТ 9378—93 устанавливает образцы шероховатости, полученные механической обработкой, снятием позитивных отпечатков гальванопластикой или нанесением покрытий на пластмассовые отпечатки. Наборы или отдельные образцы имеют прямолинейные, дугообразные или перекрещивающиеся дугообразные расположения неровностей поверхности. На каждом образце указаны значение параметра K_a (в мкм) и вид обработки образца. Визуально можно удовлетворительно оценить поверхности с $K_a = 0,6, \dots, 0,8$ мкм и более. Для повышения точности используют щупы и микроскопы сравнения.

Количественный контроль параметров шероховатости осуществляют бесконтактными методами с помощью приборов светового сечения и контактными методами с помощью щуповых приборов — профилометров и профилографов.

При выборе метода и типа прибора необходимо учитывать возможность контроля предписанного чертежом параметра, пределы измерения, допускаемые отклонения контролируемого параметра, погрешность измерения и прибора, производительность средств измерения, форму, размеры и материал детали и другие факторы.

Контактные профилографы и профилометры, имеющие высокую точность, применяют для контроля наиболее ответственных измерений.

Шероховатость, волнистость, отклонение формы и расположения поверхности существенно влияют на взаимозаменяемость и качество машин и агрегатов. Они возникают при изготовлении, а также в процессе работы машины под влиянием силовых и температурных деформаций и вибрации, уменьшают контактную жесткость стыковых поверхностей деталей и изменяют усталостный характер посадок при сборке. В подвижных посадках, когда трущиеся поверхности деталей разделены слоем смазочного материала и непосредственно не контактируют, указанные погрешности приводят к неравномерности зазора в продольных и поперечных сечениях, что нарушает ламинарное течение смазочного материала, повышает температуру и снижает несущую способность смазочного слоя. При запуске, торможении, уменьшении скорости, перегрузках машин условия для трения со смазочным материалом не могут быть созданы, так как масляный слой не полностью разделяет трущиеся поверхности. В этом случае из-за отклонений формы, расположения и шероховатости поверхности контакт сопрягаемых поверхностей деталей машин происходит по наибольшим вершинам неровностей поверхностей.

При таком характере контакта давление на вершинах неровностей часто превышает допустимые напряжения, вызывая вначале упругую, а затем пластическую деформацию неровностей. Возможно уменьшение размеров вершин из-за повторной деформации, вызывающей усталость материала или под действием больших контактных напряжений. Происходит также сглаживание отдельных сопрягаемых участков трущихся пар. Вследствие этого в начальный период работы подвижных соединений (участки ОЛ₁ и ОЛ₂ на кривых, рис. 10.23, а) происходит интенсивное изнашивание деталей (процесс приработки), что увеличивает зазор между сопряженными поверхностями.

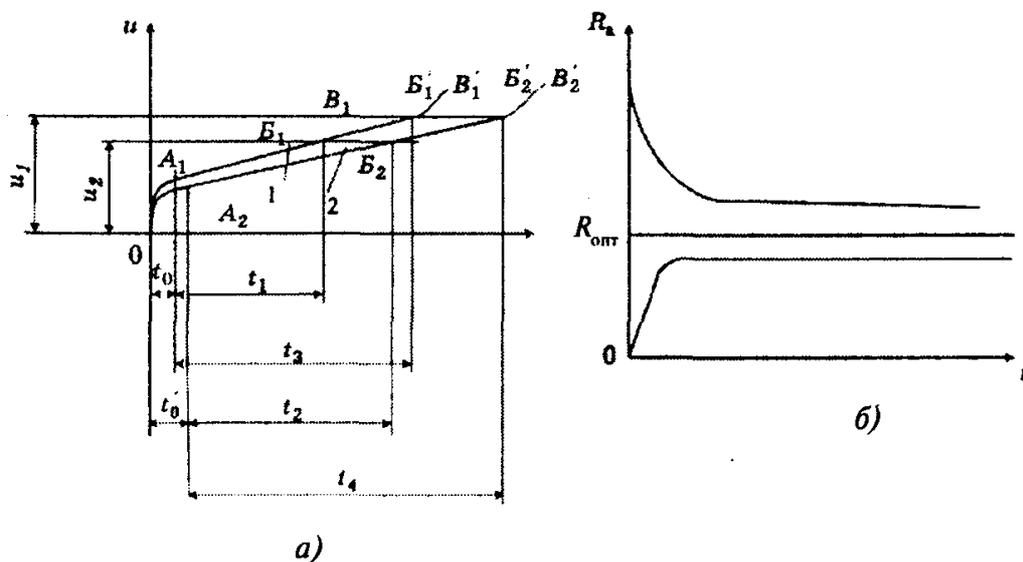


Рис. 10.23. Кривые, характеризующие износ вращающихся деталей: а — при реальной износостойкости (1 — пониженной; 2 — повышенной); б — при разной начальной шероховатости

В процессе приработки размеры и даже форма неровностей поверхности изменяются, при этом возникает определенная, в сторону движения детали, направленность неровностей. Получающуюся после приработки (при трении скольжения или качения с проскальзыванием) шероховатость, обеспечивающую минимальный износ и сохраняющуюся в процессе длительной эксплуатации машин (участки A_1B_1 и A_2B_2), называют оптимальной. Оптимальная шероховатость характеризуется высотой, шагом и формой неровностей (радиусом вершин, углом наклона неровностей в направлении движения и др.). Параметры оптимальной шероховатости зависят от качества смазочного материала и других условий работы трущихся деталей, их конструкции и материала.

Процесс приработки зависит от размеров начальных неровностей трущихся поверхностей, свойств материала деталей, режима и условий работы механизма. Чем больше начальная шероховатость отличается от оптимальной, тем больше износ деталей (рис. 10.23,6), поэтому параметры шероховатости необходимо знать заранее и получать их при механической обработке или приработке деталей на стендах. При прочих равных условиях заданную продолжительность работы детали, узла или механизма можно обеспечить, повысив износостойкость деталей или увеличив запас на износ, т.е. толщину слоя металла, на которую допускается износ деталей.

При оптимальных значениях показателей качества поверхностного слоя материала (твердости, шероховатости и др.) скорость изнашивания деталей наименьшая, детали прирабатываются быстрее, возрастают долговечность машин и их точность. При сглаживании неровностей уменьшается (до некоторого предела) коэффициент трения. Очень важно установить минимально допустимый износ деталей, при достижении которого должна быть прекращена эксплуатация механизма и проведен его ремонт, так как увеличенные зазоры могут вызвать дополнительные динамические нагрузки и интенсивное увеличение скорости изнашивания.

Неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают сопротивление усталости деталей, особенно при наличии резких переходов, выточек и т.п. При выглаживании поверхностей (после точения или шлифования) алмазными наконечниками предел выносливости и износостойкость увеличиваются. На грубо обработанных поверхностях, особенно в местах концентрации напряжений, быстрее возникает и распространяется коррозия металла, сопротивление усталости в этом случае снижается в несколько раз. Шероховатость поверхности и твердость — управляемые факторы. Заданную шероховатость поверхности можно полу-

чить у всех деталей в партии; ее можно проверить без повреждения деталей.

В процессе монтажа и эксплуатации машин форма деталей может меняться. Отклонения формы и расположения поверхностей приводит к увеличению ускорения подвижных деталей и снижению точности кинематических пар. Чем меньше начальные значения этих отклонений, тем больше долговечность конструкции.

В неподвижных посадках отклонения формы волнистость и шероховатость поверхностей приводит к уменьшению прочности соединения деталей вследствие неодинакового натяга и смятия гребней неровностей на сопрягаемых поверхностях при запрессовывании.

10.4. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов

Одной из важнейших составных частей любой системы управления является контроль и надзор за соблюдением определенных требований. В системе управления качеством продукции — это государственный надзор и ведомственный контроль за внедрением и соблюдением стандартов, метрологического обеспечения и качества продукции. В общей системе управления качеством продукции в стране особое место занимает надзор и контроль за соблюдением требований всех категорий стандартов (ГОСТ, ОСТ, ТУ, СТО, ИСО).

Надзор за соблюдением требований, указанных в стандартах, производится с помощью государственного надзора. Надзор за внедрением и соблюдением стандартов осуществляет Госстандарт России, его территориальные, областные органы, а также городские лаборатории государственного надзора и соответствующие научно-исследовательские институты или организации в соответствии с их компетенцией от имени государства во всех отраслях народного хозяйства, на всей территории Российской Федерации. Госстандарт России не ограничен рамками отдельных отраслей народного хозяйства, отдельных видов продукции, что позволяет применять наиболее эффективную форму надзора — комплексные

межотраслевые проверки, когда наряду с проверкой по внедрению и соблюдению технических требований стандартов о соответствии готовой продукции проводят такие же работы по сырью, материалам, комплексным изделиям, узлам, агрегатам и т.д. на предприятиях—изготовителях продукции. Анализ материалов комплексных проверок, охватывающий широкий круг предприятий-изготовителей, министерств, ведомств с различными формами собственности, позволяет сделать выводы о качестве выпускаемой продукции и причинах обнаруженных недостатков.

Объектами государственного надзора являются:

- нормативные документы по стандартизации и техническая документация;
- продукция, процессы и услуги;
- иные объекты в соответствии с действующим законодательством о государственном надзоре.

Основные задачи органов государственного надзора за соблюдением стандартов предусматривают:

- содействие предупреждению нарушений законов Российской Федерации, содержащих обязательные требования к объектам стандартизации и стандартов;
- проверку соблюдения обязательных требований государственных стандартов Российской Федерации при установлении соответствия отраслевых стандартов, технических условий, стандартов предприятий, стандартов научно-технических и инженерных обществ, технической документации обязательным требованиям государственных стандартов России;
- контроль за своевременным включением мероприятий по внедрению стандартов в план развития народного хозяйства и в планы предприятий, организаций, а также за выполнением планов государственной и отраслевой стандартизации;
- надзор за внедрением стандартов и соблюдением их на стадиях проектирования, производства, испытаний, хранения, транспортирования, применения, реализации и утилизации продукции;
- надзор за соответствием показателей качества проектируемой и выпускаемой продукции показателям, предусмотренным стандартами;
- проверку своевременного прекращения действия устаревших и разработки новых стандартов и состояния информации о вновь вводимых и отмененных стандартах и о действующих отечественных и зарубежных стандартах;
- испытания продукции, в том числе сертификационные.

Органы государственного надзора Госстандарта России и другие государственные органы управления в соответствии с их компетенцией взаимодействуют с органами управления, общественными организациями потребителей, страховыми обществами (ассоциациями), правоохранительными органами, оказывают им содействие в выполнении возложенных на них задач. Взаимодей-

ствие осуществляется в целях совершенствования стандартов и технических условий, повышения качества продукции и эффективности производства, обеспечения безопасности жизни и здоровья людей и имущества, охраны окружающей среды. Органы государственного надзора Госстандарта России и других государственных органов управления информируют органы управления и общественность о качестве продукции. Задания по проведению государственного надзора за внедрением и соблюдением стандартов включаются в годовые планы, утверждаемые Госстандартом России. Планы должны предусматривать комплексную проверку, т.е. проверку как основного предприятия по выпуску данного изделия, так и предприятий, изготовляющих и поставляющих для данного предприятия сырье, полуфабрикаты и комплектующие изделия, а также проверку проектных, конструкторских и научно-исследовательских организаций, разрабатывающих конструкцию изделия и технологию его изготовления.

Государственный надзор за внедрением и соблюдением стандартов проводится поэтапно:

1-й этап — проверка наличия информации об утверждении стандарта, приказов по внедрению стандарта, плана организационно-технических мероприятий по подготовке производства к выпуску продукции в соответствии с требованиями нового стандарта;

2-й этап — проверка выполнения плана организационно-технических мероприятий по внедрению стандарта. На этом этапе проверяют обеспеченность предприятия необходимым сырьем, основным и вспомогательным оборудованием, технологической оснасткой,

технической документацией для введения стандарта. Если стандарт не внедряется, то следует установить причину, по которой не внедряется стандарт;

3-й этап — проверка обеспечения выпуска продукции по новому стандарту. На этом этапе проводят проверку соответствия стандарта конструкторской и технологической документации для производства продукции, проверку соблюдения предприятием установленных стандартами программ и методик контрольных испытаний продукции, проверку состояния измерительной техники, связанной с производством данной продукции.

О целях и сроках проверки ставят в известность руководство проверяемого предприятия.

По результатам проверки внедрения и соблюдения стандартов, состояния измерительной техники и качества выпускаемой продукции проверяющие составляют акт с соответствующими выводами и предложениями. Если выявлены нарушения требований стандартов, то органы государственного надзора дают указания об устранении этих недостатков; запрещают отгрузку потребителям продукции, показатели качества которой ниже требований стандартов; изымают из обращения не соответствующие требованиям меры и средства измерения.

За несвоевременное внедрение стандартов руководители предприятий и организаций или граждане, которые зарегистрированы как индивидуальные предприниматели, несут дисциплинарную ответственность или облагаются штрафами в соответствии с действующим законодательством о труде, а за поставку продукции, не соответствующей требованиям стандартов, некомплектной, в ненадлежащей таре и упаковке, с нарушением требований к маркировке, с конструктивными недостатками и другими дефектами, изготовитель (поставщик) несет ответственность, предусмотренную основами гражданского законодательства России. С 1 января 1997 г. предусмотрена уголовная ответственность за обман потребителей в отношении качества товара, установленного договором (в сферах торговли товарами и предоставления услуг), а также за производство и реализацию товаров и услуг, не отвечающих требованиям безопасности. Уголовная ответственность за нарушение требований стандартов по продукции производственного назначения не предусмотрена, административная ответственность установлена за несоблюдение обязательных требований при ее продаже (поставке), использовании, транспортировке и хранении. Таким образом, только обязательное соблюдение стандартов может дать ожидаемый эффект от стандартизации, поэтому стандарты имеют силу закона.

Анализ, проведенный Госстандартом, показал, что главными причинами несвоевременного внедрения стандартов, несоблюдения их требований в производстве являются:

- отсутствие или задержка составления планов внедрения государственных стандартов, неувязка их с другими разделами плана производства;
- отсутствие самостоятельных отделов по стандартизации или недостаточная квалификация персонала;
- несвоевременная разработка и неконкретность организационно-технических мероприятий, направленных на внедрение государственных стандартов, малоэффективный контроль за их реализацией;
- низкий уровень руководства работами по стандартизации на предприятии (объединении);
- некомплектность выпуска и необеспеченность государственными стандартами министерств, ведомств, предприятий, объединений;
- низкий технический уровень производства;
- наличие в стандартах примечаний, оговорок, что дает возможность изготавливать продукцию с отступлением от основных требований;
- несвоевременное внесение изменений, запаздывание информации об их подготовке;
- нарушение технологической и производственной дисциплины;
- невысокий уровень конструкторской и технологической документации (не учтены требования государственных и других стандартов);
- необеспеченность, несоответствие, неудовлетворительное состояние средств измерения, контрольно-испытательной аппаратуры;
- неэффективная система материального поощрения за внедрение и соблюдение стандартов.

Организация контроля за соблюдением требований стандартов на многих промышленных предприятиях разработаны, оформлены стандартами предприятий и действуют системы внедрения стандартов в производство и контроля за их соблюдением на всех стадиях (от начала проектирования изделия до выпуска готовой продукции). Это позволяет обеспечить

сто процентное внедрение государственных, отраслевых стандартов и технических условий на изделия, не нарушая их требований.

За внедрение стандартов на предприятии и контроль за соблюдением его требований несут ответственность:

- при разработке конструкторской документации на товарную продукцию, ее детали, узлы, агрегаты — главные конструкторы изделий;
- при разработке технологической документации — начальники технологических бюро, отделов по проектированию оснастки и оборудования;
- при изготовлении изделий — начальники соответствующих подразделений, главный инженер, главный технолог, главный металлург и другие главные специалисты предприятия.

На стадии разработки организационно-технических мероприятий отдел по стандартизации производит предварительный расчет экономической эффективности внедрения стандартов и согласовывает его со всеми службами, от которых зависит внедрение стандарта и контроль за соблюдением его требований.

Службы стандартизации могут требовать от руководства проверяемого подразделения устранения недостатков, обнаруженных в ходе проверки, представления плана конкретных мероприятий и сроков их выполнения, направлять на рассмотрение руководства предприятия (объединения) материалы проверки и разработанные на их основе планы мероприятий, а также ставить вопрос о наказании виновных.

Работники, осуществляющие проверку, руководствуются действующим на предприятии (объединении) государственными, отраслевыми стандартами и нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке.

Хорошая организация внедрения и контроля за соблюдением требований стандартов позволяет предприятиям повышать ресурс, надежность, долговечность изделий, выпускать продукцию высокого качества, экономить трудовые, материальные и финансовые ресурсы.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры категорий и видов стандартов и опишите условия их применения?
2. Что представляет собой государственный стандарт?
3. Объясните структуру и порядок разработки отраслевого стандарта.
4. Опишите назначение, применение и разработку технических условий.
5. Что такое стандарт предприятия?
6. Что представляет собой стандарт научно-технических и инженерных обществ и других общественных организаций?
7. Поясните особенности международных стандартов.
8. Что такое взаимозаменяемость?
9. Какие размеры называют номинальными, действительными, предельными и как их определяют?
10. Охарактеризуйте графический способ изображения полей допусков через предельные размеры и отклонения.
11. Назовите виды и системы посадок.
12. Опишите содержание Единой системы допусков и посадок.
13. Как наносят размеры на чертеж?
14. Какие отклонения и допуски расположения поверхностей деталей устанавливают стандарты?
15. Рассмотрите обозначение на чертежах отклонение формы и расположения поверхностей деталей и их допусков.
16. Что такое волнистость поверхностей и какими параметрами она оценивается?
17. Каким образом наносятся параметры шероховатости на чертеж?
18. Объясните суть государственного надзора за внедрением и исполнением стандартов.

РАЗДЕЛ III. СЕРТИФИКАЦИЯ

ГЛАВА 11. ВВЕДЕНИЕ В СЕРТИФИКАЦИЮ

11.1. Определение сертификации

Термин "сертификация" впервые сформулирован и определен специальным Комитетом ИСО по вопросам сертификации СЕРТИКО (ныне КАСКО) и включен в Руководство № 2 ИСО (ИСО/МЭК 2) версии 1982 г. Согласно этому документу *"сертификация соответствия представляет собой действие, удостоверяющее посредством сертификата соответствия или знака соответствия, что изделие или услуга соответствуют определенным стандартам или другому нормативному документу"*

" Данное определение положено в основу принятому сегодня понятию сертификации соответствия в системе сертификации ГОСТ Р. В настоящее время под сертификацией соответствия понимается "действие третьей стороны, доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированная продукция, процесс или услуга соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу".

По сравнению с определением, данным в 1982 г., в понятие "сертификация соответствия" внесены существенные изменения.

Во-первых, сертификация соответствия теперь непосредственно связана с действием третьей стороны, которой является "лицо или орган, признаваемые независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе" (ИСО/МЭК 2).

Во-вторых, действие по оценке соответствия должно производиться "должным образом", что свидетельствует о наличии строгой системы сертификации, располагающей правилами, процедурами и управлением для проведения сертификации соответствия.

В-третьих, значительно расширяется область распространения сертификации соответствия. В определении ей подлежат продукция, процессы и услуги, в том числе процессы управления качеством на предприятиях (системы управления качеством и системы экологического управления) и персонал.

И наконец, сертификация — это действие, и ее необходимо рассматривать как процесс, определив его структуру, входные и выходные данные, механизмы управления и обеспечения ресурсами.

Выходными данными (показателями качества) сертификации являются ее достоверность и беспристрастность.

Достоверность оценки соответствия объекта сертификации требованиям нормативных документов определяется технической компетентностью органов по сертификации и испытательных лабораторий. Беспристрастность в получении результатов сертификации зависит от степени независимости заинтересованных сторон — производителя и потребителя. Таковы два критерия обеспечения качества сертификации. Механизм достижения соответствия этим критериям заложен в так называемой "петле качества". Она представляет собой взаимодействие элементов полного цикла производства продукции (процесса, услуги), влияющих на качество. Проанализируем "петлю качества" применительно к процессу сертификации (рис. 11.1).



Рис. 11.1. "Петля качества" процесса сертификации

На стадии маркетинга и изучения спроса качество сертификации закладывается анализом и выбором системы сертификации согласно правилам, по которым будет проводиться оценка соответствия и определение области аккредитации органа по сертификации и испытательных лабораторий. На данном этапе необходимо учитывать проблемы признания результатов испытаний и сертификации на конкретные виды продукции и услуг в разных странах.

На стадии проектирования процесса сертификации должны быть учтены все факторы, влияющие на качество: пожелания клиентов, требования законодательства, а также организационные, технические и научно-методические аспекты деятельности органов по сертификации и испытательных лабораторий.

Ресурсы, необходимые для проведения сертификации, включают наличие в органе сертификации и испытательной лаборатории: квалифицированного персонала; специализированных помещений; фонда нормативных документов; средств измерений, испытаний и контроля; современной оргтехники. Ресурсы для сертификации должны отвечать установленным требованиям. Их соответствие проверяется при аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий.

Процессы сертификации, например отбор образцов для испытаний, проведение инспекционного контроля или обработка заявки, должны быть разработаны таким образом, чтобы гарантировалась уверенность в достижении достоверности и беспристрастности сертификации. Все процессы необходимо планировать так, чтобы существовала возможность внутренних и внешних проверок качества работ (аудитов), проведения корректирующих мероприятий. Важное значение имеет документирование и сохранение архивов всех процессов, обеспечение конфиденциальности информации, содержащей коммерческую тайну.

Проведение сертификации заключается в испытании образцов продукции (услуг), оценке систем качества и принятии решений об их соответствии. Процесс сертификации должен соответствовать правилам системы сертификации, выбранной схеме и внутренним инструкциям органа по сертификации или испытательной лаборатории.

Обеспечение качества сертификации невозможно без проведения контроля процессов оценки соответствия. Это достигается наличием систем периодического внутреннего и внешнего аудита. Внутренний аудит выполняют работники органа по сертификации или испытательной лаборатории, чаще его проводит специально назначенный ответственный за качество. Результаты аудита

являются информацией для руководства о проведении корректирующих мероприятий.

Внешний аудит осуществляют органы по аккредитации в рамках инспекционного контроля или независимые эксперты. Все виды контроля там, где это возможно, проводятся на основе статистических методов. Окончательный контроль результатов сертификации осуществляется при принятии решения о выдаче сертификата.

На стадии оформления сертификата соответствия и лицензии на право использования знака соответствия должны соблюдаться требования к форме и содержанию, обеспечивающие их максимальную информативность и значимость. Каждый сертификат, независимо от системы сертификации, должен иметь: название объекта сертификации; нормативный документ, которому он соответствует; название органа по сертификации, который выдал сертификат; дату выдачи; срок действия; отметку об аккредитации органа по сертификации.

Качество послесертификационной деятельности определяется следующими элементами "петли качества":

- реестром сертифицированной продукции, услуг, систем качества или персонала, который должен содержать всю необходимую информацию об объекте сертификации и быть доступным широкому кругу пользователей;
- инспекционным контролем за сертифицированной продукцией со стороны органа по сертификации;
- информационной деятельностью органа по сертификации, которая заключается в предоставлении общественности сведений о результатах сертификации, обмене опытом о проведении сертификации на национальном и международном уровнях между заинтересованными структурами.

По истечении срока действия сертификата соответствия заявитель может принять решение о новой сертификации, которая предполагает повторение всех указанных в "петле качества" процедур, но с учетом фактора времени.

Все это означает постоянное развитие сертификации как процесса установления соответствия и показывает необходимость ее проведения для цивилизованных рыночных отношений.

Ведущие экономические державы начали развивать процессы сертификации в 20—30-е годы XX в. В 1920 г. Немецкий институт стандартов (ВІМ) учредил в Германии знак соответствия стандартам ОІМ, который распространялся на все виды продукции, за исключением газового оборудования, оборудования для водоснабжения и некоторой другой продукции, для которой предусмотрен специальный порядок проведения испытаний образцов и надзора за производством. Знак ОШ зарегистрирован в ФРГ в соответствии с законом о защите торговых знаков.

Примером сертификации конкретного вида продукции служит система сертификации электротехнического и электронного оборудования, действующая под эгидой Немецкой электротехнической ассоциации (УОЕ). Это одна из первых систем, созданных в стране в начале 20-х годов. По соглашению с ОИВ она организует разработку национальных стандартов в области электротехники, электроники и связи и осуществляет руководство системой сертификации этого оборудования. Она располагает Институтом по испытаниям и приемке, имеющим свои испытательные подразделения и осуществляющим функции национального органа поверки средств измерений.

Под эгидой УОЕ действуют четыре системы сертификации со своим знаком соответствия стандартам (рис. 11.2):



Рис. 11.2. Знак соответствия стандартам УОЕ

- электротехнического оборудования для бытового применения, осветительного оборудования, трансформаторов безопасности (класса III), телевизионного и радиооборудования и др.;
- электрических кабелей и шнуров;
- оборудования на излучаемые от него электромагнитные помехи;
- изделий электронной техники.

В Великобритании сертификация, как и в Германии, охватывает многие отрасли промышленности и виды товаров. В этой стране действует несколько национальных систем сертификации, наиболее известная — Британского института стандартов. Для продукции, сертифицируемой в этой системе, учрежден специальный знак ("бумажный змей") соответствия британским стандартам, зарегистрированный и охраняемый законом. Вид этого знака, а также некоторых других, применяемых за рубежом, представлен на рис. 11.3. Метка в виде бумажного змея является зарегистрированным товарным знаком. Название "бумажный змей" связано с формой символа, которым маркируется прошедшая сертификацию продукция, B31 (BΓШЗЪ З^апо'апИгаиоп 1п81Ш1юп).



а) Германия



б) Великобритания



в) Швеция



г) Южная Корея

Рис. 11.3. Знаки соответствия в зарубежных странах

Сертификация в Великобритании в основном носит добровольный характер, за исключением областей, где решением правительства стандарты обязательны к применению. Например, стандарты в отношении требований по безопасности к изделиям. Для автомобильных ремней безопасности это стандарт B8 3254. В данном случае знак соответствия называется меткой безопасности (рис. 11.4).

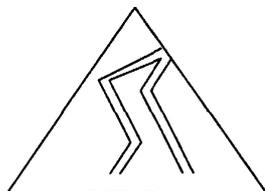


Рис. 11.4. Метка безопасности

Во Франции в 1938 г. декретом была создана национальная система сертификации знака ЫР (Французский стандарт). Ответственность за общую организацию и руководство системой была возложена на Французскую ассоциацию по стандартизации (АРМОК). Система сертификации знака МР означает, что продукция, прошедшая сертификацию в соответствии с установленными правилами, полностью удовлетворяет требованиям французских стандартов. Таким образом, в основе системы лежат исключительно национальные стандарты, подготавливаемые и утверждаемые АРМОК. Знак МР зарегистрирован во Франции в соответствии с законом о торговых и сервисных знаках.

Наличие большого числа национальных систем сертификации в странах Западной Европы, основанных на нормативных документах этих стран, привело к ситуации, когда однородная продукция оценивалась разными методами по различным показателям. Это явилось техническим препятствием в торговле между странами—членами Европейского Союза (ЕС) и мешало реализации цели "пространство без внутренних границ, в котором обеспечивается свободное перемещение людей, товаров и услуг".

Различия в сертификации соответствия касались также и административных аспектов. В результате технические барьеры, обусловленные различными нормативными документами, преодолевались в стране-импортере путем повторения процедур сертификации, которые в стране-экспортере (изготовителе) уже были проведены по действующим там правилам. Решение этой проблемы было найдено 21 декабря 1989 г., когда Совет ЕС принял документ "Глобальная концепция по сертификации и испытаниям". Основная идея документа состоит в формировании доверия к товарам и услугам путем использования таких инструментов, как сертификация и аккредитация, построенным по единым европейским нормам. Данное доверие должно быть подтверждено качеством и компетентностью (рис. 11.5). Основные рекомендации "Глобальной концепции" можно сформулировать в шести тезисах:

1. Поощрение всеобщего применения стандартов по обеспечению качества серии ЕМ 29000 и сертификация на соответствие этим стандартам.
2. Применение стандартов серии ЕМ 45000, устанавливающих требования к органам по сертификации и испытательным лабораториям при их аккредитации.
3. Поощрение создания централизованных национальных систем аккредитации.
4. Основание организации по испытаниям и сертификации в законодательно нерегулируемой области.
5. Гармонизация инфраструктуры испытаний и сертификации в странах ЕС.
6. Заключение договоров с третьими странами (не членами ЕС) о взаимном признании испытаний и сертификатов.

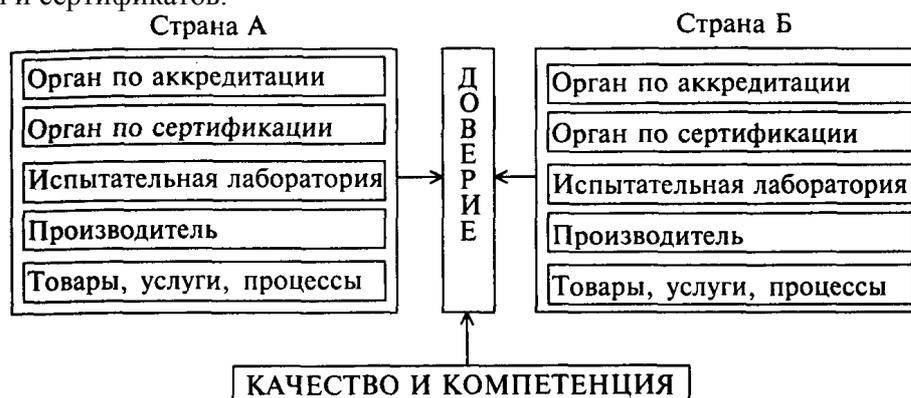


Рис. 11.5. Формирование доверия к товарам, услугам и процессам в рамках Глобальной концепции ЕС. В отличие от стран Западной Европы в США отсутствуют единые правила сертификации или единый национальный орган по сертификации. Действуют сотни систем, созданных при различных ассоциациях-изготовителях, частных компаниях. Такое же положение в стране со стандартизацией — стандарты разрабатывают сотни организаций, имеющих различный статус.

Несмотря на отсутствие единого национального органа по сертификации, на который правительством было бы возложено общее руководство работами по сертификации, предпринимаются попытки по созданию общих критериев для действующих сертификационных систем. Для этого образована национальная система аккредитации испытательных лабораторий, создается система регистрации сертификационных систем.

Сертификация в США служит гарантией качества на национальном (если орган, при котором она создана, действительно является общенациональным) и международном уровнях. Поэтому,

несмотря на отсутствие в стране законодательства, устанавливающего обязательность сертификации, авторитетом пользуются системы сертификации, созданные при таких общепризнанных организациях, как Национальная лаборатория страховых компаний, Лаборатория американских предприятий газовой промышленности, Испытательный центр сельскохозяйственной техники в штате Небраска и др.

Страны Восточной Европы развивали национальные системы сертификации аналогично западноевропейским странам. В рамках Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) работы по интеграции в вопросах сертификации начались в конце 70-х годов. Были разработаны "Основные принципы взаимного признания результатов и контроля качества продукции для заключения двухсторонних соглашений" и методические материалы "Типовая форма двухсторонних соглашений о взаимном признании результатов испытаний и контроля качества продукции".

В 1980 г. Институт СЭВ по стандартизации разработал "Общие условия взаимного признания результатов испытаний продукции". Этот документ предусматривал организацию структур для взаимного признания во всех странах—участницах соглашения. Предполагалось создание сети управляющих структур, а также аккредитованных испытательных лабораторий, которые должны были обеспечивать объективность и достоверность проведенных испытаний, правильное оформление протоколов испытаний и сертификатов.

Известные политические события конца 80-х годов не дали реализоваться планам в рамках СЭВ, но интеграционные процессы в мировой экономике заставляют бывшие страны социалистического лагеря развивать и совершенствовать процессы сертификации и аккредитации, гармонизируя их с общеевропейскими и мировыми стандартами.

Сертификация продукции в Российской Федерации, а до этого в СССР, начала развиваться в 1979 г. после постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР "Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы". Госстандарту совместно с министерствами и ведомствами было поручено утвердить головные организации по государственным испытаниям важнейших видов продукции производственно-бытового назначения. Целью такой системы было обеспечение достоверной и оперативной оценки качества продукции и предотвращение передачи в производство технически несовершенных, конструктивно и технологически недоработанных изделий, а также систематический контроль за стабильностью качества выпускаемой продукции. Испытательные центры тех лет во многом явились базами для современных испытательных лабораторий. Однако критерии, по которым работали государственные испытательные центры, не согласовывались с требованиями на испытания при сертификации. Принятое в 1986г. Положение РД 50—598—86 явилось организационно-методичес-

ким временным документом, устанавливающим основные правила работ по сертификации продукции машиностроения, проводимых в рамках международных систем сертификации или двухсторонних (многосторонних) соглашений по сертификации. Согласно Положению, работы по сертификации продукции машиностроения в СССР проводились в следующих направлениях:

- определение перечней продукции, подлежащей сертификации;
- установление сертификационных требований к продукции и введение их в нормативно-техническую документацию на эту продукцию;
- разработка документов, устанавливающих правила проведения сертификации конкретной продукции;
- аттестация производства сертифицируемой продукции на предприятиях-изготовителях;
- аккредитация испытательных организаций, определенных для сертификационных испытаний;
- испытания продукции, подлежащей сертификации;
- выдача сертификатов или постановка знаков соответствия;
- надзор и контроль качества сертифицируемой продукции и проведение сертификации в стране;
- участие в международных системах сертификации конкретной продукции или заключение двух- или многосторонних соглашений по сертификации или взаимному признанию результатов испытаний.

Таким образом, в начале 90-х годов в России сформировалась нормативная и техническая база для создания национальной системы сертификации. Законодательно сертификация как обязательная процедура защиты прав потребителя была введена в действие Законом "О защите прав потребителей". Данным Законом с 1 мая 1992 г. в России введена в действие система обязательной сертификации ГОСТ Р.

Деятельность по сертификации в России законодательно регулируется и обеспечивается:

- законами "О сертификации продукции и услуг", "О стандартизации", "Об обеспечении единства измерений", "О защите прав потребителей";
- подзаконными актами, направленными на решение отдельных социально-экономических задач и предусматривающими использование для этой цели обязательной сертификации;
- указами Президента и нормативными актами Правительства России (Постановление от 12.02.94 № 100, распоряжения Правительства РФ от 20.02.95 № 255-р, от 07.07.99 № 776).

Нормативно-методическая база сертификации включает:

- совокупность нормативных документов, на соответствие требованиям которых проводится сертификация продукции и услуг, а также документов, устанавливающих методы проверки соблюдения этих требований (примерно 12 тыс. наименований);
- комплекс организационно-методических документов, определяющих правила и порядок проведения работ по сертификации (серия правил по сертификации и комментариев к ним).

Структура нормативного обеспечения сертификации представлена на рис. 11.6.



Рис. 11.6. Структура законодательной и нормативной базы сертификации

Основопологающим документом Российской Федерации в области сертификации является Закон "О сертификации продукции и услуг" № 5151-1 от 10.06.93. В дополнение к нему принят Федеральный закон № 154-ФЗ "О внесении изменений и дополнений в Закон РФ "О сертификации продукции и услуг", принятый Государственной Думой 2 июля 1998 г. и подписанный Президентом 31 июля 1998 г. Этот Закон устанавливает правовые основы обязательной и добровольной сертификации продукции, услуг и иных объектов (например, систем качества предприятий) в Российской Федерации, а также права, обязанности и ответственность участников сертификации. Он состоит из четырех разделов, объединяющих 20 статей. Приведем анализ данного Закона в силу его важности для дальнейшего изучения процессов сертификации.

Раздел первый "Общие положения" включает 6 статей.

Статья 1 "Понятие сертификации" содержит общее определение сертификации продукции и устанавливает цели проведения сертификации. В Законе выделены следующие цели:

- создание условий для деятельности предприятий, учреждений, организаций и предпринимателей на едином товарном рынке Российской Федерации, а также для участия в

международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле;

- содействие потребителям в компетентном выборе продукции;
- защита потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);
- контроль безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- подтверждение показателей качества продукции, заявленных изготовителем.

Статья 2 "Законодательство Российской Федерации о сертификации" гласит, что отношения в области сертификации регулируются настоящим Законом и издаваемыми в соответствии с ним актами законодательства. Правовое регулирование в области сертификации в соответствии с настоящим Законом является компетенцией федеральных органов власти РФ.

Статья 3 "Международные договоры" указывает на руководство международными правилами по сертификации в случаях, когда Россия является участником международных систем сертификации.

Статья 4 "Полномочия специально уполномоченного федерального органа исполнительной власти в области сертификации" устанавливает координирующую роль Госстандарта по проведению сертификации как в обязательной, так и в добровольной областях. Для этого определены задачи Госстандарта:

- формирование и реализация государственной политики в области сертификации, установление общих правил и рекомендаций по проведению сертификации на территории Российской Федерации и публикация официальной информации о них;
- проведение государственной регистрации систем сертификации и знаков соответствия, действующих в Российской Федерации;
- публикация официальной информации о действующих в Российской Федерации системах сертификации и знаках соответствия и представление ее в установленном порядке в международные (региональные) организации по сертификации;
- подготовка в установленном порядке предложений о присоединении к международным (региональным) системам сертификации, а также заключение соглашений с международными (региональными) организациями о взаимном признании результатов сертификации;
- представление в установленном порядке интересов Российской Федерации в международных (региональных) организациях по вопросам сертификации как национального органа Российской Федерации по сертификации.

Статья 5 "Система сертификации" определяет понятие и требования к созданию и регистрации систем сертификации в России.

Статья 6 "Сертификат и знак соответствия" дает определение сертификата соответствия как документа, выданного по правилам системы сертификации для подтверждения соответствия сертифицированной продукции установленным требованиям. Общепринятые понятия этих атрибутов сертификации звучат так.

Сертификат соответствия — название документа, которым завершается процесс сертификации. Это название единое для сертификатов, выдаваемых в системах обязательной и добровольной сертификации. Порядок и условия оформления, выдачи и регистрации сертификатов устанавливается в каждой системе сертификации. *Знак соответствия* — зарегистрированный в установленном порядке знак, которым по правилам, установленным в данной системе сертификации, подтверждается соответствие маркированной им продукции установленным требованиям. Знак соответствия должен быть зарегистрирован в установленном порядке в Госстандарте РФ.

Правила применения знака соответствия в каждой системе сертификации определяются этой системой в соответствии с правилами, устанавливаемыми Госстандартом России. Изображение знака соответствия в системе ГОСТ Р приведено на рис. 11.7.



Рис. 11.7. Знак соответствия в системе ГОСТ Р

Раздел второй "Обязательная сертификация" содержит 10 статей.

Статья 7 "Обязательная сертификация" определяет, что данный вид сертификации осуществляется в случаях, предусмотренных законодательными актами Российской Федерации. Организация и проведение работ по обязательной сертификации возлагаются на Госстандарт России, а в случаях, предусмотренных законодательными актами Российской Федерации в отношении отдельных видов продукции, могут быть возложены на другие государственные органы управления Российской Федерации,

Формы обязательной сертификации продукции устанавливаются Госстандартом России либо другими государственными органами управления Российской Федерации, уполномоченными на то в соответствии с настоящей статьей, с учетом сложившейся международной и зарубежной практики.

Запрещается рекламировать продукцию, подлежащую обязательной сертификации, но не имеющую сертификата соответствия. В дополнение к этому в новой редакции Закона говорится, что подтверждение соответствия может также проводиться посредством принятия изготовителем (продавцом, исполнителем) декларации о соответствии. Декларация о соответствии, принятая в установленном порядке, регистрируется в органе по сертификации и имеет юридическую силу наравне с сертификатом.

Статья 8 "Участники обязательной сертификации" определяет участников обязательной сертификации, которыми являются Госстандарт России, иные государственные органы управления Российской Федерации, уполномоченные проводить работы по обязательной сертификации, органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры), изготовители (продавцы, исполнители) продукции, а также центральные органы систем сертификации, определяемые в необходимых случаях для организации и координации работ в системах сертификации однородной продукции.

Статья 9 "Правомочия государственных органов управления" указывает, что Госстандарт России и другие государственные органы управления Российской Федерации, на которые законодательными актами Российской Федерации возлагаются организация и проведение работ по обязательной сертификации, в пределах своей компетенции:

- создают системы сертификации однородной продукции и устанавливают правила процедуры и управления для проведения сертификации в этих системах;
- осуществляют выбор способа подтверждения соответствия продукции требованиям нормативных документов (формы сертификации);
- определяют центральные органы систем сертификации;
- аккредитуют органы по сертификации и испытательные лаборатории (центры) и выдают им разрешения на право проведения определенных видов работ (лицензии на проведение определенных видов работ);
- ведут государственный реестр участников и объектов сертификации;
- устанавливают правила признания зарубежных сертификатов, знаков соответствия и результатов испытаний;
- устанавливают правила аккредитации и выдачи лицензий на проведение работ по обязательной сертификации;
- осуществляют государственный контроль и надзор, устанавливают порядок инспекционного контроля за соблюдением правил сертификации и за сертифицированной продукцией;
- рассматривают апелляции по вопросам сертификации;
- выдают сертификаты и лицензии на применение знака соответствия.

Статья 10 "Обязанности центрального органа системы сертификации", которым является орган, возглавляющий систему сертификации, определяет две его основные задачи: организацию, координацию и установление правил системы сертификации, а также рассмотрение апелляций заявителей по поводу действий органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров).

Статья 11 "Обязанности органа по сертификации" гласит, что этот орган сертифицирует продукцию, выдает сертификаты и лицензии на применение знака соответствия; проводит иденти-

фикацию продукции, предоставленной для сертификации, в соответствии с правилами системы сертификации; приостанавливает либо отменяет действие выданных им сертификатов; осуществляет в установленном порядке инспекционный контроль за сертифицированной продукцией; предоставляет заявителю по его требованию необходимую

информацию в пределах своей компетенции. Орган по сертификации и его сотрудники несут юридическую ответственность за нарушение правил сертификации.

Статья 12 "Обязанности испытательной лаборатории (центра)" указывает, что испытательные лаборатории (центры), аккредитованные в установленном порядке, осуществляют испытания конкретной продукции или конкретные виды испытаний и выдают протоколы испытаний для целей сертификации.

Испытательные лаборатории являются участниками систем сертификации продукции. Протоколы испытаний, выданные этими лабораториями, являются объективной основой для выдачи сертификата соответствия или отказа в этом органе по сертификации. Порядок работы испытательных лабораторий и требования к ним устанавливаются нормативными документами, основным из которых является ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000, соответствующий европейской норме EN 45001. Лаборатория и ее сотрудники также несут ответственность за нарушение правил сертификации.

Статья 13 "Обязанности изготовителей (продавцов, исполнителей)". Изготовители и продавцы продукции, исполнители услуг, чьи результаты труда подлежат обязательной сертификации на территории Российской Федерации, обязаны:

- реализовывать эту продукцию только при наличии сертификата, выданного или признанного уполномоченным на то органом или декларации о соответствии, принятой в установленном порядке;
- обеспечивать соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов, на соответствие которым она была сертифицирована, и маркирование ее знаком соответствия в установленном порядке;
- указывать в сопроводительной технической документации сведения о сертификации и нормативных документах, которым должна соответствовать продукция, и обеспечивать доведение этой информации до потребителя (покупателя, заказчика);
- приостанавливать или прекращать реализацию продукции, если она не отвечает требованиям нормативных документов, на соответствие которым сертифицирована или подтверждена декларацией о соответствии, по истечении срока действия сертификата, декларации о соответствии или срока годности продукции, срока ее службы, а также в случае, если действие сертификата приостановлено либо отменено решением органа по сертификации;
- обеспечивать беспрепятственно выполнение своих полномочий должностными лицами органов, осуществляющих обязательную сертификацию продукции и контроль за сертифицированной продукцией;
- извещать орган по сертификации в установленном им порядке об изменениях, внесенных в техническую документацию или в технологический процесс производства сертифицированной продукции.

Согласно Закону "О защите прав потребителей" и другим законодательным актам, реализация изготовителем (исполнителем), продавцом продукции, подлежащей обязательной сертификации, при отсутствии выданного или признанного сертификата, влечет соответствующую юридическую ответственность предприятия и его сотрудников. Наличие сертификата обязательно для продукции, реализуемой на территории Российской Федерации, в том числе импортной. Требования к экспортируемой продукции определяется заказчиком (покупателем).

Статья 14 "Условия ввоза импортной продукции" устанавливает требования к сертификации продукции, ввозимой на территорию РФ и подлежащей обязательной сертификации, в частности, отмечается следующее:

1. В условиях контрактов (договоров), заключаемых на поставку в Российскую Федерацию продукции, подлежащей в соответствии с актами законодательства Российской Федерации обязательной сертификации, должно быть предусмотрено наличие сертификата и знака соответствия, подтверждающих ее соответствие установленным требованиям. Указанные сертификаты и знаки соответствия должны быть выданы или признаны уполномоченным на то органом Российской Федерации.
2. Сертификаты или свидетельства об их признании представляются в таможенные органы вместе с грузовой таможенной декларацией и являются необходимыми документами для получения разрешения на ввоз продукции на территорию Российской Федерации. В исключительных случаях Правительство Российской Федерации вправе выдавать разрешения на ввоз продукции, предназначенной для производственных нужд конкретной организации,

без представления в таможенные органы сертификатов или свидетельств об их признании при условии последующей сертификации данной продукции на территории Российской Федерации.

3. Порядок ввоза на территорию Российской Федерации продукции, подлежащей обязательной сертификации, устанавливается Государственным таможенным комитетом Российской Федерации и Госстандартом России в соответствии с законодательными актами Российской Федерации.

Закон запрещает реализацию импортной продукции, подлежащей обязательной сертификации, без сертификата, данного или признанного в установленном порядке.

Статья 15 "Государственный контроль и надзор за соблюдением правил обязательной сертификации и за сертифицированной продукцией" состоит из двух пунктов:

1. Государственный контроль и надзор за соблюдением изготовителями (продавцами, исполнителями), испытательными лабораториями (центрами), органами по сертификации правил обязательной сертификации и за сертифицированной продукцией осуществляется Госстандартом России, иными специально уполномоченными государственными органами управления Российской Федерации в пределах их компетенции.

2. Непосредственно государственный контроль и надзор за соблюдением правил сертификации и сертифицированной продукцией проводится должностными лицами, осуществляющими государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов. Указанные должностные лица осуществляют государственный контроль и надзор за соблюдением правил по сертификации и за сертифицированной продукцией в порядке и на условиях, установленных Законом "О стандартизации".

Должностные лица, осуществляющие непосредственный государственный контроль и надзор за соблюдением правил сертификации и сертифицированной продукцией от имени Госстандарта России, согласно Закону "О стандартизации", имеют специальное наименование — государственный инспектор (Главный государственный инспектор Российской Федерации по надзору за государственными стандартами; главный государственный инспектор республики, края, области, автономной области, автономного округа, города; государственный инспектор).

Статья 16 "Финансирование работ по сертификации и государственному контролю и надзору" определяет виды деятельности в области обязательной сертификации, которые должны финансироваться за счет государственных средств. К ним относятся:

- разработка прогнозов развития сертификации, правил и рекомендаций по ее проведению; обеспечение официальной информацией в области сертификации;
- участие в работе международных (региональных) организаций по сертификации и проведение работ с зарубежными национальными органами по сертификации;
- разработка и (или) участие в разработке международных (региональных) правил и рекомендаций по сертификации;
- разработка проектов актов законодательства в области сертификации;
- проведение научно-исследовательских и иных работ по сертификации, имеющих общегосударственное значение;
- проведение государственного контроля и надзора за соблюдением правил сертификации и за сертифицированной продукцией;
- ведение Государственного реестра по сертификации и аккредитации и архивное хранение материалов по государственной регистрации систем сертификации и знаков соответствия;
- другие работы по обязательной сертификации, определяемые законодательством Российской Федерации.

Раздел третий "Добровольная сертификация" включает 3 статьи. *Статья 17* "Добровольная сертификация" указывает на то, что для продукции и услуг, которые не подлежат обязательной сертификации в соответствии с действующим законодательством, по инициативе заявителей (изготовителей, продавцов, исполнителей) может проводиться добровольная сертификация в целях подтверждения соответствия продукции требованиям стандартов, технических условий, рецептур и других документов. Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом по сертификации.

Статья 18 "Организация добровольной сертификации" гласит, что подобная сертификация осуществляется органами по сертификации, входящими в систему добровольной

сертификации, образованную любым юридическим лицом, зарегистрировавшим в установленном порядке данную систему и знак соответствия в специально уполномоченном федеральном органе исполнительной власти в области сертификации. Органом по добровольной сертификации может быть юридическое лицо, образовавшее систему добровольной сертификации или взявшее на себя функцию органа по добровольной сертификации на условиях договора с юридическим лицом, образовавшим данную систему. Орган по добровольной сертификации осуществляет сертификацию продукции, выдает сертификаты, а также на условиях договора с заявителем предоставляет ему право на применение знака соответствия либо приостанавливает или отменяет действие выданных сертификатов.

Статья 19 "Права заявителя" указывает, что при заключении договора на проведение сертификации заявитель вправе получить от органа по добровольной сертификации необходимую информацию о правилах сертификации продукции, а также определить форму сертификации.

Раздел четвертый "Ответственность за нарушение положений настоящего Закона" состоит из одной *статьи 20* "Уголовная, административная либо гражданско-правовая ответственность". Юридические и физические лица, а также органы государственного управления, виновные в нарушении правил обязательной сертификации несут в соответствии с действующим законодательством уголовную, административную либо гражданско-правовую ответственность.

Другими основополагающими законами, регулирующими деятельность по сертификации в РФ, являются Закон "О стандартизации" и Закон "Об обеспечении единства измерений", в которых устанавливаются общегосударственные требования к назначению, применению и соблюдению стандартов и нормативных документов, в том числе к тем, на соответствие которым проводится сертификация, а также устанавливаются требования к организации и проведению измерений, испытаний и контроля, которые составляют объективную основу оценки соответствия продукции при сертификации. В настоящее время в процессе разработки находится проект федерального закона "О подтверждении соответствия продукции и услуг нормативным требованиям", который усовершенствует правовую базу сертификации.

11.2. Виды сертификации

Сертификация соответствия проводится в обязательной и добровольной областях. В последнее время обязательная сертификация часто называется сертификацией в законодательно регулируемой области, а добровольная — в законодательно нерегулируемой. Рассмотрим причины разделения областей распространения сертификации.

Обязательная сертификация распространяется на продукцию и услуги, связанные с обеспечением безопасности окружающей среды, жизни, здоровья и имущества. Законодательно закрепленные требования к этим товарам должны выполняться всеми производителями на внутреннем рынке и импортерами при ввозе на территорию России. Номенклатура товаров и услуг, подлежащих обязательной сертификации в Российской Федерации, определяется Госстандартом России в соответствии с Законом "О защите прав потребителей" и приведена в приложении 2. Проведение работ по обязательной сертификации осуществляется органами по сертификации и испытательными лабораториями, аккредитованными в установленном порядке в рамках существующих систем обязательной сертификации. Всего по состоянию на июль 2001 г. в Госстандарте было зарегистрировано 16 самостоятельных систем обязательной сертификации продукции и услуг и 129 систем добровольной сертификации. Главными органами этих систем являются государственные учреждения Госстандарт, Госстрой, Гос-гортехнадзор, Госкомсвязи и др. Область распространения обязательной сертификации в Российской Федерации приведена на рис. 11.8.

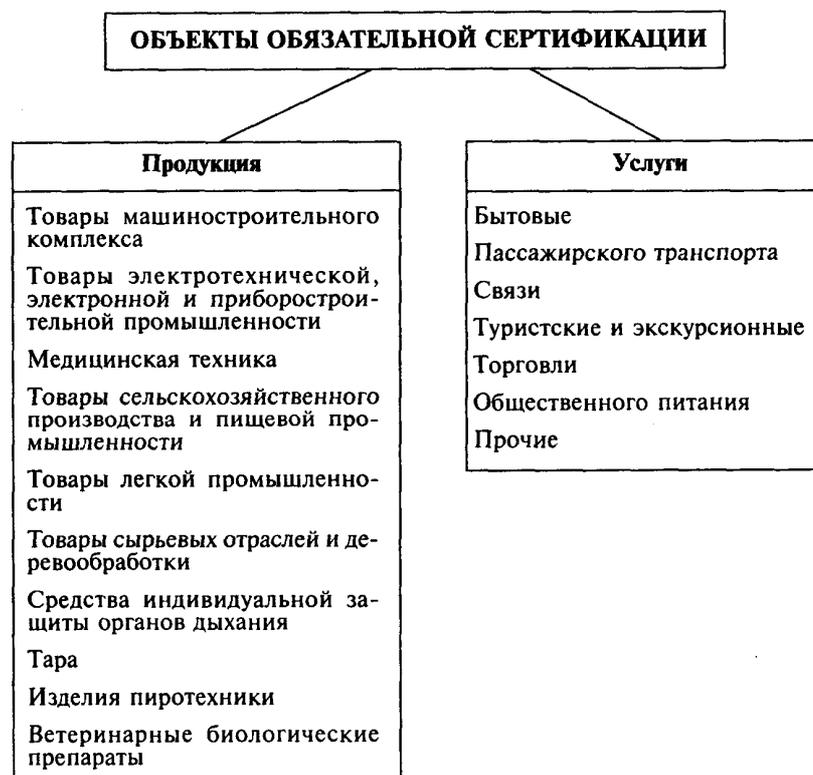


Рис. 11.8. Область распространения обязательной сертификации

За рубежом, в частности в странах Европейского Сообщества, задачи сертификации в законодательно регулируемой области абсолютно такие же, как в России. Отличие заключается в порядке проведения сертификации и состоит в том, что испытания и последующая оценка продукции проводится на соответствие гармонизированным для стран ЕС требованиям директив (законодательных актов) по безопасности. Например, 90/106/ЕЕС — строительная продукция, 89/336/ЕЕС — электромагнитная совместимость, 88/378/ЕЕС — безопасность игрушек. В этих директивах заложены минимальные требования к показателям безопасности продукции и указаны методы оценки соответствия, которые должны применяться. Сделано это для свободного перемещения потенциально опасной продукции в границах ЕС. Национальные требования по безопасности продукции отдельных стран—членов ЕС могут быть более строгими, чем в указанных директивах.

Добровольная сертификация проводится в тех случаях, когда строгое соблюдение требований существующих стандартов или другой нормативной документации на продукцию, услуги или процессы государством не предусмотрено, т. е. когда стандарты или нормы не касаются требований безопасности и носят добровольный характер для товаропроизводителя, например создание системы качества на предприятии по модели стандарта ИСО 9001. Потребность в добровольной сертификации появляется, как правило, когда несоответствие стандартам или другим нормативам на объекты сертификации затрагивает экономические интересы крупных финансово-промышленных групп, отраслей индустрии и сферы услуг. На рис. 11.9 приведены группы объектов добровольной сертификации. Рассмотрим особенности сертификации данных групп.

Добровольной сертификации подлежит продукция, на которую отсутствуют обязательные к выполнению требования по безопасности. В то же время ее проведение ограничивает доступ на рынок некачественных изделий за счет проверки таких показателей, как надежность, эстетичность, экономичность и др. При этом добровольная сертификация не подменяет обязательную и ее результаты не являются основанием для запрета (поставки) продукции. Она в первую очередь направлена на борьбу за потребителя. Это в полной мере касается и добровольной сертификации услуг.

В последние годы широкое распространение получила добровольная сертификация систем качества на соответствие требованиям международных стандартов серии ИСО 9000 (табл. 11.1). Данные стандарты устанавливают требования к процессам управления качеством на предприятиях. Первая их редакция была принята в 1987 г., вторая — в 1994 г. Именно в соответствии с версией 1994 г. до настоящего времени системы качества предприятий подвергались сертификации. Серия ИСО 9000:1994 включает пять взаимосвязанных стандартов: ИСО 9000, ИСО 9001 (Российский аналог ГОСТ Р ИСО 9001-96); ИСО 9002 (Российский

аналог ГОСТ Р ИСО 9002-96), ИСО 9003 (Российский аналог ГОСТ Р ИСО 9003-96) и ИСО 9004, устанавливающие общие требования к системе качества предприятия при проектировании, разработке, производстве, контроле, испытании и обслуживании продукции.

Таблица 11.1 Национальные эквиваленты ИСО 9001 и ИСО 9002

Страны и континенты	ИСО 9001	ИСО 9002
Россия	ГОСТ Р ИСО 9001 — 96	ГОСТ Р ИСО 9002—96
Аргентина	1КАМ-1АСС- 150 Е-9001	1КАМ-1АСС- 150 Е-9002
Австралия	А5 3901	А5 3902
Бельгия	^К ЕК 29001	NBN EN 29002
Бразилия	N89001:1990	N6 9002:1990
Венесуэла	СОУЕМК -1509001	COVENIN - 150 9002
Канада	САК/С5А - 150 9001 — 94	CAN/С5А - 150 9002—94
Европа	ЕК 29001	EN 29002
Франция	NP X50- 131	КР X50- 131
Германия	О1К 150 9001	ОШ 150 9001
Ирландия	15 300, РАЯТ 1	15 300, ПАКТ2
Мексика	МОМ-СС-3	НОМ-СС-4
Новая Зеландия	N759001-1987	N25 9002-1987
Южная Африка	5АВ5 150 9001	5АВ5 150 9002
Испания	1ЖЕ 66901	1ЖЕ66902
Великобритания	В55750:1987:ПАКТ 1	В5 5750:1987:ПАКТ 2
США	АК51/А50.5 0.9001	АК51/А505 09002

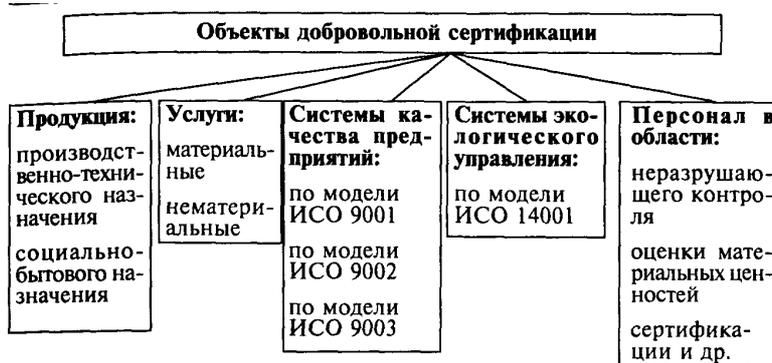


Рис. 11.9. Объекты добровольной сертификации

Стандарты ИСО 9001-9003 предусматривают наличие в системе качества четко регламентированных элементов, влияющих на обеспечение качества продукции от ее проектирования до реализации потребителям.

Эти элементы устанавливают требования по следующим направлениям деятельности предприятий:

- ответственность руководства;
- анализ контрактов;
- управление проектированием, изготовлением, испытанием, контролем и поставками продукции;
- управление документацией и базами данных;
- обеспечение контрольно-измерительной аппаратурой и испытательным оборудованием;
- анализ брака;
- введение корректирующих и предупреждающих действий;
- погрузочно-разгрузочные работы, хранение, упаковка и консервация;
- введение внутренней проверки системы качества;
- подготовка кадров;
- послепродажный сервис;
- использование статистических методов.

Третья редакция стандартов серии ИСО 9000 принята 15 декабря 2000 г. и состоит из трех стандартов — ИСО 9000:2000, ИСО 9001:2000 и 9004:2000, в которых заложены восемь принципов менеджмента качества:

- Организация, ориентированная на потребителя.
- Роль руководства в управлении качеством.
- Вовлечение работников в улучшение качества.
- Подход к управлению качеством как к процессу.
- Системный подход к управлению.
- Постоянное улучшение.
- Принятие решений, основанных на фактах.
- Взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Модель системы менеджмента качества по стандарту ИСО 9001:2000 представлена на рис. 11.10. Для ее внедрения организация должна идентифицировать процессы, необходимые для системы; установить последовательность и взаимодействие этих процессов; определить критерии и методы обеспечения эффективной работы и управления этими процессами; обеспечивать актуальность информации, необходимой для нормального функционирования и контролирования этих процессов; измерять и анализировать процессы и осуществлять меры, необходимые для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения.

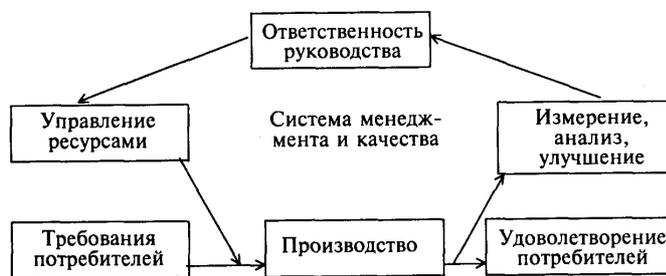


Рис. 11.10. Структура системы менеджмента качества по ИСО 9001:2000

Набор требований к системе менеджмента качества теперь включает показатели, характеризующие ответственность руководства предприятия за управление качеством, оптимальное управление ресурсами для достижения целей по качеству, организацию производства продукции и механизмы измерения, анализа и улучшения качества. Их соответствие требованиям ИСО 9001 (ИСО 9002 или ИСО 9003) и является целью сертификации систем качества со стороны уполномоченных органов. Наиболее известные из них, такие, как ТЦУСЕКТ, БЪОУО КЕС13ТЕК, В1ЖЕАУ УЕК1ТА5, КЕМА и другие, работают по всему миру, в том числе и в России.

Пример 11.1. Многообразие органов по сертификации, проводивших оценку системы качества предприятий — поставщиков российского автогиганта АВТОВАЗ (по данным журнала "Автотракторное электрооборудование"):

- различные отделения ТЦУСЕКТ — 54%;
- аккредитованные в системе "Регистр систем качества" — 11%;
- ВНИИС - 9%;
- Автоэлектротест — 7%;
- региональные отделения Госстандарта России — 4%;
- Ростест-Авто — 4%;
- Морской регистр — 4%;
- Скандинавское отделение ВиКЕАУ УЕКИА3 — 4%;
- БЪОУО КЕС15ТЕЯ - 2%.

В декабре 1995 г. в Российской Федерации была зарегистрирована в Государственном реестре система сертификации систем качества и производств, получившая краткое название "Регистр систем качества". Регистр представляет собой систему сертификации, построенную в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, правилами по сертификации, государственными стандартами, а также международными и европейскими правилами и процедурами. В рамках данной системы осуществляются: сертификация систем качества; сертификация производств; инспекционный контроль за сертифицированными системами качества и производствами; международное сотрудничество в области сертификации систем качества в интересах взаимного признания ее результатов.

При сертификации должны быть обеспечены: добровольность; бездискриминационный доступ к участию в процессах сертификации; объективность оценок; воспроизводимость результатов оценок; конфиденциальность; информативность; специализация органов по

сертификации систем качества (производства); проверка выполнения требований, предъявляемых к продукции (услуге) в законодательно регулируемой сфере; достоверность доказательств со стороны заявителя соответствия системы качества нормативным требованиям [33].

Добровольность. Сертификация осуществляется только по инициативе заявителя при наличии от него письменной заявки (если иное не предусмотрено законом).

Бездискриминационный доступ к участию в процессах сертификации. К сертификации в Регистре допускаются все организации, подавшие заявку на сертификацию и признающие принципы, требования и правила, установленные в Регистре. Исключается любая дискриминация заявителя и любого участника процесса сертификации (цена, завышенная в сравнении с другими заявителями, неоправданная задержка по срокам, необоснованный отказ в приеме заявки и пр.).

Объективность оценок обеспечивается независимостью органа по сертификации и привлекаемых им к работе экспертов от заявителя или других сторон, заинтересованных в результатах оценки и сертификации, а также полнотой состава комиссии экспертов (далее — комиссия).

В совокупности комиссия по сертификации должна знать стандарты на систему качества, владеть техникой проверки, кроме того, знать особенности производства продукции и нормативных требований к ней. В составе комиссии должен быть специалист по проверяемому виду экономической деятельности (отрасли хозяйства). При необходимости в состав комиссии могут быть включены специалисты по метрологии, экономике и др. Объективность оценок обеспечивается также компетентностью экспертов, проводящих сертификацию (эксперт должен быть аттестован на право проведения сертификации систем качества или производств и зарегистрирован в Государственном реестре Госстандарта России).

Воспроизводимость результатов оценок обеспечивается: применением при проведении проверок и оценок систем качества (производств) правил и процедур, основанных на единых требованиях; проведением оценок на основе фактических данных; документальным оформлением результатов оценок и сертификации; четкой организацией системы учета и хранения документации органом по сертификации.

Конфиденциальность. Орган по сертификации, его эксперты и все привлекаемые к участию в работе комиссии специалисты должны соблюдать конфиденциальность всей информации об организациях, полученной на всех этапах сертификации, а также выводов, характеризующих состояние системы качества (производств) и соответствие персонала.

Конфиденциальность информации обеспечивается:

- для штатного персонала органа по сертификации — определением требований конфиденциальности в приказах руководителя органа, должностных инструкциях (при ознакомлении персонал ставит свою подпись);
- для привлекаемого персонала к работам по сертификации — установлением требований конфиденциальности в договорах (трудовых соглашениях), заключаемых между органом по сертификации и привлекаемыми участниками.

Условие конфиденциальности информации не соблюдают в тех случаях, когда продукция (услуга), производимая предприятием, а также условия производства могут угрожать здоровью потребителей и представлять опасность для экологии.

Информативность. В Регистре должна обеспечиваться ежегодная публикация официальной информации о сертифицированных системах качества (производства) организаций. Кроме того, в оперативных источниках информации (периодических изданиях Госстандарта России и его институтов) должна публиковаться текущая информация о сертификации или об аннулировании сертификатов систем качества (производств) организаций.

По данным ИСО, к 31 декабря 2000 г. в мире насчитывалось 408 631 предприятие, имеющее сертификаты соответствия согласно ИСО 9001 или ИСО 9002 в 158 странах. В процентном отношении распределение по регионам выглядит следующим образом: Европа — 53,87%, Ближний Восток и Западная Азия — 20,05, Северная Америка — 11,82, Австралия и Новая Зеландия — 6,68, Африка и Западная Азия — 4,94, Центральная и Южная Америка — 2,64%. Наибольшее количество сертифицированных компаний находится в Великобритании, Германии, США. В России зарегистрировано около 1000 сертификатов на системы качества.

Что побуждает предприятия к сертификации систем качества? В первую очередь, это возможность повышения конкурентоспособности; удовлетворения требований заказчика; повышения цены на продукцию (услуги); льготного кредитования и страхования; возможность получения госзаказа. Это "внешние" мотивы. Но в западной традиции немаловажны и "внутренние" причины: более полное удовлетворение требований потребителя; улучшение качества продукции и работ; сокращение издержек; уменьшение аудиторских проверок потребителем; большая осведомленность о качестве; сокращение переделок; позитивные культурные изменения, улучшение документации; повышение ответственности за качество; корпоративная стратегия и др.

Сертификация на соответствие экологическим требованиям — одно из наиболее активно развивающихся направлений сертификации. Причем оценке соответствия может подлежать не только готовая продукция, предназначенная для потребителя, но и система экологического управления (СЭУ) предприятия в целом.

Работы по стандартизации СЭУ начались в 1993 г. В это время был создан технический комитет ИСО-ТК 207 "Управление окружающей средой". К 1996 г. этот комитет разработал комплекс стандартов серии ИСО 14000, распространяющихся на управление экологическими аспектами деятельности предприятий. СЭУ, согласно этим стандартам, определяется как составная часть общей системы административного управления предприятием. Она должна служить целям управления охраной окружающей среды в процессе хозяйственной деятельности предприятия или на всех стадиях жизненного цикла продукции. Одна из основных задач, стоящих перед СЭУ, — управление экологическим риском.

Семейство стандартов ИСО 14000, многие из которых приняты как ГОСТ Р, можно разделить на три группы:

- стандарты общего назначения — ГОСТ Р ИСО 14001—98 (ИСО 14001:1996); ГОСТ Р ИСО 14004-98 (ИСО 14004:1996) и ГОСТ Р ИСО 14050-99 (ИСО 14050:1998);
- стандарты на правила проверки и оценки СЭУ — ГОСТ Р ИСО 14010-98 (ИСО 14010:1996); ГОСТ Р ИСО 14011-98 (ИСО 14011:1996); ГОСТ Р ИСО 14012-98 (ИСО 14012:1996) и ИСО 14031:1996;
- стандарты, ориентированные на продукцию — ИСО 14020:1998, ИСО 14021:1998, ГОСТ Р ИСО 14040-99 (ИСО 14040:1997), ИСО 14041:1998, ИСО 14042, ИСО 14043.

Порядок проведения сертификации СЭУ на соответствие ИСО 14001 аналогичен процессу сертификации систем качества по ИСО 9001. В настоящее время технические комитеты ИСО ТК 176 и ТК 207 приступили к созданию стандарта по проведению совместной (одновременной) сертификации систем качества и СЭУ.

Основные объекты проверки при сертификации СЭУ:

- деятельность по обеспечению, управлению и улучшению охраны окружающей среды в организации в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 14001-98;
- технологические этапы производства, при которых возможно появление продуктов, вызывающих загрязнение или оказывающих вредное воздействие на окружающую среду непосредственно своим появлением или за счет увеличения концентрации выбросов (сбросов) за определенный интервал времени;
- экологичность продукции на этапах маркетинга, разработки, изготовления, потребления и утилизации.

На 31 декабря 2000 г. в 98 странах мира предприятиям выдано 22 897 сертификатов соответствия ИСО 14001. В Европе таких предприятий 48,13%, на Дальнем Востоке — 34,42, В Северной Америке — 11,82, Австралии и Новой Зеландии — 4,86% и т.д.

Только за 2000 г. прошли сертификацию в Японии 2541 компания, Великобритании — 1042, Швеции — 519, США — 408, Голландии — 381, Австралии — 341.

В России система экологической сертификации была зарегистрирована в 1996 г. Центральным органом системы является Госкомэкологии РФ. Экологическая сертификация может проводиться в обязательной и добровольной областях [34].

Обязательной сертификации в системе подлежат объекты, которые в соответствии с действующим законодательством должны отвечать требованиям по охране окружающей среды, обеспечению экологической безопасности и сохранению биологического разнообразия. Добровольной сертификации могут быть подвергнуты другие объекты с учетом сложившейся международной и зарубежной практики в соответствии со ст. 17,18 и 19 Закона "О сертификации продукции и услуг".

Объекты обязательной экологической сертификации:

- системы управления охраной окружающей среды, регламентируемые международными стандартами, разрабатываемые в ИСО/ТК 207 "Управление охраной окружающей среды", в котором Россия является активным членом;
 - продукция, вредная для окружающей среды, включая озоно-разрушающие вещества и содержащую их продукцию, предполагаемые к ввозу в Российскую Федерацию и вывозу из Российской Федерации, а также товары, ввозимые на таможенную территорию Российской Федерации;
 - экологически вредные технологии, включая ввозимые на таможенную территорию Российской Федерации и используемые на промышленных и опытно-экспериментальных объектах предприятий и организаций оборонных отраслей промышленности;
 - отходы производства и потребления, включая опасные и другие отходы, являющиеся объектом трансграничной перевозки, и деятельность в сфере обращения с отходами;
 - виды животных и растений, их части или дериваты, подпадающие под действие Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения, добытые в открытом море судами, плавающими под флагами Российской Федерации.
- При положительных результатах проверки органы по сертификации выдают заявителям экологические сертификаты установленного образца и разрешение на право маркировки объектов сертификации знаком соответствия системы (рис. 11.11).



Рис. 11.11. Экологический знак соответствия

Кроме продукции, услуг и систем качества добровольной сертификации может подлежать персонал. Добровольная сертификация персонала необходима для установления соответствия специалистов той или иной области деятельности требованиям, предъявляемым к их работе. Сертификация не заменяет базовое образование и не ставит его под сомнение. Интенсивное развитие промышленности и услуг с каждым годом предъявляет к специалистам новые требования по знанию уровня техники, программного обеспечения, нормативных документов. Таким образом, появляется необходимость в их периодической аттестации на соответствие принятым сегодня критериям. Объективную и независимую оценку обеспечивает сертификация. Требования к специалистам и порядок оценки соответствия устанавливает не государство, а все заинтересованные стороны. Так, сертификацию оценщиков автотранспорта в Германии инициировали страховые компании, банки и общества оценщиков. При обязательном страховании автомобилей качество оценки стоимости автомобиля или его повреждения напрямую связано с экономическими интересами этих структур. Сертифицированный по общепринятым правилам оценщик признается всеми участниками названного процесса.

В Российской Федерации сертификация персонала также начинает развиваться. В Госстандарте уже зарегистрировано несколько систем, предусматривающих сертификацию специалистов.

Следует отметить, что сертификацию персонала не надо ассоциировать с аттестацией. Цель аттестации — определение квалификации работника с целью проверки его соответствия занимаемой должности. Цель сертификации — установление уровня подготовки, профессиональных знаний, навыков и опыта специалиста для подтверждения его соответствия установленным требованиям и определения его возможностей надлежащим образом осуществлять конкретные действия в определенной сфере деятельности. Аттестацию проводит работодатель (вторая сторона), а сертификацию — орган по сертификации (третья сторона).

В настоящее время в Российской Федерации сложилась и развивается система сертификации компетентности персонала, функционирующего в качестве экспертов по сертификации продукции, услуг, производств, систем качества, по аккредитации испытательных и измерительных лабораторий, органов по сертификации и аккредитации для системы сертификации ГОСТ Р и системы аккредитации. Система базируется на законодательных

нормативных и распорядительных актах, законах Российской Федерации. Практика функционирования обязательной системы сертификации ГОСТ Р показала, что ее эффективность во многом зависит от компетентности экспертов, непосредственно влияющей на принятие решений о допуске безопасной продукции (услуг и иных объектов) на потребительский рынок.

Под компетентностью специалиста понимают наличие теоретических знаний, практических навыков и опыта. Компетентность ограничена определенной областью и распространяется на оцениваемую продукцию, услуги и иные объекты (профессиональная компетентность) и методологию оценки (квалиметрическая компетентность). Профессиональная компетентность включает знание:

- различных сторон проектирования и производства продукции (услуг и иных объектов);
- значений показателей качества аналогов;
- перспектив развития продукции, отраженных в научно-исследовательских работах, патентах, конструкторских разработках;
- требований потребителей;
- условий и характера эксплуатации (потребления).

Квалиметрическая компетентность обеспечивает четкое понимание экспертом принципов и методов оценки качества продукции, умение использовать разные типы оценочных шкал, определять субъективные вероятности и различать достаточное число градаций оцениваемого объекта.

Кроме требований к профессиональной компетентности, при сертификации предъявляются требования, связанные с личными качествами специалистов, обеспечивающими его способность выполнять функции эксперта.

Необходимо отметить, что единая согласованная система Европейской организации по качеству (ЕОК) предусматривает, что эксперт-аудитор качества должен иметь оригинальное мышление, зрелость, обладать здравым суждением, владеть аналитическими методами, отличаться настойчивостью, способностью реально оценивать обстановку, в том числе уметь оценивать сложные ситуации с учетом широкой перспективы, понимать роль в обеспечении качества отдельных подразделений организации в целом.

11.3. Система сертификации

Система сертификации определяется как *система, располагающая собственными правилами процедуры и управления для проведения сертификации соответствия*. Определение ее можно встретить в Правилах по проведению сертификации в Российской Федерации, утвержденных Госстандартом в 1994 г.: *система сертификации — совокупность участников сертификации, осуществляющих сертификацию по правилам, установленным в этой системе*. Таким образом, становится ясным, что проведение сертификации возможно только в рамках системы сертификации, которая должна быть признана всеми ее участниками и зарегистрирована в установленном порядке. В РФ регистрацию систем сертификации осуществляет Госстандарт, являющийся национальным органом по сертификации. В его задачу входит проверка соответствия правил самостоятельных систем сертификации российскому законодательству и нормативным документам и ведение реестра зарегистрированных систем.

Наиболее распространенной в области обязательной сертификации является система сертификации ГОСТ Р. Основная цель систем обязательной сертификации — защита потребителей (физических и юридических лиц) от приобретения (использования) товаров, работ и услуг, которые опасны для их жизни, здоровья и имущества, а также для окружающей среды. Другие цели, для которых создаются системы обязательной и добровольной сертификации, заключаются в улучшении качества продукции и услуг, повышении конкурентоспособности на внутреннем рынке и содействие экспорту, если система признана за рубежом.

Типовая структура системы сертификации, приведенная на рис. 11.12, предполагает наличие целого ряда участников.

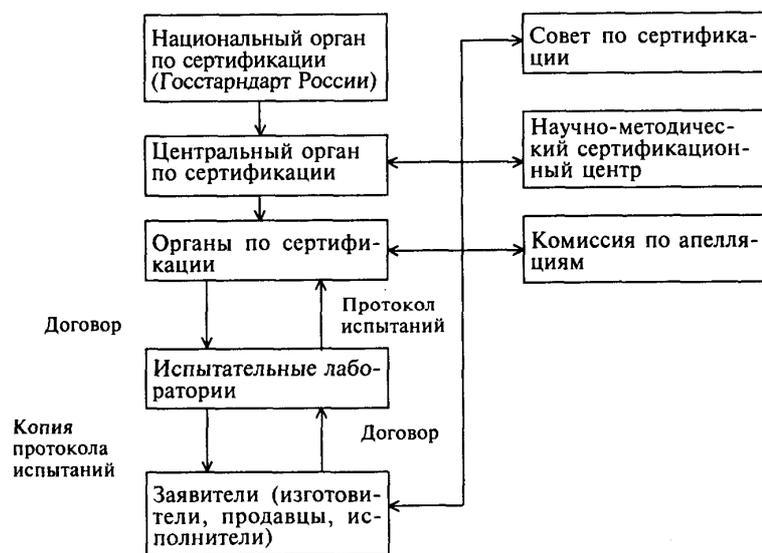


Рис. 11.12. Типовая структура взаимодействия участников системы сертификации

\ *Национальный орган по сертификации* — Госстандарт России осуществляет свою деятельность как национальный орган по сертификации на основе прав, обязанностей и ответственности, предусмотренных действующим законодательством Российской Федерации, и как федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий организацию и проведение работ по обязательной сертификации в соответствии с законодательными актами РФ.

Центральный орган по сертификации осуществляет свою деятельность в соответствии с функциями, установленными Законом "О сертификации продукции и услуг" и Правилами Госстандарта России, на основе Правил организует разработку систем (правил, порядков) сертификации однородной продукции и в соответствии с этим выполняет следующие основные функции в пределах своей компетенции:

- устанавливает процедуры сертификации в соответствии с действующим законодательством, требованиями системы сертификации ГОСТ Р, правилами Госстандарта России;
- организует разработку и подготовку к утверждению систем (правил, порядков) сертификации однородной продукции, осуществляет руководство и координацию работ данного направления;
- участвует в работах по актуализации и совершенствованию фонда нормативных документов, на соответствие которым проводится сертификация в системах (правилах, порядках). В качестве федерального органа исполнительной власти проводит работы по нормативному обеспечению работ по сертификации, в том числе: организует разработку и утверждает федеральные требования (правила, нормы) по безопасному ведению работ, устройству, изготовлению и эксплуатации оборудования, устанавливает в необходимых случаях единство требований, предусматриваемых в указанных правилах и нормах, с учетом пригодности их для целей сертификации;
- рассматривает и согласовывает проекты стандартов, другие нормативные документы федеральных органов исполнительной власти, содержащие требования по безопасному ведению работ, устройству, изготовлению и эксплуатации подконтрольного оборудования;
- участвует в разработке и согласовании международных правил, норм и стандартов, устанавливающих требования по безопасности, определяет порядок введения их в действие, устанавливает при необходимости дополнительные требования;
- представляет на государственную регистрацию в Госстандарт России системы (правила, порядки) сертификации однородной продукции;
- разрабатывает перспективные направления работ по сертификации, осуществляемых в соответствии с общими правилами и системами (правилами, порядками) сертификации конкретных объектов;
- подготавливает предложения по номенклатуре продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации в Российской Федерации, утверждаемой Госстандартом России (в том числе по фонду соответствующих нормативных документов, требованиям которых она должна соответствовать);
- участвует в аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), в проведении инспекционного контроля за их деятельностью и правильностью проведения сертификации;

- координирует деятельность органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), в том числе входящих в системы (правила, порядки), а при отсутствии органа по сертификации выполняет его функции;
- ведет учет органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), в том числе входящих в системы (правила, порядки), выданных (аннулированных) сертификатов и лицензий на использование знака соответствия, обеспечивает информацией о них, а также о процедурах сертификации систем (правил, порядков);
- готовит предложения по признанию зарубежных сертификатов, знаков соответствия и результатов испытаний;
- организует и координирует работы по формированию рационального состава систем (правил, порядков) сертификации однородных групп продукции, сетей органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров) и др.;
- в соответствии с установленными Госстандартом России правилами ведения государственной регистрации при проведении работ по сертификации и аккредитации ведет Реестр участников и объектов сертификации и представляет в Госстандарт России информацию в установленном порядке;
- рассматривает апелляции, касающиеся действий органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), участвующих в системах (правилах, порядках);
- формирует Совет по сертификации в области потенциально опасных промышленных производств, объектов и работ (далее — Совет по сертификации), действующий при центральном органе по сертификации, утверждает его состав и организует его работу;
- взаимодействует с заинтересованными органами надзора и контроля по вопросам разработки систем (правил, порядков) сертификации и аккредитации.

Орган по сертификации — орган, проводящий сертификацию соответствия. Он создается на базе организаций, имеющих статус юридического лица и являющихся третьей стороной, т. е. независимых от производителя и потребителя. К основным функциям органа по сертификации относятся:

- формирование (комплектация) и актуализация фонда нормативных документов, используемых при сертификации однородной продукции;
- разработка и ведение организационно-методических документов данной системы сертификации;
- прием и рассмотрение заявок на сертификацию, а также апелляций, подготовка решений по ним и взаимодействие с заявителями при проведении сертификации;
- определение по каждой конкретной заявке испытательной лаборатории и органа по проверке производств, если она предусмотрена схемой сертификации, организация на основе взаимодействия с ними испытаний и проверки производства;
- оформление и выдача сертификата соответствия, его регистрация в Государственном реестре системы;
- признание зарубежных сертификатов и иных свидетельств соответствия и доведение принятых решений до сведения заявителей;
- организация с привлечением территориальных органов Госстандарта России инспекционного контроля продукции;
- отмена или приостановление действия выданных сертификатов и знаков соответствия;
- участие в разработке корректирующих мероприятий для продукции. Принятие оперативных мер по информации о нарушении требований по сертификации;
- ведение реестра сертифицированной продукции и подготовка для публикации информации о результатах сертификации;
- ведение текущей финансовой деятельности и делопроизводства;
- организация повышения квалификации и аттестации персонала;
- взаимодействие с изготовителем по своевременной сертификации продукции при изменении требований стандартов.

Организация, претендующая на право работать в качестве органа по сертификации, должна пройти процедуру аккредитации, Порядок и требования аккредитации устанавливаются в нормативных документах Госстандарта и документах системы сертификации.

Все заявители должны иметь беспрепятственный доступ к информации об услугах органа по сертификации. Процедуры, с помощью которых указанный орган осуществляет свою

деятельность, не должны иметь дискриминационного характера. Орган по сертификации должен обеспечивать конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну.

Испытательная лаборатория осуществляет испытания конкретной продукции или конкретные виды испытаний и выдает протоколы испытаний для целей сертификации. Следует отметить, что системы сертификации услуг и систем качества не предполагают участия испытательных лабораторий в процессе сертификации. Всю практическую деятельность по оценке соответствия в них осуществляет орган по сертификации.

Основные требования, предъявляемые к испытательным лабораториям: независимость, беспристрастность, неприкосновенность и техническая компетентность. *Независимость* определяется статусом третьего лица. *Беспристрастность* выражается в деятельности при проведении испытаний, принятии решений по их результатам и оформлении протоколов испытаний. *Неприкосновенность* заключается в том, что испытательные лаборатории и их персонал не должны подвергаться коммерческому, финансовому, административному или другому давлению, способному оказывать влияние на выводы или оценки. *Техническая компетентность* подтверждается соответствующей структурой организации, процедурами управления, наличием квалифицированного персонала, помещений и оборудования для испытаний, нормативных документов на методы испытаний и процедуры, включая документы системы обеспечения качества.

Соответствие требованиям проверяется при аккредитации испытательных лабораторий. Система сертификации предусматривает допуск к испытаниям продукции только аккредитованных лабораторий.

Совет по сертификации формируется центральным органом по сертификации по каждому направлению техники на основе добровольного участия из представителей непосредственно центрального органа по сертификации, Госстандарта России, министерств и ведомств, органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), изготовителей сертифицируемой продукции и других заинтересованных надзорных организаций, а также представителей общественных организаций.

Совет по сертификации выполняет следующие основные функции:

- разрабатывает предложения по формированию единой политики сертификации продукции для потенциально опасных промышленных производств, объектов и работ;
- подготавливает рекомендации по структуре и составу организуемых сетей участников сертификации, оптимизации организационно-методического и нормативно-технического обеспечения работ;
- анализирует функционирование систем (правил, порядков), подготавливает рекомендации по их совершенствованию и содействует их реализации;
- рассматривает проекты стандартов и другие нормативные документы, проекты программ работ по сертификации и аккредитации;
- разрабатывает предложения по повышению эффективности работ в области сертификации курируемой продукции;
- содействует распространению информации об общих направлениях деятельности участников систем (правил, порядков), их состоянии и развитии.

Совет по сертификации не может вмешиваться в деятельность других участников, осуществляющих свою деятельность в соответствии с утвержденными и введенными в действие в установленном порядке системами (правилами, порядками) сертификации. Функции Совета по сертификации устанавливаются соответствующим Положением и утверждаются Центральным органом по сертификации.

Научно-методический центр создается при Центральном органе, как правило, на базе одного из органов по сертификации и осуществляет следующие основные функции:

- проводит системные исследования и разрабатывает научно обоснованные предложения по составу и структуре объектов сертификации;
- ведет и актуализирует фонд нормативно-технического обеспечения работ по сертификации поднадзорной продукции;
- участвует в работе комиссий по аккредитации органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), аттестации экспертов;
- проводит научные исследования и разрабатывает предложения по совершенствованию методики и практики работ по сертификации продукции, в том числе по совершенствованию Правил и разработке на их основе, при необходимости, комплекса руководящих документов;

- обобщает информацию участников работ и ведет реестр сертифицированных объектов, подготавливает на ее основе необходимые данные для Государственного реестра Госстандарта России;
- принимает участие в разработке программ обучения, подготовке и аттестации экспертов;
- анализирует и обобщает информацию по объектам сертификации и аккредитации и ведет автоматизированный банк данных, ориентированный на обеспечение регулирующих и управляющих функций;
- разрабатывает методические рекомендации технико-экономического анализа и оценки эффективности проводимых работ по сертификации с учетом международного опыта;
- подготавливает практические рекомендации для центрального органа по указанным выше направлениям.

Функции научно-методического центра устанавливаются соответствующим Положением и утверждаются центральным органом по сертификации.

Комиссия по апелляциям формируется центральным органом по сертификации для рассмотрения жалоб и решения спорных вопросов, возникших при проведении сертификации, из представителей непосредственно центрального органа по сертификации, Госстандарта России, соответствующих министерств и ведомств, органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), изготовителей сертифицируемой продукции и заинтересованных надзорных органов, а также представителей общественных организаций. Комиссия в установленном конкретными системами (правилами, порядками) срок рассматривает апелляцию и извещает подателя апелляции о принятом решении.

Заявители сертификации (изготовители, исполнители, продавцы):

- направляют заявку на проведение сертификации, в соответствии с правилами системы представляют продукцию, нормативную, техническую и другую документацию, необходимую для проведения сертификации;
- обеспечивают соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов;
- маркируют сертифицированную продукцию знаком соответствия в порядке, установленном правилами системы сертификации;
- указывают в сопроводительной технической документации сведения о сертификации и нормативных документах, которым она должна соответствовать, обеспечивают доведение этой информации до потребителя;
- применяют сертификат и знак соответствия, руководствуясь законодательными актами Российской Федерации и правилами системы;
- обеспечивают беспрепятственное выполнение своих полномочий должностными лицами органа по сертификации продукции, осуществляющими контроль за сертифицированной продукцией;
- приостанавливают или прекращают реализацию продукции (подлежащей обязательной сертификации), если она не отвечает требованиям нормативных документов, на соответствие которым она сертифицирована, по истечении срока действия сертификата, в случае приостановки его действия или отмены решением органа по сертификации;
- извещают орган по сертификации об изменениях, внесенных в техническую документацию и в технологический процесс производства сертифицированной продукции, если эти изменения влияют на характеристики, проверяемые при сертификации.

Система сертификации должна предусматривать свободный доступ изготовителям, потребителям, общественным организациям, органам по сертификации, испытательным лабораториям, а также всем другим заинтересованным предприятиям, организациям и отдельным лицам к информации о ее деятельности, в том числе о правилах, участниках, результатах аккредитации и сертификации. Должна также обеспечиваться конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну.

Пример 11.2. Рассмотрим построение системы сертификации услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств, введенной в феврале 1993 г. постановлением № 18 Госстандарта России от 18 ноября 1992 г. Данная система базируется на системе сертификации ГОСТ Р, следовательно, построена по схеме, представленной на рис. 11.12. Ее участники:

- национальный орган по сертификации — Госстандарт России;
- центральный орган по сертификации — Департамент автомобильного транспорта Минтранса России;
- научно-методический центр — Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (НИИАТ);

- органы по сертификации и испытательные лаборатории, которые аккредитованы, как правило, в территориальных центрах метрологии, стандартизации и сертификации или при региональных структурах управления автомобильным транспортом;
- исполнители услуг (заявители) — станции технического обслуживания автомобилей, шиномонтажные мастерские, автоспец-центры, автотранспортные предприятия, индивидуальные предприниматели.

Сертификация проводится по установленным в системе сертификации схемам. *Схема сертификации* — это состав и последовательность действий третьей стороны при оценке соответствия продукции, услуг, систем качества и персонала. Как правило, система сертификации предусматривает несколько схем. При выборе схемы должны учитываться особенности производства, испытаний, поставки и использования конкретной продукции, требуемый уровень доказательности, возможные затраты заявителя. Схема сертификации должна обеспечивать необходимую доказательность сертификации. Для этого рекомендуется использовать общепризнанные схемы, в том числе и в международной практике. Схемы сертификации, применяемые в Российской Федерации при сертификации продукции, приведены в табл. 11.2. Большинство из них признаны за рубежом и являются общепринятыми. Схемы 1а, 2а, 3а и 4а дополнительные. Они модифицируют соответственно схемы 1, 2, 3 и 4. Назначение указанных схем следующее.

Таблица 11.2

Схемы сертификации продукции

Номер схемы	Испытания	Проверка производства (системы качества)	Инспекционный контроль сертифицированной продукции
1	2	3	4
1	Испытания типа продукции*	—	—
1а	Тоже	Анализ состояния производства	—
2	«»	—	Испытания образцов, взятых у продавца
2а	«»	Анализ состояния производства	Тоже
3	«»	—	Испытания образцов, взятых у изготовителя
3а	«»	Анализ состояния производства	Тоже
4	«»	—	Испытания образцов, взятых у продавца
4а	«»	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя
5	«»	Сертификация производства или системы качества	Контроль стабильности условий производства или функционирования системы качества

Окончание табл. 11.2

1	2	3	4
6	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Сертификация системы качества	Контроль за стабильностью функционирования системы качества
7	Испытания партии	—	—
8	Испытание каждого образца	—	—
9	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	—	—
9а	Тоже	Анализ состояния производства	—

10	«»		Испытания образцов, взятых у изготовителя или продавца
10 а	«»	Анализ состояния производства	То же

* Испытания выпускаемой продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее "типовыми представителями".

- *Схема 1* предусматривает проведение испытаний типового образца (пробы) продукции в аккредитованной испытательной лаборатории (при схеме 1а с дополнительной аттестацией производства).
- *Схема 2* предусматривает дополнение к схеме 1 (после выдачи сертификата на продукцию) — последующий инспекционный контроль за сертифицированной продукцией путем испытаний образца, взятого у продавца, проводимых в аккредитованной испытательной лаборатории.
- *Схема 2а* предусматривает дополнение к схеме 2 (до выдачи сертификата на продукцию) — анализ состояния производства сертифицируемой продукции.
- *Схема 3* предусматривает дополнение к схеме 1 (после выдачи сертификата на продукцию) — последующий инспекционный контроль за сертифицированной продукцией путем испытаний образца, взятого со склада готовой продукции изготовителя передотправкой его потребителю, проводимых, как правило, в аккредитованной испытательной лаборатории.
- *Схема 3а* предусматривает дополнение к схеме 3 (до выдачи сертификата на продукцию) — анализ состояния производства сертифицируемой продукции. При этом, если это предусмотрено правилами сертификации однородной продукции, в процессе проведения инспекционного контроля сертифицированной продукции у изготовителя может быть проведен контроль состояния производства.
- *Схема 4* основывается на проведении испытаний образца продукции (как в схемах 1—3) с последующим инспекционным контролем за сертифицированной продукцией путем проведения испытаний образцов, взятых как у продавца, так и у изготовителя.
- *Схема 4а* предусматривает дополнение к схеме 4 (до выдачи сертификата на продукцию) — анализ состояния производства сертифицируемой продукции. При этом, если это предусмотрено правилами сертификации однородной продукции, в процессе проведения инспекционного контроля сертифицированной продукции у изготовителя может быть проведен контроль состояния производства.
- *Схема 5* основывается на проведении испытаний продукции и сертификации производства или сертификации системы качества изготовителя с последующим инспекционным контролем за сертифицированной продукцией путем проведения испытаний образцов, взятых у продавца и изготовителя, а также контроля стабильности условий производства и функционирования системы качества.
- *Схема б* предусматривает проведение сертификации системы качества у изготовителя, которую выполняет аккредитованный орган. Для продукции, произведенной изготовителем, получившим сертификат на систему качества применительно к производству данной продукции, основанием для выдачи сертификата может служить заявление-декларация изготовителя о соответствии продукции установленным требованиям (если это определено правилами сертификации однородной продукции).
- *Схема 7* предусматривает испытания выборки образцов, отобранных из партии изготовленной продукции, в аккредитованной испытательной лаборатории.
- *Схема 8* предусматривает испытания каждого изготовленного образца в аккредитованной испытательной лаборатории.
- *Схемы* сертификации *9, 9а, 10 и Юа* основаны на рассмотрении декларации о соответствии с прилагаемыми документами со стороны производителя.

Пример 11.3. При сертификации различных видов продукции могут применяться не все схемы. Так, оценка соответствия нефтепродуктов по правилам проведения их сертификации от 8 октября 1998 г. предусматривает использование схем 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 4а, 5, 6, 7.

Применение декларации о соответствии в экономической практике России предусмотрено постановлением Правительства РФ от 07.07.99 № 766. В нем утверждены порядок принятия декларации о соответствии, ее регистрации в уполномоченных органах, а также перечень продукции, соответствие которой может быть подтверждено таким образом.

Декларация о соответствии — документ, в котором изготовитель, продавец или исполнитель удостоверяет, что поставляемая, продаваемая им продукция или оказываемая услуга (далее

именуются — продукция) соответствует требованиям, предусмотренным для обязательной сертификации данной продукции или услуги.

Декларацию о соответствии вправе принимать российские изготовители (продавцы, исполнители) или зарегистрированные в качестве юридических лиц в Российской Федерации организации, представляющие интересы соответствующих иностранках изготовителей (продавцов, исполнителей). В качестве документов, являющихся основанием для ее принятия, могут использоваться:

- протоколы приемочных, приемосдаточных и других контрольных испытаний продукции, проведенных изготовителем (продавцом, исполнителем) и/или сторонними компетентными испытательными лабораториями;
- сертификаты соответствия или протоколы испытаний на сырье, материалы, комплектующие изделия;
- документы, предусмотренные для данной продукции соответствующими федеральными законами и выданные уполномоченными на то органами и организациями (гигиенические заключения, ветеринарные свидетельства, сертификаты пожарной безопасности и др.);
- сертификаты на систему качества или производства;
- другие документы, прямо или косвенно подтверждающие соответствие продукции установленным требованиям.

Декларация о соответствии заполняется по установленной форме и подписывается руководителем организации-изготовителя (продавца, исполнителя) или индивидуальным предпринимателем. Принятая декларация о соответствии подлежит регистрации в органе по сертификации, аккредитованном в установленном порядке и имеющем лицензию на проведение работ по сертификации данного вида продукции.

Регистрация осуществляется путем присвоения декларации о соответствии регистрационного номера, содержащего идентификационное обозначение (код) органа по сертификации и порядковый номер декларации о соответствии по реестру, который ведет орган по сертификации. В реестр заносятся наименование организации или фамилия, инициалы индивидуального предпринимателя, принявших декларацию о соответствии, их адрес, регистрационный номер декларации о соответствии и вид продукции, соответствие которой подтверждено, срок действия декларации о соответствии.

Декларация о соответствии, принятая в установленном порядке и зарегистрированная органом по сертификации, имеет юридическую силу наравне с сертификатом соответствия. Зарегистрированная декларация о соответствии является основанием для маркирования изготовителем (продавцом, исполнителем) продукции знаком соответствия.

В качестве видов продукции, на которые распространяется возможность принятия декларации о соответствии, можно отметить:

- продукция резинотехническая;
- инструмент слесарно-монтажный;
- цепи приводные;
- приборы и аппараты оптические;
- подшипники;
- садово-огородный инвентарь (инструмент);
- арматура пожарная;
- неэлектрофицированные приборы для механизации кухонных работ;
- продукция деревообработки;
- продукция текстильной и легкой промышленности;
- продукция пищевой промышленности, животноводства, растениеводства;
- медицинские изделия;
- корма растительного происхождения.

При проведении сертификации услуг, в силу их специфики, применяются схемы, указанные в табл. 11.3.

Схемы сертификации услуг

Таблица 11.3

Номер схемы	Оценка мастерства исполнителя	Оценка процесса оказания услуги	Аттестация предприятия	Сертификация системы качества	Выборочная проверка результата услуги	Инспекционный контроль

1	+				+	Проверка результата услуги*
2		+			+	Контроль стабильности процесса оказания услуги
3					+	Выборочная проверка результата услуги
4			+		+	Тоже*
5				+		Контроль стабильности функционирования системы

* Для нематериальных услуг методом социологической оценки.

- *Схема 1* предусматривает оценку мастерства исполнителя услуги, что включает проверку условий работы, знаний технологической, нормативной документации, опыта работы, сведений о повышении квалификации и выборочную проверку результата услуги (отремонтированных, вычищенных и других изделий), а также последующий инспекционный контроль. Ее рекомендуется применять для сертификации услуг, оказываемых гражданами-предпринимателями и небольшими предприятиями.

- *Схема 2* предусматривает оценку процесса оказания услуги, которая может осуществляться двумя способами:

проверкой технологического процесса, мастерства исполнителя, условий обслуживания; оценкой системы качества.

При проверке технологического процесса контролируется: полнота технологической документации; соответствие оборудования требованиям выполняемого техпроцесса; соответствие квалификации исполнителей требованиям выполняемого технологического процесса; соблюдение технологической дисциплины; соответствие оснастки, контрольно-измерительных приборов и инструментов требованиям технологического процесса.

При оценке системы качества проверяется: политика в области качества; руководство по качеству; соответствие элементов системы качества установленным требованиям; эффективность системы качества с точки зрения достижения целей, установленных в областях качества.

При наличии у заявителя сертификата на систему качества оценка системы качества не проводится. Инспекционный контроль осуществляется путем контроля стабильности процесса оказания услуги.

- *Схема 3* предусматривает сплошную проверку результата услуги и может применяться для сертификации материальных услуг (ремонта и изготовления изделий по индивидуальным заказам). Инспекционный контроль осуществляется путем выборочной проверки результата услуги.

- *Схема 4* предусматривает аттестацию предприятия, что включает проверку: состояния его материально-технической базы; санитарно-гигиенических условий обслуживания потребителей; ассортимента и качества услуг, включая наряду с целевыми и дополнительные услуги; четкости и своевременности обслуживания; качества обслуживания (этика общения, комфортность, эстетичность, учет запросов потребителя и т.д.); профессионального мастерства обслуживающего персонала.

Эту схему рекомендуется применять при сертификации гостиниц, ресторанов, парикмахерских, кинотеатров и др. Результатом оценки предприятия в целом может быть присвоение разряда (категории, класса, звезды).

Инспекционный контроль может осуществляться с использованием социологических методов.

- *Схема 5* предусматривает сертификацию системы качества и последующий инспекционный контроль за стабильностью ее функционирования. Сертификация системы качества осуществляется органом по сертификации услуг с привлечением экспертов по системам качества в соответствии с документами Системы сертификации ГОСТ Р. Может применяться при сертификации всех видов услуг.

Помимо указанных схем сертификации может применяться схема, основанная на заявлении-декларации исполнителя и последующем инспекционном контроле за сертифицированной услугой, если возможность применения такой схемы установлена в системе сертификации однородных услуг. Заявление-декларация, подписанное руководителем предприятия, совместно с протоколом испытаний (проверок), направляется с сопроводительным письмом в орган по сертификации. Эта схема может применяться для малых предприятий, граждан-предпринимателей и на срок до одного года для организаций, начинающих свою деятельность.

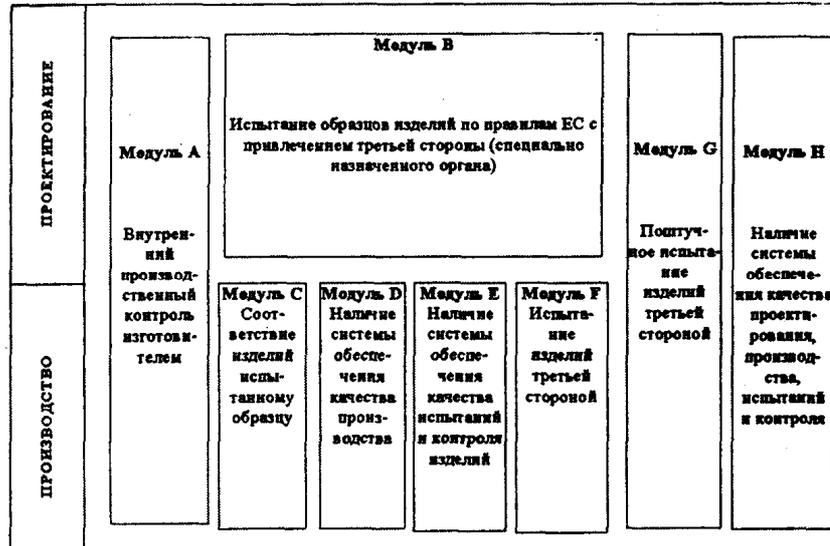


Рис. 11.13. Модули оценки соответствия в рамках Глобальной концепции

В странах ЕС применяются методы оценки соответствия, аналогичные российским схемам сертификации. Они имеют модульное построение (рис. 11.13) и специфические особенности применения. Это объясняется Глобальной концепцией по сертификации и аккредитации в Европе. Директивы ЕС по безопасности продукции предписывают использование определенного модуля для оценки соответствия ее на предприятии-изготовителе. Применение одного из модулей А — Н или их комбинации служит доказательством правильности оценки показателей безопасности. Если установлено, что продукция отвечает требованиям директив, изготовитель осуществляет ее маркировку специальным знаком (рис. 11.14). Декларация изготовителя о соответствии продукции и нанесения знака СЕ по итогам применения модулей не является знаком качества или разрешением входа на рынок. Это лишь гарантия свободной торговли в Европейском Союзе [25].

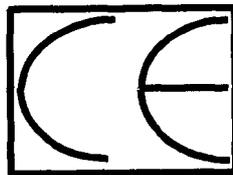


Рис. 11.14. Знак соответствия (Соттипайле\$ Еигорееппех) требованиям гармонизированных директив ЕС по безопасности

11.4. Основные стадии сертификации

Основные этапы процесса сертификации неизменны и независимы от вида и объекта сертификации. Обобщенная схема процесса сертификации по наиболее часто применяемым схемам представлена на рис. 11.15. В ней можно выделить 5 основных этапов:

1. Заявка на сертификацию.
2. Оценка соответствия объекта сертификации установленным требованиям.
3. Анализ результатов оценки соответствия.
4. Решение по сертификации.
5. Инспекционный контроль за сертифицированным объектом. Этап заявки на сертификацию заключается в выборе заявителем

органа по сертификации, способного провести оценку соответствия интересующего его объекта. Это определяется областью аккредитации органа по сертификации. Если данную работу могут провести несколько органов по сертификации, то заявитель может обратиться в любой из них. Заявка направляется по установленной в системе сертификации форме. Орган по сертификации

рассматривает ее и сообщает заявителю решение. В форме указываются все основные условия сертификации, в том числе схема сертификации, наименование испытательной лаборатории для проведения испытаний (если они предусмотрены схемой сертификации) или их перечень для выбора заявителем, номенклатура нормативных документов, на соответствие которым будет проведена сертификация.

Этап оценки соответствия имеет особенности в зависимости от объекта сертификации. Применительно к продукции он состоит из отбора и идентификации образцов изделий и их испытаний. Образцы должны быть такими же, как и продукция, поставляемая потребителю. Образцы выбираются случайным образом по установленным правилам из готовой продукции. Отобранные образцы изолируют от основной продукции, упаковывают, пломбируют или опечатывают на месте отбора. Составляется акт отбора образцов. На всех стадиях хранения, транспортирования и подготовки образцов к испытаниям, а также в процессе испытаний должны соблюдаться требования, установленные в нормативной документации на продукцию. Все этапы движения образцов в ходе работ по сертификации должны документироваться и подтверждаться подписью ответственных лиц.



Рис. 11.15. Основные этапы процесса сертификации

Испытательная лаборатория или орган по сертификации может включить в отбираемую выборку дополнительно по одному образцу каждого вида продукции (кроме скоропортящейся) для хранения в качестве контрольного экземпляра с целью сохранения наглядности сертифицируемой продукции. Срок хранения контрольного образца должен соответствовать сроку действия сертификата или сроку годности продукции, по истечении которого образцы возвращаются заявителю.

Отбор образцов для испытаний осуществляет, как правило, испытательная лаборатория или по ее поручению другая компетентная организация. В случае проведения испытаний в двух и более испытательных лабораториях отбор образцов для испытаний может быть осуществлен органом по сертификации (при необходимости с участием испытательных лабораторий).

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

В случае отсутствия 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 с целью 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 требованиям) устанавливаются в системе сертификации однородной продукции и в документах испытательной лаборатории.

Оценка соответствия услуг зависит от их вида. Услуги нематериального характера (например, оценка движимого и недвижимого имущества) оцениваются экспертным или социологическим методами. Проверка материальных услуг (например, услуги по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств) основана на испытаниях результата услуги, предусмотренных схемой 2. В настоящий момент это наиболее часто применяемая схема.

Пример 11.4. Перечень туристско-экскурсионных и гостиничных услуг, подлежащих сертификации в России в настоящее время.

1. Туристский отдых и путешествия по туристским маршрутам (код ОКУН 061200).
2. Экскурсии (код ОКУН 062200).
3. Туристские походы выходного дня (код ОКУН 061300).
4. Проживание туристов (коды ОКУН 061601—061605).
5. Услуги гостиниц, мотелей (коды ОКУН 041201, 041202). Испытания результата услуги проводятся в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке, или на базе заявителя экспертами органа по сертификации с использованием его испытательного и технологического оборудования. Это оборудование должно быть поверено или откалибровано органами метрологической службы. При проведении испытаний осуществляется выборочная проверка отремонтированных изделий, если сертифицируются услуги по ремонту. Например, автомобиль или швейная машинка. Если вид услуг попадает под требования обязательной сертификации, то оцениваются показатели безопасности изделий после ремонта или обслуживания. При добровольной сертификации услуг в основном оцениваются функциональные показатели. Количество проверяемых изделий и порядок их отбора определяет орган по сертификации в соответствии с нормативными документами системы сертификации. По результатам испытаний оформляется протокол, который направляется органу по сертификации, а копия — заявителю.

Подтверждение соответствия системы качества предприятия и ее элементов требованиям, установленным в соответствующих нормативных документах, включает предварительную оценку степени готовности проверяемой организации и оценку системы качества непосредственно на месте.

Предварительная оценка состоит в анализе описания системы качества в документах, присланных предприятием вместе с заявкой на сертификацию. Комплект исходных документов включает:

- политику организации (заявителя) в области качества;
- руководство по качеству;
- перечень документов системы качества;
- структурную схему организации (заявителя) и структурную схему ее службы качества;
- заполненные исходные данные для предварительной оценки состояния производства.

Орган по сертификации вправе затребовать от проверяемой организации:

- стандарт предприятия (или другой документ), регламентирующий процессы управления документацией у заявителя;
- стандарт предприятия (или другой документ), регламентирующий проведение внутренних проверок системы качества заказчика;
- документ (документы), описывающий технологию (процедуры) изготовления продукции и (или) проведения работ (выборочно 1—5 документов в зависимости от масштабов и специфики предприятия по согласованию с органом по сертификации).

Одновременно с анализом данных, поступивших от заявителя, комиссия может организовывать, при необходимости, сбор и анализ дополнительных сведений о качестве продукции, на которую распространяются система качества, из независимых источников (органов государственного надзора и контроля, территориальных органов Госстандарта России, обществ потребителей, гарантийных мастерских и др.). Этап предварительной оценки системы качества завершается подготовкой письменного заключения о возможности проведения второго этапа сертификации системы качества.

Заключение по результатам предварительной оценки системы качества подписывает главный эксперт, эксперты, проводившие экспертизу, и утверждает руководство органа по сертификации.

При положительном заключении по первому этапу сертификации орган по сертификации направляет заявителю Заключение по результатам предварительной оценки системы качества и проект договора на проведение проверки и оценки системы качества в организации. В договоре определяют цель, объем и сроки проводимых работ, ответственность сторон, а также порядок оплаты работ по проверке и оценке системы качества.

Этап оценки системы качества на предприятии начинается с подготовки в органе по сертификации. При подготовке к проверке и оценке системы качества выполняют следующие работы: составление программы проверки; распределение обязанностей между членами комиссии в соответствии с программой проверки; подготовка рабочих документов; согласование программы проверки с проверяемой организацией.

Программу проверки разрабатывает главный эксперт. С программой должны быть ознакомлены эксперты и консультанты комиссии и проверяемая организация. Возражения заявителя против каких-либо пунктов программы должны быть доведены до сведения главного эксперта. Разногласия между главным экспертом и представителем заявителя, имеющим соответствующие полномочия, разрешаются до начала проведения проверки. Конкретные детали программы проверки следует сообщать заявителю только в ходе проверки, если их преждевременное раскрытие мешает сбору объективной информации.

Программа проверки должна содержать следующие разделы:

- наименование организации (заявителя), место проведения проверки;
- цели и область проверки;
- время проведения проверки;
- состав комиссии;
- перечень ссылочных документов (стандарт, на соответствие которому проверяется система качества, руководство по качеству проверяемой организации и др.);
- объекты проверки (деятельность по обеспечению и управлению качеством, производственная система, качество продукции);
- идентификация проверяемых подразделений организации;
- закрепление экспертов и представителей проверяемой организации по объектам проверки;
- основные мероприятия по проверке и сроки их проведения;
- требования к конфиденциальности;
- указание на язык проверки;
- адреса рассылки акта.

Программа проверки должна быть гибкой, допускать изменения в приоритетности проверяемых элементов системы качества в зависимости от информации, полученной в ходе проверки. Она утверждается руководством органа по сертификации и согласовывается с проверяемой организацией.

При проведении проверки между членами экспертной комиссии распределяются обязанности по проверке конкретных подразделений предприятия и элементов системы качества. Обязанности распределяет главный эксперт (в зарубежной практике его часто называют системный эксперт).

В своей работе эксперты применяют так называемые рабочие документы. В их число входят перечни контрольных вопросов для оценки элементов системы качества (чек-листы), формы для документирования вспомогательных данных, подтверждающие заключения экспертов, и др. Орган по сертификации обеспечивает сохранность рабочих документов, содержащих конфиденциальную информацию, являющуюся собственностью проверяемой организации или самого органа по сертификации. По окончании проверки и написания отчета все рабочие

документы сдают главному эксперту, который, в свою очередь, сдает их уполномоченному лицу проверяемой организации или, по согласованию с проверяемой организацией, уничтожает их. Рабочие документы рассматриваются как вспомогательные и не должны ограничивать инициативы экспертов или проведение дополнительных проверок, необходимость которых может появиться на основании информации, полученной в ходе проверки.

Оценка системы качества на предприятии происходит по общепринятым процедурам: предварительное совещание, обследование проверяемой организации, составление акта проверки и заключительное совещание.

На предварительном совещании присутствуют члены комиссии, представитель высшего руководства проверяемой организации, руководители структурных подразделений и ведущие специалисты в области качества предприятия.

Цели предварительного совещания:

- представление членов комиссии представителям проверяемой организации;
- краткое сообщение о целях, области и программе проверки;
- краткое изложение методов и процедур, используемых при проверке;
- установление официальных процедур взаимодействия между членами комиссии и сотрудниками проверяемой организации;
- обсуждение и уточнение отдельных неясных деталей программы проверки;
- уточнение даты проведения заключительного совещания и, при необходимости, назначение дат промежуточных совещаний комиссии и руководства проверяемой организации.

Обследование проверяемой организации осуществляется путем сбора и анализа фактических данных и регистрации наблюдений в ходе проверки. Сбор фактических данных производится на основе опроса персонала, анализа используемых документов, процессов производства, деятельности функциональных подразделений и персонала, а также изучения и оценки проводимых мероприятий по обеспечению качества продукции.

Все наблюдения должны быть документированы, иметь четкое и конкретное подтверждение объективными данными. Данные, указывающие на наличие несоответствий, должны фиксироваться.

После обследования объектов проверки члены комиссии под руководством главного эксперта рассматривают результаты наблюдений, чтобы решить, какие из них должны быть представлены как несоответствия. Все наблюдения, свидетельствующие о несоответствиях и подтвержденные объективными данными, должны быть представлены проверяемой организации и обоснованы.

Наблюдения комиссии, как правило, дифференцируются. Так, "Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества" предусматривает такие формы результатов наблюдений, как "несоответствие" и "уведомление". *Несоответствие* — это невыполнение установленных требований. Категории несоответствия — значительное (категория 1), заключающееся в отсутствии, неприменении или полном нарушении требований к элементам системы качества, и малозначительное (категория 2) — единичное упущение в элементе системы качества. *Уведомление* — наблюдение, сделанное экспертом для предотвращения появления возможного несоответствия.

Обнаруженные отклонения от требований стандарта должны быть тщательно рассмотрены группой экспертов, проводящих проверку, перед тем как охарактеризовать их как несоответствия и отнести к той или иной категории. Окончательное решение принимает главный эксперт. Зарегистрированные несоответствия (уведомления) официально представляют руководству проверяемой организации. Главный эксперт дает соответствующие пояснения по каждому несоответствию (уведомлению). Каждое несоответствие должно быть подтверждено объективными доказательствами. Уполномоченный представитель руководства проверяемой организации ставит свою подпись на бланках с несоответствиями (уведомлениями), чем подтверждает принятие данного несоответствия (уведомления).

Критерии принятия решения об одобрении (неодобрении) системы качества определяются правилами системы сертификации. В упомянутой "Системе сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества" решение о признании системы качества соответствующей стандартам серии ГОСТ Р ИСО 9000 принимают при отсутствии значительных несоответствий или при наличии 10 или менее малозначительных несоответствий. Отрицательное решение принимается при

наличии одного значительного несоответствия или более 10 малозначительных несоответствий. Наличие уведомлений не влияет на решение о сертификации.

По итогам проверки составляется акт. В акте комиссия указывает, соответствует или нет проверенная система качества заявленному стандарту, делает заключение о наличии в проверяемой организации системы испытаний, обеспечивающих контроль всех характеристик продукции, указывает сроки устранения малозначительных несоответствий, если они имеются. Акт подписывают члены комиссии, главный эксперт и руководитель проверяемой организации. К нему прилагаются программа проверки, сведения о несоответствиях и уведомлениях. Акт издается в трех экземплярах для проверяемой организации, органа по сертификации и Технического центра Регистра систем качества.

На заключительном совещании главный эксперт представляет руководству предприятия, главным и ведущим специалистам замечания комиссии в порядке их значимости, заключение комиссии о соответствии или несоответствии проверенной системы качества требованиям заявленного стандарта. Он также знакомит их с рекомендациями комиссии для органа по сертификации о выдаче или отказе в выдаче сертификата соответствия системы качества. На этом этап практической оценки соответствия при сертификации систем качества заканчивается.

Оценка соответствия персонала, как особого объекта сертификации, также имеет свои особенности. Этот вид сертификации предусмотрен схемой 1 сертификации услуг в Российской Федерации, а в последнее время развивается в виде самостоятельных систем сертификации, в частности сертификации специалистов в области неразрушающего контроля, оценки движимого и недвижимого имущества.

После подачи заявки в орган по сертификации специалист получает комплект документов для заполнения. Они необходимы органу для предварительной оценки возможности сертификации. В первую очередь он должен соответствовать установленным критериям, таким, как: общее и профессиональное образование; опыт работы в специальной области; профессиональная этика; физическая пригодность.

Дополнительно к этому запрашиваются отчеты о работе в специальной области, сделанные заявителем за последнее время (отчеты по оценке, протоколы контроля методами неразрушающего контроля). После положительного решения по предварительной экспертизе входных документов со специалистом, желающим пройти сертификацию, заключается договор. В нем указываются сроки и порядок проведения сертификационного экзамена, а также условия оплаты. Экзамен проводится в специальном аккредитованном испытательном (экзаменационном) центре, который должен располагать необходимыми площадями, оборудованием, доку-

ментацией и персоналом и быть независимым от структур обучения и органа по сертификации. Экзамен, как правило, состоит из теоретической и практической частей. Теоретическая часть экзамена, например, в Германии при сертификации специалистов по неразрушающему контролю на соответствие ОШ ЕИ 473 проводится в письменной форме с разделением на общую и специальную части. Специалисты по оценке, например, автотранспорта теоретический экзамен сдают в письменной и устной формах. Практический экзамен организуется таким образом, чтобы он имитировал деятельность сертифицируемого специалиста. Ход обеих частей экзамена и их оценка экзаменационной комиссией фиксируются в протоколе. Результаты экзамена сообщаются заявителю через некоторое время после обсуждения и утверждения протокола экзамена в органе по сертификации. Обсуждение является тайным.

Пример 11.5. Набор требований, подлежащих проверке при сертификационном экзамене специалистов по оценке автомобильного транспорта в Германии, которую проводит орган по сертификации персонала IP5-2eL.

1. Базовые знания об устройстве автомобилей.
2. Знания процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей.
3. Методы и средства проведения оценки технического состояния автомобилей.
4. Основные виды повреждений автотранспорта, их определение и экономическая оценка.
5. Общая экономика автотранспорта.
6. Знания основ юриспруденции и страхования.

Этап анализа практической оценки соответствия объекта сертификации установленным требованиям заключается в рассмотрении результатов испытаний, экзамена или проверки системы качества в органе по сертификации.

При сертификации продукции заявитель представляет документы, указанные в решении по заявке, и протокол испытаний образцов продукции из испытательной лаборатории. Эксперты органа по сертификации проверяют соответствие результатов испытаний, отраженных в протоколе, действующей нормативной документации. После этого принимается решение о выдаче сертификата соответствия или проведении недостающих испытаний. Аналогичные действия производит орган по сертификации услуг при проверке соответствия результата услуги.

При сертификации систем качества анализ результатов оценки соответствия проводится на основании акта о проверке. Выводы по акту сводятся к одному из трех вариантов: 1) система полностью соответствует заявленному стандарту;

2) система в целом соответствует стандарту, но обнаружены отдельные малозначительные несоответствия по элементам системы качества;

3) система содержит значительные несоответствия.

Решение о сертификации или отказе в ней принимает руководство органа по сертификации совместно с главным экспертом комиссии. В системе сертификации ГОСТ Р окончательное решение принимает Технический центр Регистра систем качества.

При сертификации персонала протокол экзаменационной комиссии должен направляться в комиссию по сертификации, состоящую из руководства органа и экспертов, не участвовавших в приеме экзамена. Положительное решение данной комиссии по утверждению протокола экзамена является основанием для выдачи сертификата.

Решение по сертификации сопровождается выдачей сертификата соответствия заявителю или отказом в нем. При положительных результатах испытаний (проверок), предусмотренных схемой сертификации, и экспертизы представленных документов орган по сертификации оформляет сертификат соответствия, регистрирует его и выдает лицензию на право применения знака соответствия. Этим знаком маркируются продукция или документация на услуги, прошедшие сертификацию. При отрицательных результатах сертификационных испытаний, несоблюдении требований, предъявляемых к объекту сертификации, или отказе заявителя от оплаты работ по сертификации орган по сертификации выдает заявителю заключение с указанием причин отказа в выдаче сертификата.

Вид сертификата соответствия и срок его действия устанавливаются правилами системы сертификации. Как правило, на продукцию действие сертификата распространяется на срок ее службы, эксплуатации или реализации, услуги — до 3 лет, системы качества предприятий — 3 года, персонал — 5 лет. Форма сертификата на продукцию в системе сертификации ГОСТ Р приведена в приложении 3.

Инспекционный контроль за сертифицированным объектом проводится органом, выдавшим сертификат, если это предусмотрено схемой сертификации. Он проводится в течение всего срока действия сертификата обычно один раз в год в форме периодических проверок. В комиссии органа по сертификации при инспекционном контроле могут участвовать специалисты территориальных органов Госстандарта России, представители обществ потре-

блей и других заинтересованных организаций. Внеплановые проверки осуществляются в случаях информации о претензиях к качеству продукции и услуг, а также при существенных изменениях в конструкции сертифицированного изделия, технологии оказания услуг или организационной структуре предприятия, влияющих на элементы системы качества.

Инспекционный контроль включает анализ информации о сертифицированном объекте, проведение выборочных проверок образцов продукции, услуг или элементов системы качества. При контроле сертифицированного специалиста проверяется соответствие его работы принятым критериям. По итогам инспекционного контроля составляется акт, где делается заключение о возможности сохранения действия сертификата или о приостановлении его действия. Информация о приостановлении доводится органом по сертификации до сведения заявителя, потребителей, представителей Госстандарта России и других участников системы сертификации. Приостановление действия сертификата происходит в случае выявления нарушений его использования, которые можно устранить в достаточно короткое время. В этом случае орган по сертификации предписывает заявителю выполнение корректирующих мероприятий и устанавливает срок их реализации. Заявитель со своей стороны должен уведомить потребителей его продукции или услуг о выявленных несоответствиях и предпринять соответствующие меры.

Отмена действия сертификата соответствия и права применения знака соответствия осуществляется при несоответствии продукции и услуги требованиям нормативных документов, а также в случае изменения нормативного документа на объект сертификации, технологического процесса изготовления продукции или реализации услуги; конструкции, комплектности продукции или состава услуг. Отмена сертификата действует с момента исключения его из реестра системы сертификации.

Пример 11.6. Предприятие "Электроагрегат" выпускает комплектующие изделия для российских автопроизводителей АвтоВАЗ, ГАЗ, УАЗ и др. В соответствии с требованиями Госстандарта России и желанием потребителей продукция должна быть сертифицирована. Рассмотрим процедуру сертификации одного из видов продукции.

Согласно номенклатуре продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации в Российской Федерации, изделия автомобильной промышленности предприятия "Электроагрегат" (в нашем случае автомобильные аккумуляторные батареи (АКБ) необходимо сертифицировать на соответствие требованиям безопасности по ГОСТ 29111—91.

По поручению директора по качеству Смирнова А.А. инженер отдела стандартизации и сертификации Петров И.И. назначен ответственным за сертификацию новой партии АКБ,

Первым шагом Петрова И.И. было выяснение у потребителя (завода ГАЗ) в какой системе необходимо сертифицировать продукцию. Он выяснил, что необходим сертификат соответствия российской системы ГОСТ Р, так как потребитель планирует реализовывать АКБ в странах СНГ, где признается данный сертификат. Далее Петров И.И. выбрал орган по сертификации, который имеет аккредитацию в области оценки соответствия электротехнической продукции в г. Москве. Для этого он воспользовался справочником и официальным сайтом Госстандарта России www.gost.ru. Основными критериями выбора были близость Москвы и Владимира, что сказывалось на общей стоимости сертификации, а также известность и авторитет органа по сертификации.

После подачи по установленной системой сертификации ГОСТ Р форме и положительного решения по ней со стороны органа по сертификации между предприятием "Электроагрегат" и органом был заключен договор, где указаны сроки (в нашем случае одна неделя), схема (№3) и стоимость сертификации, а также виды нормативных документов, на соответствие которым будут проведены испытания (ГОСТ 29111—91), и информация об инспекционном контроле (один раз в год).

На следующий после заключения договора день на предприятие "Электроагрегат" приехал эксперт органа по сертификации Сухов В.В. и согласно установленной процедуре случайным образом отобрал 3 экземпляра АКБ из числа подготовленных для отправки потребителям. По условиям договора идентифицированные и упакованные образцы продукции были доставлены в Москву в тот же день представителями предприятия.

Испытания АКБ проводились в специализированном испытательном центре органа по сертификации. Для испытаний применялись стандартизованные методы, указанные в ГОСТ 29111—91. Все результаты испытаний фиксировались в протоколе, который был составлен и подписан инженером испытательного центра Быстровым М.И. Протокол испытаний (в двух экземплярах) был направлен эксперту Сухову В.В. для сравнения полученных результатов испытаний с требованиями ГОСТа. Изделия "Электроагрегата" имели все параметры безопасности в пределах нормы. После анализа всех аспектов испытаний по внешним условиям, оборудованию, порядку обработки данных эксперт принял решение о

выдаче сертификата соответствия на партию АКБ, производимых предприятием-заказчиком.

Заполненный бланк сертификата соответствия системы сертификации ГОСТ Р подписали руководитель органа по сертификации Титов А.Р. и эксперт Сухов В.В. Срок его действия — три года. Данные о сертификате заносятся в Государственный реестр и доступны для всех заинтересованных сторон. Дополнительно к сертификату соответствия по правилам системы сертификации ГОСТ Р оформляется лицензия на право применения знака соответствия, дающая право наносить знак системы ГОСТ Р на упаковку и сопроводительную документацию АКБ.

В назначенный, по условиям договора, день руководитель органа по сертификации вручил представителю предприятия "Электроагрегат" Петрову И.И. сертификат соответствия и лицензию и напомнил о предстоящем через год инспекционном контроле. Если заявитель не будет вносить изменения в конструкцию сертифицированных АКБ, влияющих на параметры безопасности, то ресертификация будет проведена через три года.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение сертификации.
2. Что такое знак соответствия?
3. Какова основная цель Глобальной концепции по сертификации и испытаниям?
4. Когда в России введена в действие система обязательной сертификации ГОСТ Р?
5. Объясните структуру законодательной и нормативной базы сертификации.
6. Объясните задачи Госстандарта РФ в области сертификации.

7. Что такое система сертификации?
8. Дайте определение сертификата соответствия.
9. Объясните причины разделения сертификации на обязательную и добровольную.
10. Объясните термин "участник сертификации". Перечислите основных участников системы сертификации.
11. В чем заключаются обязанности органов по сертификации и испытательных лабораторий?
12. Что может являться объектом сертификации?
13. Дайте определение схемы сертификации.
14. Объясните назначение модулей оценки соответствия в рамках директив ЕС.
15. В каких случаях продукция маркируется знаком СЕ?
16. Перечислите этапы процесса сертификации.
17. В чем заключаются задачи инспекционного контроля при сертификации?
18. В каких случаях происходит приостановление или отмена действия сертификата соответствия?

ГЛАВА 12. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕРТИФИКАЦИИ

12.1. Структура нормативно-методического обеспечения сертификации

Проведение и развитие сертификации невозможно без применения большого количества основополагающих документов — правовых, методических, технических. В Российской Федерации сегодня более 200 нормативных документов общего назначения, распространяющихся на обязательную и добровольную сертификацию. В дополнение к этому многочисленную нормативно-техническую базу конкретных систем сертификации составляют стандарты (нормы) на продукцию, услуги, методы испытаний, условия хранения и транспортирования и т.д.

По назначению стандарты принято разделять на функциональные (РегГогтапсе 51аш1агс1) и конструктивные (Ое81§п 31апдагс1). Применение стандартов различных видов в процессе аккредитации и сертификации наглядно проиллюстрировано на рис. 12.1.

На стадии производства и реализации продукции и услуг предприятие обязано выполнить соответствующие требования стандартов (норм), признанных в качестве ГОСТов, технических условий или технических требований. Если продукция и услуги не подлежат обязательной сертификации, то стандарты на них носят рекомендательный характер. Формирование требований к продукции в нормативных документах, используемых для целей сертификации, заложено в рекомендациях системы сертификации ГОСТ Р-Р 50—601—34—93.

Подтверждение высокого качества выпускаемой продукции возможно также путем сертификации системы качества предприятия или производства. Она проводится на соответствие стандартам серии ИСО 9000. В последние годы ведущие автомобильные компании мира дополнили требования к системам качества предприятий, являющихся их поставщиками, и разработали стандарт (}8 9000. На соответствие ему также осуществляется сертификация. В настоящий момент бурно развивается разработка требований к экологическим показателям производства в серии стандартов ИСО 14000.



Рис. 12.1. Стандарты (нормы), действующие при сертификации и аккредитации

На стадии оценки соответствия объекта сертификации в органах по сертификации и испытательных лабораториях действуют нормы на процессы измерений, испытаний, контроля и аудита. Они устанавливаются в данной системе сертификации, в ее нормативных документах, а также в виде ГОСТов, ТУ и др.

Обязательным условием функционирования органов по сертификации и испытательных лабораторий является соответствие нормам, регламентирующим их деятельность. Требования к органам по сертификации заложены в ГОСТ Р ИСО/МЭК 65—2000 и ГОСТ Р 51000.9—97, гармонизированным с требованиями EN 45011 — 45013. Испытательные лаборатории должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000 или ЕК 45001.

Аккредитация регламентируется нормами на процесс ее выполнения и требованиями, предъявляемыми к органу по аккредитации. Процесс аккредитации органов по сертификации установлен в ГОСТ Р 51000.6—96, испытательных лабораторий — в ГОСТ Р 51000.4—96. Эти стандарты гармонизированы с EN 45002. Деятельность органов по аккредитации регламентируется правилами по аккредитации в РФ и EN 45003.

Таким образом, нормы по сертификации и аккредитации могут, с одной стороны, затрагивать деятельность органов по сертификации и аккредитации, испытательных лабораторий, с другой стороны, устанавливать требования и методы испытаний для изделий, методов и услуг, иными словами, служить основой для оценки соответствия.

12.2. Стандарты на объекты сертификации

Стандарты на продукцию, системы управления, услуги и персонал имеют специфические особенности, которые должны быть учтены при их разработке и применении.

Стандарты на продукцию, подлежащую сертификации, в общем случае содержат:

- термины и определения;
- область распространения требований;
- требования к состоянию продукции, состав и значения показателей (характеристик) этого состояния, включая требования к составным частям и материалам, поставляемым смежниками;
- требования к стабильности (однородности) конечной продукции, условия их обеспечения и контроля в процессе производства, решающие правила, в том числе для инспекционного контроля;
- требования к методам испытаний;
- требования к маркировке продукции (товарной сопроводительной и эксплуатационной документации) знаком соответствия.

Если безопасность продукции (товара) должна сохраняться в течение всего срока службы (годности), то устанавливаются требования к упаковке, транспортированию, хранению, использованию по назначению, техническому обслуживанию, ремонту и утилизации. Требования к продукции, направленные на обеспечение ее безопасности для жизни, здоровья и имущества населения, охраны окружающей среды, на

соответствие которым проводится обязательная сертификация, устанавливаются только в государственных стандартах. В стандарте на продукцию приведены термины и определения, принятые для данной продукции и используемые в системе сертификации ГОСТ Р. Предпочтительно, чтобы термины и определения были унифицированы с принятыми в международных и зарубежных стандартах и правилах сертификации. В разделе "Область применения" указывают требования, направленные на обеспечение безопасности и охраны окружающей среды, подтверждаемые при обязательной сертификации. В разделе, при необходимости, также указывают область распространения обязательных требований к различным модификациям продукции. Раздел "Требования" в общем случае содержит:

- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды;
- технические требования;
- правила приемки;
- методы испытаний (контроля);
- маркировка, упаковка;
- транспортирование, хранение и, в случае необходимости, указания по эксплуатации (использованию по назначению, техническому обслуживанию, ремонту и утилизации).

Показатели, которые требуются подтверждать при сертификации, должны излагаться однозначно и обоснованно; иметь, как правило, численные выражения с допусками или предельными значениями; оцениваться объективно.

В разделах "Требования безопасности", "Требования охраны окружающей среды" устанавливают показатели, направленные на обеспечение безопасности и охраны окружающей среды, определяемые законодательными и нормативными актами. Требования безопасности и охраны окружающей среды должны определять состояние безопасности объекта стандартизации в течение всего срока службы (годности).

В разделе "Технические требования" содержатся показатели (характеристики) технического состояния продукции, их состав и значения и, при необходимости, требования к составным частям и материалам, а также другие условия, определяющие обеспечение соответствия сертифицируемых показателей.

В стандарте на продукцию в разделе "Правила приемки" приводятся требования к однородности сертифицируемых характеристик конечной продукции, ее составным частям и материалам, условиям их обеспечения, а также отбору образцов. Характеристики однородности значений сертифицируемых характеристик конечной продукции, ее составным частям и материалам, условиям их обеспечения, а также отбору образцов. Характеристики однородности значений сертифицируемых показателей продукции и (или) ее определяющих составных частей и материалов задаются в качестве показателя однородности. Этот показатель, а также методы их контроля должны быть также пригодны для первичной оценки производства сертифицируемой продукции и последующего инспекционного контроля. В стандарте на продукцию непосредственно или путем ссылки на другие нормативные документы указывают способ отбора и количество образцов продукции, состав документов, описывающих их, методы идентификации и подготовки к испытаниям, оперирование с образцами, способ хранения образцов и (или) документов на них после испытаний, хранение образцов для повторного контроля.

В разделе "Методы испытаний" устанавливают требования к методам испытаний, контроля (в том числе инспекционного) показателей, подтверждаемых при сертификации. В разделе приведен порядок проведения испытаний, объем, технология контроля всех контролируемых параметров продукции. Если результаты испытаний зависят от последовательности испытаний, то указывают и эту последовательность. Допускается использование нескольких эквивалентных, в том числе экспресс-методов, гарантирующих повторяемость результатов испытаний. При этом обязательно указывают контрольный метод.

Методы так подробно описывают для того, чтобы квалифицированный персонал в любой испытательной лаборатории достиг при их применении сопоставимых результатов.

В разделе "Маркировка" приводятся требования к маркировке знаком (знаками) соответствия продукции, товаросопроводительной и эксплуатационной документации, а также обозначение стандартов, на соответствие которым осуществляется сертификация. Должно быть предусмотрено: обозначение знака (знаков) соответствия; место маркировки; способ нанесения маркировки; требования к сохранности маркировки в процессе жизненного цикла продукции. Целесообразно знак соответствия наносить в непосредственной близости к

маркировке, обозначающей товарный знак и другие данные об изготовителе и изделии. Если продукция подвергается ремонту, должны быть указаны требования по ее маркировке знаком соответствия, включая товаросопроводительную и эксплуатационную документацию.

Если продукция подпадает под действие Закона "О защите прав потребителей", она должна сохранять состояние безопасности объекта сертификации на всех стадиях его срока службы (годности): при упаковке, хранении, транспортировании, использовании по назначению, при всех видах технического обслуживания и после ремонтных воздействий. Эти требования указывают в соответствующих разделах стандарта или определяют состав требований, которые содержатся в других нормативных документах, и дают на них ссылки.

Нормы на системы качества предприятий, как известно, сведены в серию стандартов ГОСТ Р ИСО 9000, принятую в Российской Федерации на основании международных стандартов ИСО 9000. Общая структура и содержание их уже рассматривались в разд. 11.2. Рассмотрим другие требования к системам качества по стандарту 08 9000. Этот стандарт получает большое распространение в мире среди предприятий—поставщиков автомобильной промышленности.

Стандарт 05 9000 к настоящему моменту имеет три редакции. Первое издание его вышло в свет в августе 1994 г., второе — в феврале 1995 г., третье — в марте 1998 г. Он содержит требования к системе качества, установленные автомобильными компаниями "Даймлер-Крайслер", "Форд" и "Дженерал Моторс". Эти компании пришли к выводу, что необходимо работать с поставщиками, с тем чтобы иметь возможность выполнить требования потребителей, начиная с анализа качества и заканчивая снижением дефектности и затрат.

Структура стандарта 08 9000 базируется на трех группах требований: основных — требования серии ИСО 9000:1994; отраслевых и специфических для каждой из названных автомобильных компаний.

Первая группа требований охватывает 20 элементов системы качества по ИСО 9001:1994.

Вторая группа требований включает дополнительные элементы системы качества, которые не описаны в серии ИСО 9000. К ним относятся:

- согласование производства материалов, комплектующих изделий, инструмента, оснастки и т.п. для технологических процессов автомобильных компаний (процесс РРАР);
- непрерывное повышение качества и производительности за счет решения проблем неоправданных простоев оборудования, чрезмерной длительности производственного цикла, избыточной изменчивости производства, перерасхода сырья и материалов, нестабильности показателей качества, чрезмерных затрат на устранение брака и т.д. Для этого 05 9000 предполагает использование таких технологий улучшения качества, как расчет индексов воспроизводимости производственных процессов C_p и C_{pK} , применение контрольных карт (по количественному и альтернативному признакам) и карт СУШМ, методики планирования экспериментов (ООЕ), эволюционное планирование процессов (ЕУОР), теория ограничений, общая эффективность оборудования, анализ числа несоответствий на миллион контролируемых объектов (РРМ), расчет затрат на качество, численный анализ, решение проблем, бэн-чмаркинг, анализ эргономики, предотвращение ошибок;
- производственные возможности (планирование и эффективность использования площадей, оборудования и процессов; предупреждение ошибок, в том числе применение метода РМЕА; разработка и производство инструмента; управление инструментальным хозяйством).

Интересно рассмотреть требования к процессу РРАР, так как они являются объектом внимания со стороны экспертов при сертификации системы качества. Процесс РРАР предназначен для исключения возможности попадания на сборочное производство несогласованных комплектующих изделий или материалов, чтобы минимизировать возможные несоответствия. Требования к процессу согласования поставок со стороны поставщиков включают:

- документирование процесса проектирования со стороны поставщика;
- санкционированное внесение изменений в проект;
- согласование проекта с потребителем;
- анализ возможных отказов на стадии проектирования (метод РМЕА проекта);
- построение блок-схем процессов производства;
- анализ возможных отказов на стадии планирования процессов (метод РМЕА процесса);
- ведение баз данных по всем стадиям создания нового изделия или материала;

- протоколирование результатов испытаний материалов, составных частей и сборочных узлов;
- изучение характера протекания процессов (выбор показателей качества, критериев их оценки, допусков и процедуры взаимодействия между поставщиком и потребителем);
- анализ измерительных систем;
- ведение лабораторной документации;
- планирование качества;
- оформление гарантийных обязательств (Р8\0;
- составление протокола согласования поставок (ААК);
- предоставление потребителю контрольных образцов;
- выполнение дополнительных требований со стороны потребителей, если необходимо.

Третья группа требований — это специфические требования компаний "Даймлер-Крайслер", "Форд", "Дженерал Моторс" и некоторых компаний—производителей грузовых автомобилей, принимавших участие в разработке 08 9000. Компании предъявляют собственные требования к аудитам и проверкам, корректирующим мероприятиям, аттестации и испытаниям отдельных видов продукции и процессов.

Например, "Даймлер-Крайслер" требует от своих поставщиков маркировать поставляемые и применяемые изделия, материалы и процессы сборки специальными символами: *5MeIII(§)*, если к ним предъявляются особые требования по безопасности как в самой корпорации, так и в законах; (*Hamona* (O) — при специальных требованиях к качеству и надежности, не регулируемых законами; *penu^on* (P) — при маркировке инструмента, оборудования и измерительной техники, если имеются специальные корпоративные требования. Другим специфическим требованием "Даймлер-Крайслер" является проведение корректирующих действий при выявленных несоответствиях по четко регламентированному плану, который включает:

- описание проблемы;
- определение причины;
- первичные действия и их сроки;
- постоянные действия и их сроки;
- порядок контроля и одобрения.

Компания "Форд" указывает на обязательность маркировки комплектующих частей, влияющих на характеристики безопасности транспортного средства, знаком V (обратная дельта). Порядок и случаи нанесения знака четко установлены в рабочих инструкциях компании. Особые условия для поставщиков компании "Форд":

- требования к испытаниям на соответствие техническим стандартам;
- обязательность оценки стабильности процессов;
- контроль качества опытных образцов поставляемых изделий;
- применение метода 008 (системного подхода к планированию процессов);
- использование одобренных "Форд" приемочных критериев при испытаниях материалов.

"Дженерал Моторс" указывает в третьей части стандарта 05 9000 на необходимость соблюдения внутренних стандартов компании. Например, таких, как OM 1407 — представление материалов поставщиком для согласования процесса; SM 1746 — процедура изложения и разрешения проблем; SM 1796 — оценка и аккредитация испытательной базы поставщика; SM 1736 — требования к упаковке и идентификации для произведенных комплектующих и др.

В качестве приложений в 03 9000 даны: обзор методов оценки соответствия систем качества; требования к органам по сертификации на соответствие этому стандарту и органам по аккредитации; пояснения терминов и символов, справочная информация.

Наряду с системами качества большое значение сегодня придается *системам экологического управления (СЭУ)*, являющимся составной частью общей системы административного управления предприятием. Нормативную базу СЭУ составляют международные стандарты серии ИСО 14000, подробно рассмотренные в разд. 11.2

Стандартизация услуг обусловлена их особенностями по сравнению с продукцией [7]:

- потребитель может быть лично объектом услуги (нематериальной) либо непосредственно участвовать в процессе оказания услуги;
- исполнение услуг может иметь индивидуальный характер;
- важное значение имеет оценка результата услуги потребителем;
- необходимо учитывать воздействие условий обслуживания на потребителя и др.

Поэтому для услуг необходим большой комплекс основополагающих стандартов, стандартов на общие технические условия и требования, на процессы и методы контроля, на предприятия и персонал.

Основополагающие стандарты на услуги должны включать терминологию и номенклатуру показателей качества по каждой группе однородных услуг (по аналогии со стандартами на номенклатуру показателей качества продукции). Стандарты такого вида пока отсутствуют, что приводит к проблемам при сертификации.

Стандарты на услуги должны устанавливать требования к группам однородных услуг или к конкретному виду услуги.

Пример 12.1. ГОСТ Р 50690—94 "Туристско-экскурсионное обслуживание. Туристские услуги. Общие требования" устанавливает обязательные и рекомендуемые требования к услугам туризма в России.

Обязательными требованиями являются безопасность жизни и здоровья туристов и экскурсантов, сохранность их имущества и охрана окружающей среды.

К рекомендуемым требованиям относятся:

- соответствие назначению;
- точность и своевременность исполнения;
- комплексность;
- этичность обслуживающего персонала;
- комфортность;

к* «эстетичность;

Б| • эргономичность.

* *Стандарты на процессы* регламентируют основные требования к технологии (методам, способам, приемам, режимам, нормам), исполнению различных услуг на всех этапах жизненного цикла услуги (проектирование, маркетинг, исполнение, обслуживание, информирование и др.).

(* *Стандарты на методы оценки (проверки, контроля)* качества услуг практически отсутствуют. Поэтому необходимо сначала разработать основополагающий стандарт, а затем комплекс стандартов по группам однородных услуг.

Основными методами оценки и проверки качества нематериальных услуг являются социологические и экспертные. Для материальных услуг применимыми могут быть расчетно-аналитические, органолептические, инструментальные методы. Пока ни те ни другие не нашли должного применения в оценке качества услуг и не стандартизованы.

Стандарты на предприятия устанавливают требования к предприятиям однородных услуг и их классификацию, *на персонал* — требования к обслуживающему и производственному персоналу.

Стандарты на услуги, подлежащие сертификации, должны содержать требования по показателям качества. Международный стандарт ИСО 9004.2:1994 выделяет две группы характеристик качества:

количественные — время ожидания услуги; время предоставления услуги; характеристики оборудования, инструмента, материалов; надежность; точность исполнения; полнота услуги; безопасность; уровень автоматизации, механизации;

качественные — вежливость; чуткость; компетентность; доступность персонала; доверие персоналу; уровень мастерства; комфорт и эстетика; эффективность контактов исполнителя и клиента. На основании анализа свойств разнообразных услуг показатели их качества можно разделить на основные группы: функционального назначения, безопасности, надежности, профессионального мастерства, культуры обслуживания.

Требования соответствия функциональному назначению складываются из разных видов совместимости:

- функциональной (при исполнении комплекса услуг, например в туризме, где тур соединяет услуги питания, проживания, перемещения, экскурсии);
- параметрической (при пошиве одежды, техобслуживании, медицинских анализах и т.п.);
- биологической (в услугах, связанных с питанием, медикаментозным лечением, парикмахерскими, банями, бассейнами и др.);
- метрологической (для материальных услуг автосервиса, ремонта бытовой техники, производственных услуг и др.);
- электромагнитной (при эксплуатации отремонтированной продукции в зависимости от источников электропитания, электромагнитных помех);

- технологической (например, при ремонте автомобилей иностранных марок, техобслуживании бытовой техники и т.п.);
- информационной (достоверность, полнота объемов, видов и формы представления информации).

Поскольку при исполнении услуг на основании информации реализуется право потребителя на компетентный выбор услуги, то возникает необходимость устанавливать требование добросовестности, этичности, юридической безупречности и правдивости рекламы, доступности информации в соответствии с Законом "О рекламе". Действительно, для любого потребителя услуга начинается с информации о местонахождении предприятия—исполнителя услуг, режиме работы и правилах предоставления услуг (сроки исполнения, формы обслуживания, цены, тарифы, гарантийные условия и т.д.), со сведений о безопасности и качестве услуги, требуемых ст. 10 Закона "О защите прав потребителей".

Показателями назначения услуг также могут быть: ассортимент услуг и разнообразие фасонов, устойчивость формы (услуги ателье); интервалы движения, санитария и гигиена салонов (пассажирские перевозки); охват диспансерным наблюдением (услуги медицины); калорийность продуктов (услуги общественного питания) и общие для всех услуг показатели: точность и своевременность исполнения; время на получение информации об услугах, оформление заказа, ожидание и получение услуги и т.д., а также материальные затраты на них.

При выборе показателей качества следует учесть, что требования по безопасности и охране окружающей среды регламентированы комплексами межгосударственных стандартов. Так, основные виды опасных факторов установлены ГОСТ 12.0.003—74, а требования к ним и нормы — в серии ГОСТ 12.1, требования безопасности к производственному оборудованию — в серии ГОСТ 12.2, к производственным процессам — в серии ГОСТ 12.3, к зданиям и сооружениям — в серии ГОСТ 12.4, к пожарной безопасности — Правилами пожарной безопасности в РФ (ППБ 01-93).

Характеристики профессионального мастерства складываются из следующих качеств:

- профессиональной компетентности мастера (специалиста), предусматривающей его квалификацию, качество исполнения услуги и качество обслуживания;
- деятельности руководства по обеспечению качества работы персонала, предусматривающей периодическое повышение его квалификации, материально-техническое обеспечение (документацией, оборудованием, инструментом), а также организацию взаимодействия с потребителем.

Особую роль в качестве услуг играют показатели качества обслуживания (определение обслуживания приведено в ГОСТ Р 50646—94). Это связано с тем, что любая услуга содержит этапы общения исполнителя с потребителем (непосредственные либо опосредованные через технические средства). Обобщенно эти показатели могут быть названы культурой обслуживания и проявляться через безопасность и экологичность при обслуживании; эстетику интерьера мест обслуживания; эргономичность мест ожидания и обслуживания; комфортность помещения, оборудования, мебели; санитарно-гигиеническое состояние мест приема (выдачи) заказов; этику помещения.

Работу стандартизации в сфере услуг при Госстандарте РФ ведут технические комитеты (ТК) по отдельным видам услуг. В их числе ТК 324 "Услуги населению", который занимается вопросами идеологии и координирует работу отраслевых технических комитетов: ТК 366 "Автосервис", ТК 347 "Услуги торговли и общественного питания", ТК 199 "Туристско-экскурсионное обслуживание", ТК 346 "Бытовое обслуживание населения", ТК 372 "Транспортные услуги" и ТК 393 "Жилищно-коммунальные услуги".

Международная практика разработки стандартов в технических комитетах ИСО включает услуги: химчистка, стирка, вязание (ТК 38 "Текстиль"), банковское дело (ТК 68 "Графические знаки"), путешествия, туризм и отдых (ТК 154 "Документы и информация в управлении, торговле и промышленности"), а также вопросы качества услуг (ТК 176 "Управление качеством продукции").

Стандарты на персонал разрабатываются в качестве нормативных документов систем сертификации услуг или специалистов в различных областях. В основном они имеют отраслевой характер, например ОСТ 28.1—95 "Общественное питание. Требования к производственному персоналу" или Р 7214—0327—84 "Положение о водителе — инструкторе по безопасности движения АТП".

12.3. Стандартизация методов оценки соответствия

Среди методов оценки соответствия, используемых в процессе сертификации, известны такие, как измерение, испытание и контроль (экспертная оценка). Они должны быть стандартизованы, т. е. общепризнаны. Если сертификация предполагает применение нестандартного метода оценки соответствия, то это должно быть согласовано между органом по сертификации или испытательной лабораторией, заявителем и органом по аккредитации. Обычно это возможно при добровольной сертификации.

На основании методов измерений, испытаний и контроля разрабатываются методики, представляющие собой подробное описание практических действий, осуществляемых при проведении измерений, испытаний и контроля по определенному методу.

Рассмотрим основные положения стандартизации методик измерений, испытаний и контроля, применяемых для целей сертификации.

МВИ составляют техническую основу методики испытаний в части применения измерительной техники для определения значений параметра, характеризующих состояние сертифицируемой продукции.

Методики испытаний, применяемые для целей сертификации, должны быть разработаны и аттестованы в соответствии с рекомендациями Р 50—601—42—94, которые гармонизированы с Руководством ИСО/МЭК 7. Если методика испытаний разработана давно и является стандартизованной, то должна быть проверена возможность ее использования в целях сертификации.

Методика испытаний, как правило, включает следующие разделы:

- *Область применения* — указываются цель испытаний и система сертификации, в которой может использоваться методика испытаний.
 - *Объект испытаний* — указываются вид испытываемой продукции, объем выборки, требования к образцам, предъявляемым на испытания, правила их отбора, транспортирования и хранения, способы идентификации образцов.
 - *Определяемые характеристики* — приводятся показатели, значения которых следует определить, и требуемая точность, а также при необходимости признаки продукции, не заданные численными значениями.
 - *Условия испытаний* — приводятся требования к окружающей среде (время года и суток, температура, влажность и т.п.), совокупность характеристик внешнего воздействия и режимы функционирования, допустимые пределы значений характеристик и погрешности их воспроизведения.
 - *Средства испытаний* — перечисляются требования к средствам испытания, обеспечивающие возможность их взаимодействия с объектом испытаний, к условиям испытаний и точности результатов испытаний. При этом указываются диапазоны измерений и погрешности средств измерений, а при необходимости порядок подготовки и оценки состояния средств испытаний. В разделе или приложении к методике испытаний приводится перечень конкретных средств испытаний. В некоторых случаях дается перечень норм расходования материалов для испытаний с указанием нормативных документов или технических характеристик на них.
 - *Порядок проведения испытаний* — излагаются правила подготовки образцов продукции к испытаниям и порядок выполнения всех операций по определению каждой характеристики испытываемого образца.
 - *Обработка данных и оформление результатов испытаний* — указывается способ фиксации данных испытаний (машинный носитель, отдельная таблица, журнал, осциллограмма и т.д.); приводятся нормативные документы на продукцию или методы испытания, по которым проводят обработку данных. Если необходимые методы обработки не регламентированы в нормативных документах, то приводятся расчетные формулы, алгоритмы и (или) программы обработки и оценки точности данных испытаний. В разделе также указывается, в какой форме полученные результаты (в виде таблиц, графиков, аналитических зависимостей и т.д.) заносятся в протокол испытания.
 - *Требования безопасности и охраны окружающей среды* — приводятся требования, необходимые и достаточные для обеспечения безопасности персонала и охраны окружающей среды при выполнении подготовительных работ и проведении испытаний.
- При аттестации методик испытаний в общем случае оценивают:
- соответствие методов испытаний стандартам или приравненным к ним документам;
 - правильность выбора метода испытаний;

- правильность назначения допустимых отклонений характеристик условий испытаний;
- правильность выбора средств испытаний для воспроизведения условий испытаний с заданной погрешностью;
- возможность определения с помощью примененных средств измерений характеристик объекта с заданной точностью;
- правильность назначения объема выборки и порядка отбора образцов в соответствии с целями испытаний (схемами сертификации).

Анализ методики проводится комиссией с учетом предоставленных разработчиком результатов исследований и расчетов. При этом главное внимание должно уделяться факторам, характеризующим точность получаемых результатов испытаний. При недостаточности данных для оценки методики должен проводиться эксперимент по отдельным требованиям методики или пробные испытания объекта по всей программе. В процессе эксперимента определяются значения показателей повторяемости, а в ряде случаев (перспектива использования методики в нескольких лабораториях, ее стандартизация и т. п.) — воспроизводимости. Получение значений указанных показателей вписывается в методику.

Методики контроля применительно к сертификации имеют широкое значение. Мы будем понимать под ними процессы, не связанные с инструментальной оценкой соответствия, т. е. основанные на экспертных методах. Такие процессы широко применяются при сертификации систем качества и производств, услуг и при аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий.

Основным нормативным документом, регламентирующим порядок проведения аудитов (проверок) систем качества в процессе сертификации, является стандарт ИСО 10011. В России он принят как ГОСТ Р ИСО 10011 "Руководящие указания по проверке систем качества".

Стандарт имеет три части:

- ГОСТ Р ИСО 10011 — 1, где установлены основные принципы и процедуры организации, планирования, проведения и документации аудитов качества.
- ГОСТ Р ИСО 10011—2, где приведены требования к квалификации, опыту и способностям специалистов для работы в качестве эксперта-аудитора.
- ГОСТ Р ИСО 10011—3, где дается ряд рекомендаций по управлению аудитами на предприятиях.

Аудит качества — это систематический и независимый анализ, позволяющий определить соответствие деятельности и результатов в области качества запланированным мероприятиям, а также эффективность внедрения мероприятий и их пригодность поставленным целям.

Аудиты качества различают по проверяемой области и по назначению (рис. 12.2).

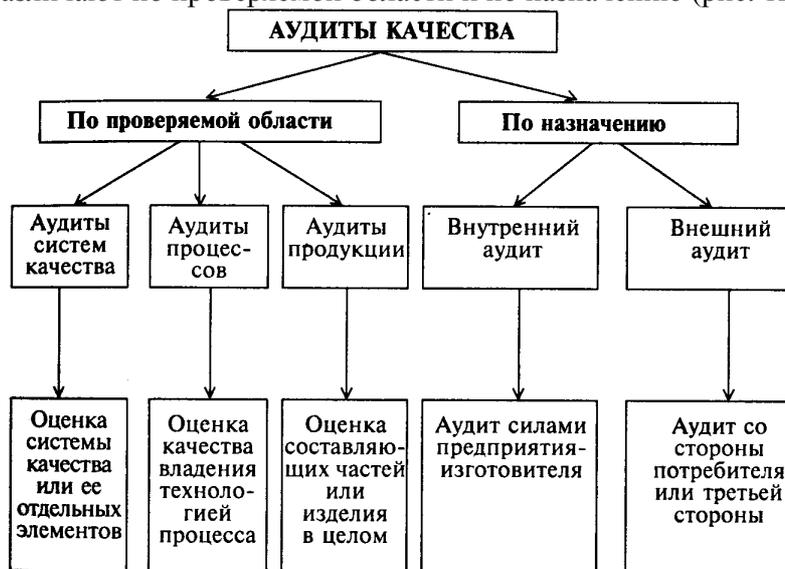


Рис. 12.2. Виды аудитов качества

Аудит системы качества служит для оценки эффективности работы системы качества предприятия с помощью методов контроля отдельных ее элементов. При *аудите процесса* производится оценка его выполнения в соответствии с утвержденной технологией и правилами. Он применяется в системах сертификации систем качества и услуг. При *аудите продукции* устанавливается соответствие методов и средств изготовления.

Внутренний аудит качества необходим для получения информации о состоянии дел с обеспечением качества на предприятии и является неотъемлемым элементом самой системы управления качеством. Внутренние аудиты качества проводят лица, которые не несут непосредственной ответственности за проверяемые участки. При этом желательно взаимодействие с персоналом этих участков.

Внешний аудит служит для удостоверения в правильности мероприятий по обеспечению качества на предприятии путем привлечения внешних специалистов второй или третьей стороны.

По требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 10011—1 необходимо четкое планирование аудитов. План аудита должен иметь следующие разделы:

- цели и объем аудита;
- наименование проверяемого участка;
- фамилии ответственных лиц;
- указание основополагающих документов, на соответствие которым проводится аудит;
- состав экспертной группы;
- дата и место проведения аудита;
- временной график;
- требования в отношении доверительности;
- подведение итогов аудита;
- отчет по результатам аудита.

Документация по аудиту включает, кроме плана, протоколы аудитов, протоколы регистрации несоответствий, опросные анкеты (чек-листы), отчеты и рабочие формуляры.

Пример 12.2. Некоторые вопросы для сертификационного аудита системы качества предприятия на соответствие ИСО 9001, включаемые в опросный лист по проверке ответственности и роли руководства предприятия в области качества:

1. Вы ясно определили цели вашей организации в области качества и зафиксировали документально политику качества?
2. Имеете ли вы представителя руководства, ответственного за систему качества (менеджера по качеству)?
3. Ваши кадры подготовлены для понимания политики качества и поддержана ли такая политика персоналом вашей организации?
4. Имеется ли план работ по внедрению ИСО 9001 и определена ли ответственность каждого подразделения по вопросам качества?
5. Контролирует ли руководство все операции и процедуры, гарантируя их соответствие подписанному контракту с покупателями?
6. Регулярно ли инспектирует руководство функционирование системы качества?
7. Имеет ли менеджер по качеству необходимые навыки и чувство ответственности для решения возникающих проблем?
8. Достаточно ли подготовленных специалистов, привлеченных для внутренних проверок системы качества?

Согласно ГОСТ Р ИСО 10011—2, специалисты, проводящие аудит, должны соответствовать ряду критериев в области образования, подготовки, опыта, личных качеств, повышения квалификации. Аудиторы должны быть независимыми и давать объективную оценку по проблемам качества. Особая роль отводится руководителю аудита. Он несет ответственность за все фазы аудита. Его задачами, кроме собственно аудиторских, являются:

- определение задач аудита;
- выбор экспертов-аудиторов в состав комиссии;
- планирование аудита;
- подготовка рабочей документации аудита;
- информирование аудиторского коллектива о ходе проверки;
- предварительный анализ документации по рассматриваемому вопросу обеспечения качества;
- сообщение проверяемой стороне о замеченных в ходе аудита недостатках;
- проведение заключительной беседы по итогам аудита;
- составление отчета по аудиту.

К руководителю аудита предъявляются дополнительные требования в отношении опыта работы, профессиональной подготовки, способности руководить людьми, общения, независимости и беспристрастности.

12.4. Стандарты на органы по сертификации и испытательные лаборатории

Обеспечение доверия и взаимное признание сертификации на национальном и международном уровнях базируется на единстве требований не только к методам оценки

соответствия, но и к органам, которые их проводят. Эти требования устанавливаются в специальных стандартах и проверяются при аккредитации. В общем случае различают три группы нормативных документов на органы сертификации, аккредитации и испытательные лаборатории:

- стандарты, устанавливающие критерии к работе органов по сертификации и испытательных лабораторий, и рекомендации к ним;
- стандарты и рекомендации на правила и порядок аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий;
- стандарты на органы по аккредитации и пояснение к ним.

На международном уровне данной области действуют Руководства: ИСО/МЭК 25, ИСО/МЭК 28, ИСО/МЭК 38, ИСО/МЭК40, ИСО/МЭК 43, ИСО/МЭК 45, ИСО/МЭК 49, ИСО/МЭК 55, ИСО/МЭК 61, ИСО/МЭК 62, ИСО/МЭК 65.

Данные Руководства являются базисом для создания национальных стандартов в области сертификации и аккредитации. В большинстве стран Европы, включая Россию, нормативное обеспечение требований к органам оценки соответствия разработано на основе этих руководств и европейских норм серии EN 45000. Во многих странах они приняты без изменений в качестве национальных стандартов, например, в Германии существует серия ОШ ЕЫ 45000. В эту серию, применительно к сертификации и аккредитации, входят следующие стандарты: ЕЫ 45001, ЕН 45002, ЕЫ 45003, ЕН 45010, ЕН 45011, ЕЫ 45012, ЕН 45013.

Серия стандартов ЕН 45000 постоянно развивается, и в настоящее время европейские организации по стандартизации (СЕНЧ, СЕЫЕЬЕС, ЕТ81) работают над ее новой редакцией. В дополнение к вышеуказанной серии существуют рекомендации, разъясняющие основные требования ИСО/МЭК и ЕЫ 45000. В Российской Федерации на базе стандартов серии ЕЫ 45000 и Руководств ИСО/МЭК с 1996 г. введены в действие стандарты серии ГОСТ Р 51000, которые регламентируют основные положения национальной системы аккредитации и затрагивают деятельность органов по сертификации, аккредитации и испытательных лабораторий.

Серия ГОСТ Р 51000 и введенные в нее стандарты ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 65—2000 регламентируют порядок аккредитации органов по сертификации, испытательных и измерительных лабораторий.

В качестве рекомендаций к этим стандартам ВНИИС разработал нормативный документ Р 50.4.001—96, предусматривающий порядок проведения работ по аккредитации органов по сертификации, испытательных и измерительных лабораторий.

Контрольные вопросы

1. Какие основные требования предъявляются к стандартам на сертификацию, аккредитацию и испытания?
2. Какие разделы должны содержать стандарты на продукцию, подлежащую сертификации?
3. Какие стандарты регламентируют требования к системам качества предприятий на международном и российском уровнях?
4. Каково назначение стандарта РЗ 9000 и его отличия от серии ИСО 9000?
5. Что регламентируют стандарты серии ИСО 14000?
6. В чем заключаются количественные и качественные характеристики качества услуг?
7. Какие разделы содержит МВИ?
8. В чем заключается назначение стандартов серии ИСО 10011?
9. Какие виды аудитов качества вы знаете?
10. Назовите цели и задачи внутренних аудитов качества.
11. В чем заключается назначение стандартов серии ЕЫ 45000 и их российских аналогов?

ГЛАВА 13. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНОВ ПО СЕРТИФИКАЦИИ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

13.1. Организация деятельности органов по сертификации

Качество сертификации определяется высокой компетентностью и независимостью органа по сертификации, а также способностью удовлетворять запросы заявителей и других заинтересованных сторон. Орган по сертификации должен обеспечить заявителю беспрепятственный доступ к информации об услугах органа. Ему не следует выдвигать неприемлемых

финансовых или других условий. Процедуры, с помощью которых орган осуществляет свою деятельность, не должны иметь дискриминационный характер.

Организация, претендующая на аккредитацию в качестве органа по сертификации продукции (услуг, систем качества, персонала), должна иметь в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 65-2000:

- юридический статус в соответствии с действующим законодательством;
- определенный опыт работы в области испытаний, оценки качества, работы с нормативными документами и авторитет в заявленной области;
- необходимые средства и документированные процедуры.

Орган по сертификации выполняет следующие основные функции:

- обеспечивает распределение функций, ответственности, взаимодействие персонала при реализации всех функций органа;
- разрабатывает организационно-методические документы по функционированию органа с обоснованными процедурами и схемами сертификации;
- формирует (комплектует) и актуализирует фонд нормативных документов, используемый для сертификации в соответствии с областью аккредитации;
- сертифицирует продукцию, выдает сертификаты соответствия и лицензии на применение знака соответствия (или сам применяет знак) в отношении сертифицируемой продукции;
- регистрирует сертификаты соответствия;
- осуществляет анализ и учет зарубежных сертификатов, протоколов испытаний и иных свидетельств соответствия продукции установленным требованиям;
- проводит инспекционный контроль сертифицированной продукции (по схеме сертификации);
- отменяет или приостанавливает действие выданных сертификатов, принимает участие в разработке корректирующих мероприятий, контролирует их выполнение;
- обеспечивает расстановку персонала и повышение квалификации;
- взаимодействует с испытательными лабораториями, другими органами по сертификации (в том числе в других странах), национальным органом по сертификации;
- взаимодействует с изготовителями и продавцами продукции, осуществляющими государственный контроль и надзор за продукцией совместно с потребителями и общественными организациями;
- осуществляет внутреннюю проверку и обеспечение своего соответствия требованиям, установленным в системе сертификации;
- ведет документацию по всем вопросам деятельности;
- обеспечивает доступность документации для органов, проводящих инспекционный контроль его деятельности;
- обеспечивает информацией о результатах сертификации, в том числе о продукции, не прошедшей сертификацию, или о выявленных нарушениях и несоответствии продукции установленным требованиям, все заинтересованные стороны.

В связи с вышперечисленными выше функциями орган по сертификации должен иметь соответствующую административную

и организационную структуру, квалифицированный персонал, систему управления документацией и систему обеспечения качества работ по сертификации.

Независимость органа по сертификации определяется его административной структурой, представленной на рис. 13.1. Структура органа по сертификации должна гарантировать беспристрастность и равные возможности участия всех заинтересованных сторон в функционировании системы сертификации. Для этого в работе координационного совета, функционирующего при органе по сертификации, участвуют представители заинтересованных организаций. Орган по сертификации должен иметь постоянный (штатный) персонал, возглавляемый руководителем. При этом должно быть исключено воздействие на персонал со стороны лиц или организаций, которые имеют непосредственную коммерческую заинтересованность в результатах проводимой сертификации. Орган по сертификации может иметь собственную испытательную лабораторию, охватывающую всю или часть его области аккредитации (испытательная лаборатория должна быть аккредитована по соответствующим правилам).

Координационный совет обеспечивает деятельность органа по сертификации в соответствии с требованиями и процедурами сертификации. В число его функций входят:

- формирование политики, определяющей деятельность органа сертификации;
- контроль реализации этой политики;
- контроль за определением стоимости работ по сертификации;
- определение в необходимых случаях состава штатных специалистов по сертификации, которым поручается выполнение работ по сертификации;
- организация взаимодействия с национальным органом по сертификации и другими организациями по вопросам сертификации продукции.

Координационный совет должен состоять из представителей всех заинтересованных в работе органа по сертификации структур. Это могут быть министерства и ведомства, профессиональные ассоциации, банки, страховые компании, представители промышленности, науки и образования. Их членство в координационном совете должно быть равномерно распределено, чтобы исключить преобладание интересов какой-либо стороны. Обычно совет состоит из 8—10 человек.



Рис. 13.1. Структура органа по сертификации

Наблюдательный совет состоит из учредителей органа по сертификации, если это негосударственная организация. На их средства организуется и аккредитуется орган по сертификации. Этот совет осуществляет общий надзор за деятельностью органа, но не может оказывать давление на орган по сертификации как на источник обеспечения дохода. Если органом по сертификации является государственное учреждение (например, вуз), то функции наблюдательного совета осуществляет руководство организации.

Исполнительная дирекция органа по сертификации отвечает за текущую работу по сертификации в соответствии с указанными функциями. Ее работой руководит исполнительный директор. Кроме него в штате органа по сертификации, как правило, находятся 1—2 эксперта-аудитора, специальный ответственный за систему обеспечения качества и секретарь. Другие эксперты, а также бухгалтер и специалисты, например по компьютерным сетям, обычно привлекаются на договорных условиях.

Апелляционная комиссия необходима для рассмотрения жалоб на действия и решения по сертификации между заявителем и исполнительной дирекцией. В ее состав входят независимые юристы и специалисты из области деятельности органа по сертификации.

Комиссия по сертификации в структуре органа предусмотрена в соответствии с требованиями европейских стандартов EN 45011—45013 по четкому разделению испытательных, контрольных и сертификационных функций. Обычно в ее состав входят руководитель органа и 1—2 эксперта, не принимавших участия в данной процедуре сертификации. Задача комиссии состоит в рассмотрении отчета эксперта, проводившего оценку соответствия, и принятии решения о выдаче или отказе в выдаче сертификата. Наличие такой комиссии характерно для органов, проводящих сертификацию систем качества и персонала. Например, "Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества" предусматривает представление

материалов экспертной комиссии органа по сертификации в Технический центр для окончательного решения о регистрации сертификата соответствия системы качества в Регистре. При сертификации продукции или услуг наличие в схеме сертификации испытаний образцов изделий в аккредитованных лабораториях предполагает анализ протокола испытаний экспертами органа и решение о сертификации без создания специальной комиссии. Ответственный за систему обеспечения качества в структуре органа по сертификации выделен в связи с большим значением, которое придается его обязанностям. Функции ответственного за систему качества осуществляет штатный сотрудник органа, непосредственно подчиняющийся руководителю. Как правило, это один из экспертов-аудиторов. В последнее время органы по сертификации, давно и успешно работающие на рынке данных услуг, имеют на этой должности специального сотрудника. Иногда можно встретить консультанта по вопросам обеспечения качества, приглашаемого со стороны. Задачи, которые необходимо решать органу по сертификации в области качества, излагаются в специальном документе "Руководство по качеству", основные разделы которого, согласно рекомендациям ИСО 10013, содержат:

- заявление о политике в области качества;
- краткое описание юридического статуса органа по сертификации;
- сведения о деятельности органа по сертификации, включая подробные данные о юридическом статусе, полномочиях и правилах процедуры;
- фамилии, квалификацию, опыт работы и полномочия персонала органа по сертификации (как штатного, так и нештатного), в том числе наличие аттестованных экспертов и регистрационные номера подтверждающих документов. Объем работ, выполняемый нештатным персоналом, не должен превышать 10% объема работ по сертификации конкретной продукции;
- подробные сведения о поддержании и повышении квалификации персонала, занятого в области сертификации;
- организационную схему, отражающую подчиненность, ответственность и распределение обязанностей персонала;
- сведения о процедуре оценки результатов первичных и последующих испытаний;
- сведения об используемых средствах испытаний;
- сведения о порядке инспекционного контроля;
- перечень субподрядчиков и подробные сведения о процедурах оценки и проверки их компетентности;
- должностные инструкции персонала, указывающие его служебные обязанности и ответственность;
- подробные сведения о порядке подачи и рассмотрения апелляций;
- порядок внутренней проверки деятельности органа по сертификации;
- порядок ведения архивов;
- сроки хранения документов.

Испытательная лаборатория может входить в структуру органа сертификации. В европейской практике по требованиям тех же стандартов серии EN 45000 органы по сертификации и испытательные лаборатории должны быть разделены. Однако требования к этим лабораториям аналогичны тем, что записаны в российских нормативных документах.

Техническая компетентность органа по сертификации должна быть достаточной, чтобы обеспечить выполнение всего комплекса работ по сертификации в соответствии с Правилами системы сертификации, Положением об органе по сертификации и Руководством по качеству.

В связи с этим орган должен иметь:

- квалифицированный персонал;
- фонд нормативных документов;
- разработанные и документированные процессы всех стадий проведения сертификации, включая инспекционный контроль за объектом сертификации, внутренние и внешние аудиты систем качества и т.д.;
- технические средства, необходимые для обработки и оформления результатов сертификации, а также для осуществления информационной деятельности;
- помещения для проведения сертификации, в том числе способные обеспечить конфиденциальность и коммерческую тайну;
- испытательное оборудование, если в состав органа входит испытательная лаборатория.

Персонал органа должен обладать необходимой компетенцией для выполнения своих обязанностей. Обязанности штатных сотрудников органа по сертификации представлены в табл. 13.1.

Таблица 13.1 Квалификация и обязанности персонала органа по сертификации

Должность	Квалификация	Должностные обязанности
Руководитель	Высшее образование, опыт работы в области сертификации, подготовка по менеджменту	Подбор сотрудников органа Распределение должностных обязанностей Прием решения по сертификации Рассмотрение жалоб Выбор субподрядчиков Назначение главного эксперта для проведения сертификации Отчет перед Управляющим советом
Ответственный за систему обеспечения качеством	Высшее образование, квалификация эксперта-аудитора, подготовка согласно требованиям ИСО 10011	Разработка и контроль выполнения положений Руководства по качеству
Эксперт -аудитор	Высшее образование по специальности в области сертификации, опыт работы по сертификации, подготовка по программам подготовки экспертов	Объективная оценка объекта сертификации в составе экспертной комиссии Составление отчета по проверке в назначенной области
Секретарь	Среднее или высшее образование	Ведение делопроизводства

Орган по сертификации должен обеспечить обучение и шение квалификации персонала, вести учет сведений о квалификации, обучении и профессиональном опыте каждого своего сотрудника. Эти сведения должны постоянно обновляться. Все,сотруд-ники должны располагать четкими должностными инструкциями, определяющими их служебные обязанности и связанную с этим ответственность. Инструкции должны постоянно обновляться. Специалисты органа по сертификации, осуществляющие оценку соответствия продукции или услуг, испытания и инспекционный контроль, должны быть экспертами системы сертификации в области, соответствующей области аккредитации органа по сертификации. Если какая-либо работа поручается другой организации на основе субподряда, орган по сертификации должен быть уверен, что персонал этой организации, занятый на субподрядных работах, соответствует требованиям настоящего стандарта. Объем работ, выполняемых другой организацией или нештатным персоналом, должен быть ограничен.

Фонд нормативных документов, которые должны быть в органе по сертификации, включает основополагающие законодательные документы и нормативные материалы Госстандарта, правила и порядок проведения сертификации в данной системе сертификации, нормативные документы на объект сертификации. Кроме этого, должны быть внутренние документы на рабочие процедуры, начиная со стадии приема заявки на сертификацию и заканчивая случаями отмены или приостановления действия стандартов. Форма и перечень таких документов приводится в Руководстве по качеству.

Система управления и контроля документацией, действующая в органе по сертификации, должна обеспечивать:

- наличие на рабочих местах действующих в настоящее время документов;
- своевременное внесение изменений в документ в соответствии с установленными правилами;
- изъятие устаревшей документации;
- заблаговременное оповещение обладателей сертификатов соответствия и других пользователей о внесении изменений и поправок в документацию с помощью средств связи или путем периодических публикаций.

Орган по сертификации должен поддерживать в рабочем состоянии систему регистрации и протоколирования. Протоколы и регистрационные записи должны показывать, каким образом была выполнена каждая процедура сертификации, включая отчеты об испытаниях и инспекционном контроле за сертифицированной продукцией. Все протоколы и регистрационные записи должны надежно храниться в течение установленного срока при соблюдении конфиденциальности по отношению к интересам заявителя, если это не противоречит действующему законодательству.

Организация, претендующая на аккредитацию в качестве органа по сертификации в Российской Федерации, должна направить в орган по аккредитации следующие документы:

- заявку по установленной форме;
- справку о деятельности организации, содержащей достаточные сведения для оценки компетентности в заявленной области аккредитации;
- анкету-вопросник с ответами (высылается органом по аккредитации при подготовке заявки);
- проект Положения об органе сертификации;
- проект Руководства по качеству;
- проект приказа о функционировании органа по сертификации;
- сведения об экспертах;
- перечень организаций, взаимодействующих с органами по сертификации;
- копию устава организации.

Если орган по сертификации планирует провести аккредитацию на соответствие европейским стандартам EN 45011—45013, то для того, чтобы его сертификация признавалась в Европе, обычно требуется следующая информация:

- сведения об учредителях и юридический статус;
- адрес;
- план помещения;
- организационная структура органа;
- список сотрудников и их квалификация;
- документ о распределении ответственности между сотрудниками;
- документы, подтверждающие образование и опыт работы руководителя и его заместителей;
- список сотрудников, отвечающих за техническую точность сертификата;
- подтверждение квалификации сотрудников, имеющих право подписи сертификата;
- образцы подписей этих сотрудников;
- заявление о беспристрастности;
- порядок рассмотрения жалоб;
- заявление о соблюдении конфиденциальности;
- перечень технических средств и оборудования;
- перечень проводимых испытаний (в случае, если в структуре органа имеется испытательная лаборатория);
- образец протокола испытаний;
- Руководство по качеству органа по сертификации;
- данные о привлекаемых специалистах.

В последнее время большинство этих документов являются со ставной частью Руководства по качеству.

Функционирование органа по сертификации имеет некоторые особенности в зависимости от объекта сертификации. Органы по сертификации продукции и услуг с собственным испытательным оборудованием проводят оценку соответствия в рамках внутреннего распределения обязанностей (рис. 13.2, *а*). При этом следует обратить внимание на то, что персональная ответственность сотрудников, проводящих испытания и выдающих сертификат, должна быть четко определена должностными инструкциями. Проведение испытаний и выдача сертификата одним лицом не допускается. В случае, когда орган по сертификации и испытательная лаборатория являются самостоятельными организациями, орган должен четко соблюдать процедуру передачи заказа и документировать ее. Заявитель может также обратиться в испытательную лабораторию самостоятельно и представить в орган по сертификации протокол испытаний на рассмотрение (рис. 13.2, *б*).

При создании и функционировании органов по сертификации систем качества предприятий особое внимание необходимо уделять подготовке процессов сертификации, их

документированию, а также квалификации персонала. Для этих целей в мировой практике применяется серия стандартов ИСО 10011.

Обратим внимание на требования к персоналу, проводящему проверки элементов системы качества, так как его объективная оценка имеет большое значение. Регистр систем качества различает специалистов по проверке систем качества следующим образом:

- эксперт — специалист, имеющий квалификацию для проведения проверок систем качества;
- консультант — лицо, не квалифицируемое как эксперт, но чьи специальные знания в определенной области важны для гарантии, что концепции, терминология, процесс или методы испытаний, специальные для этой области, правильно поняты членами экспертной комиссии.
- наблюдатель — лицо, назначенное второй стороной органом по аккредитации или иной организацией по согласованию с органом по сертификации для наблюдения за проведением проверки и оценки системы качества.

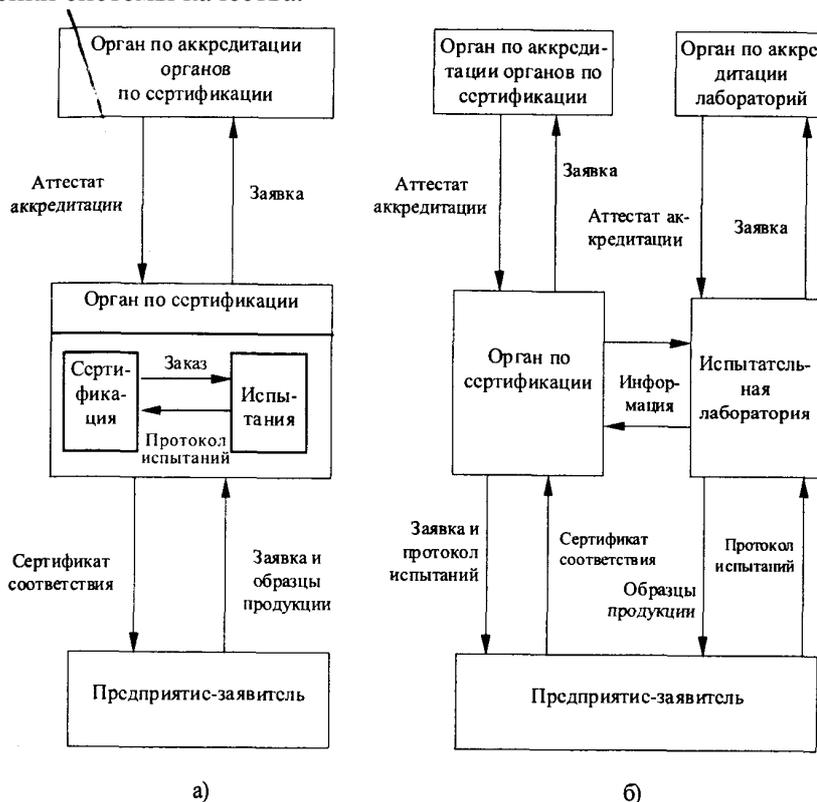


Рис. 13.2. Функционирование органов по сертификации продукции:
 а — испытательная лаборатория в структуре органа по сертификации;
 б — испытательная лаборатория как самостоятельная структура

Эксперт должен знать стандарты, на соответствие которым могут осуществляться проверки систем качества, и методы осмотра, опроса, проведения оценивания и подготовки отчета, а также иметь опыт, необходимый для руководства проверкой, в части планирования, организации, общения и управления. Он должен постоянно поддерживать свою компетентность.

Пример 13.1. Программа обучения аудиторов по качеству в Американском обществе по качеству (А5С?) предусматривает семь модулей:

1. Этическая и профессиональная ответственность.
2. Подготовка аудита.
3. Выполнение аудита.
4. Протоколирование аудита.
5. Проведение корректирующих действий и окончательные выводы.
6. Управление программой аудита.
7. Базовые знания в области качества.

Главный эксперт несет полную ответственность за все этапы проверки. Главный эксперт должен быть компетентным и опытным в области руководства качеством и наделяется полномочиями принимать окончательные решения по проведению проверки и любых наблюдений при проверке. Он должен выполнять следующие функции:

- формировать комиссию (группу экспертов);

- разрабатывать программу проверок;
- устанавливать требования к каждому заданию программы на проверку, включая требования к квалификации экспертов;
- представлять группу экспертов руководству проверяемой организации;
- руководить подготовкой рабочих документов;
- обеспечивать постоянное руководство экспертами в процессе проверки системы качества;
- сообщать проверяемой организации о всех значительных и малозначительных несоответствиях и уведомлениях;
- сообщать руководству проверяемой организации и органу по сертификации о любых серьезных препятствиях, с которыми комиссия столкнулась при проведении проверки;
- излагать результаты проверки ясно, убедительно и достаточно кратко;
- вовремя представлять акты и отчеты о проверке;
- отвечать требованиям ГОСТ Р ИСО 10011-1 и ГОСТ Р ИСО 10011—3 в части проведения проверки и руководства программой проверок соответственно;
- соответствовать требованиям ГОСТ Р ИСО 10011—2 в части требований к главному эксперту.

Эксперты должны быть беспристрастны и свободны от влияний, которые могли бы сказаться на их объективности. Руководство органом по сертификации обеспечивает независимость и неприкосновенность экспертов.

Орган по сертификации персонала должен отвечать требованиям ЕН 45013. Основным принципом, который определяет качество сертификации специалистов, является четкое разделение обучения, экзаменационных испытаний и решения по сертификации (рис. 13.2). Разработка правил и процедур сертификации с учетом сказанного — основная задача органа по сертификации персонала. Функции такого органа, выполняемые на разных стадиях процесса сертификации, приведены в табл. 13.2.

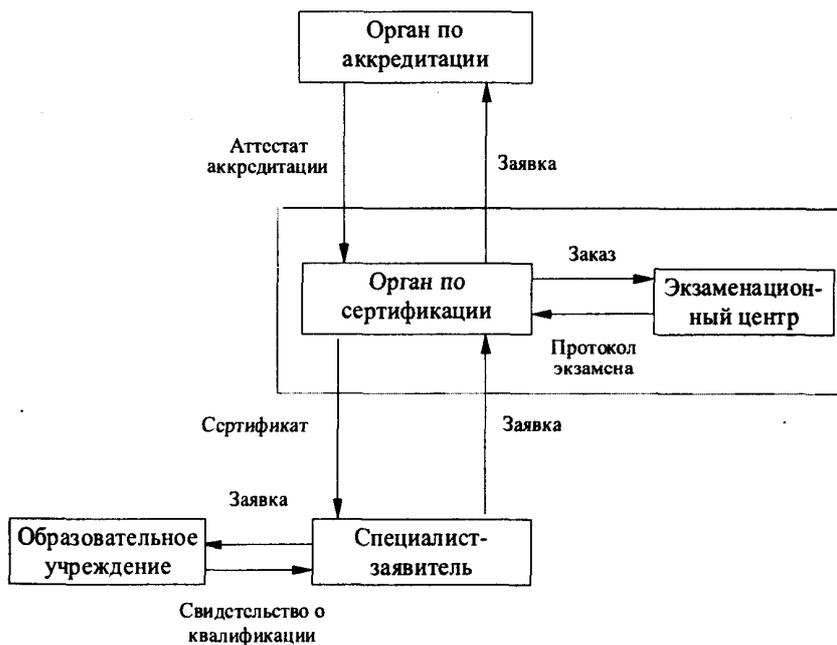


Рис. 13.2. Функционирование органа по сертификации персонала

Функции органа по сертификации персонала

Этап процесса сертификации	Функции органа по сертификации персонала
Экспертиза заявки	Проверка сведений, содержащихся в заявке Оформление договора на сертификацию
Подготовка и проведение экзамена	Назначение срока и места экзамена Назначение экзаменаторов из числа штатных или привлекаемых экспертов органа Выбор экзаменационных вопросов для экспертов из каталога вопросов органа Проведение частей экзамена: устной, письменной, практической Оценка знаний заявителя в баллах Оформление протокола экзамена экспертами
Решение по сертификации	Рассмотрение протокола экзамена в экзаменационной комиссии Оформление и выдача сертификата или отказ в нем Назначение срока пересдачи экзамена
Текущая работа	Организация повышения квалификации экспертов (экзаменаторов) Инспекционный контроль сертифицированных специалистов Информационная деятельность Ведение баз данных по основным направлениям работы органа Составление каталога экзаменационных вопросов и его актуализация Управление системой обеспечения качества сертификации Актуализация процедур сертификации персонала

13.2. Организация деятельности испытательных лабораторий

При проведении сертификации испытательная лаборатория должна обеспечивать беспристрастность в работе с заявителем, независимость при принятии решений, обладать неприкосновенностью со стороны высших руководителей, если она является частью фирмы, или влиятельных клиентов, а также обладать технической компетентностью.

Как и у органа по сертификации, эти показатели определяются юридическим статусом, административной и организационной структурой испытательной лаборатории. Юридический статус испытательной лаборатории должен соответствовать действующему законодательству. Она может быть самостоятельным юридическим лицом или подразделением в его составе. Испытательные лаборатории и их персонал не должны подвергаться коммерческому, финансовому, административному или другому давлению, способному оказывать влияние на выводы или оценки. Влияние на результаты испытаний со стороны внешних организаций или лиц должно быть исключено. Испытательная лаборатория не имеет права заниматься деятельностью, способной подорвать доверие в отношении ее независимости в принятии решений и беспристрастности при проведении испытаний. Оплата труда персонала, которому поручено проводить испытания, не должна зависеть от количества испытаний и их результатов. Если изделие испытывают организации, которые приняли участие в разработке, производстве или реализации этих изделий (например, изготовители), то должны быть разработаны дополнительные требования об условиях, обеспечивающих объективность испытаний.

Организационная структура лаборатории должна обеспечивать для каждого сотрудника конкретную сферу деятельности и пределы его полномочий (обязанностей и ответственности). Типовая структура испытательной лаборатории приведена на рис. 13.3.

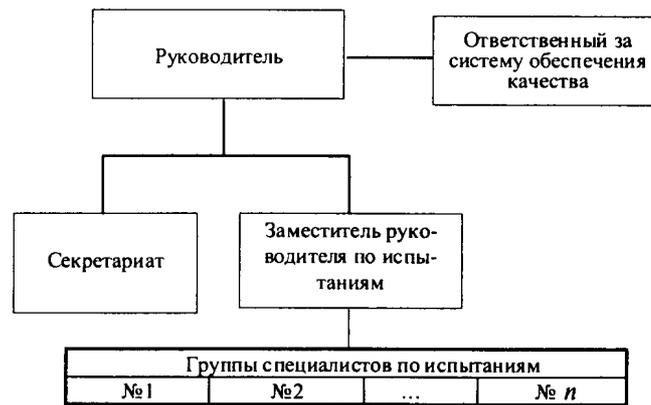


Рис. 13.3. Типовая структура испытательной лаборатории

Руководитель лаборатории осуществляет общее руководство и формирует политику ее деятельности. Ответственный за систему обеспечения качества разрабатывает и контролирует выполнение положений Руководства по качеству лаборатории. Заместитель руководителя по испытаниям несет ответственность за выполнение всех технических задач, связанных с проведением испытаний. Секретариат выполняет функции по делопроизводству, осуществляет прием и регистрацию заказов на испытания, архивирование рабочей документации и др. Специалисты групп по испытаниям непосредственно проводят испытания продукции и оформляют протоколы испытаний в обозначенной области.

Техническая компетентность испытательной лаборатории определяется наличием в ней квалифицированного персонала, необходимых средств измерений, испытаний и контроля; помещений с соответствующими условиями окружающей среды; документированных рабочих процессов; нормативно-методических документов на методы и средства испытаний; системы обеспечения качества испытаний.

Персонал испытательной лаборатории должен иметь достаточное образование и квалификацию. При этом учитываются следующие моменты: базовое образование; специальное профессиональное образование до начала работы в лаборатории; обучение и подготовка по специальным вопросам после начала работы в лаборатории; знание методов и средств измерений, испытаний и контроля, необходимых для проведения конкретных испытаний, полученных в ходе повышения квалификации; опыт работы в группах испытаний или на руководящих должностях в испытательной лаборатории.

Лаборатория должна располагать необходимой документацией и сведениями, касающимися квалификации, практического опыта и подготовки кадров. Эти данные приводятся в Руководстве по качеству. Для каждого специалиста предусмотрена должностная инструкция, устанавливающая функции, обязанности, права и ответственность, квалификационные требования к образованию, техническим знаниям и опыту работы. Специалисты и эксперты, непосредственно участвующие в проведении испытаний и оценок, должны быть аттестованы в установленном порядке. В отношении требований к обеспечению конфиденциальности персонал лаборатории должен иметь обязательства по неразглашению профессиональных тайн, касающихся третьих лиц.

Большое внимание в испытательной лаборатории должно уделяться мероприятиям по повышению квалификации персонала. Они должны проводиться как для новых, так и для опытных со-

трудников. Различают внешнее и внутреннее повышение квалификации. Внешнее проходит в традиционных формах — участие в конференциях и семинарах, учеба на курсах, самоподготовка; внутреннее проявляется в регулярных обсуждениях сотрудниками лаборатории проблем, связанных с квалификацией (по аналогии со знаменитыми японскими кружками качества). Такие обсуждения должны проводиться без морального давления на сотрудников со стороны руководства. Инициатива в решении задач, направленных на улучшение испытаний, должна поощряться.

Международная организация ЕІЖОІАВ, объединяющая испытательные лаборатории разных стран Европы, установила четыре уровня квалификации персонала, проводящего испытания:

1. Элементарный уровень — неспециальное образование и специальная подготовка.

2. Базовый уровень — основное профессиональное образование, необходимое для выполнения работ в лаборатории.
3. Повышенный уровень — более высокое основное профессиональное образование для выполнения работ в лаборатории и более расширенные знания.
4. Наивысший уровень — высшее образование, способности к решению сложных испытательных задач, углубленные знания испытаний и управления (менеджмента).

Каждый из этих четырех уровней предусматривает три градации квалификации: достаточную, хорошую и отличную. Посредством этих критериев оценивается персонал при аккредитации испытательных лабораторий на соответствие EN 45001 или ГОСТР ИСО/МЭК 17025-2000.

Испытательная лаборатория должна быть оснащена средствами измерений, испытаний и контроля, а также расходными материалами (химическими реактивами, веществами и др.) для правильного проведения испытаний и измерений, что требуется для признания ее компетентности. В исключительных случаях можно на договорных условиях применять оборудование, не принадлежащее лаборатории, при том что это оборудование аттестовано, а средства измерений проверены в установленном порядке. Данные по оснащенности техническими средствами испытаний приводятся в Руководстве по качеству.

Оборудование лаборатории, в том числе и средства измерений, должны использоваться по назначению. Документация по его эксплуатации и техническому обслуживанию должна быть доступна. Неисправное оборудование, которое дает при испытании сомнительные результаты, должно быть снято с эксплуатации и отмечено соответствующим образом, указывающим на его непригодность. Такое оборудование следует хранить в специально отведенном месте до тех пор, пока оно не будет отремонтировано и его пригодность не будет подтверждена с помощью испытаний (проверки, калибровки). Каждая единица оборудования для испытания или измерения должна иметь регистрационную карточку, содержащую следующие сведения:

- наименование оборудования;
- наименование изготовителя (фирмы), тип (марка), заводской и инвентарный номер;
- даты получения и ввода в эксплуатацию;
- месторасположение в настоящее время (в случае необходимости);
- состояние на момент получения (новое, изношенное, с продленным сроком действия и т.п.);
- данные о ремонте и обслуживании;
- описание всех повреждений или отказов, переделок или ремонта.

Калибровка или поверка измерительного и испытательного оборудования при необходимости проводится перед вводом его в эксплуатацию и далее в соответствии с установленной программой. Общая программа калибровки оборудования должна обеспечивать прослеживаемость измерений, проводимых лабораторией на соответствие национальным и международным образцовым средствам измерений, если таковые существуют. Если подобную прослеживаемость осуществить невозможно, то испытательная лаборатория должна представить убедительные доказательства корреляции или точности результатов испытаний (например, участвуя в соответствующей программе межлабораторных испытаний). Образцовые средства измерений, имеющиеся в лаборатории, следует использовать только для калибровки рабочего оборудования и не применять для других целей. Образцовые средства измерений должны быть калиброваны компетентным органом, который может обеспечить слежение их соответствия национальным или международным эталонам. При необходимости испытательное оборудование может подвергаться контролю между периодическими повторными калибровками. Образцовые вещества также должны проверяться на соответствие национальным или международным стандартам.

Помещения испытательной лаборатории должны обеспечивать условия, неспособные отрицательно повлиять на точность и достоверность испытаний. Помещения для проведения испытаний должны быть защищены от воздействия таких факторов, как повышение температуры, пыль, влажность, пар, шум, вибрация, электромагнитные возмущения, и отвечать требованиям применяемых методик испытаний, санитарных норм и правил, а также безопасности труда и охраны окружающей среды. Помещения должны быть достаточно просторными, чтобы устранить риск порчи оборудования и возникновения опасных ситуаций, обеспечить сотрудникам свободу перемещения и точность действий. Помещения для испытаний должны быть оснащены требуемым оборудованием и источниками энергии, а при необходимости — устройствами для регулирования условий, в которых проводятся испытания. Доступ к зонам испытаний и их использование должны соответствующим образом

контролироваться. Должны быть также определены условия допуска лиц, не относящихся к персоналу данной лаборатории. Это еще одно из условий обеспечения конфиденциальности информации о деятельности лаборатории для третьих лиц. Данные о состоянии производственных помещений и план их размещения составляют отдельный раздел Руководства по качеству.

Испытательная лаборатория должна обладать четко отрегулированными и документально оформленными рабочими процедурами, которые сопровождают весь испытательный процесс от приема заказа до выдачи протокола испытаний (рис. 13.4). Таким образом достигается однозначность в выполнении технологических операций в лаборатории. В стандарте на требования к испытательным лабораториям особое внимание уделено процедурам, оказывающим существенное влияние на результаты испытаний.

Порядок обращения с испытываемыми образцами изделий, иногда этот процесс называют *менеджмент образцов*, включает правильную подготовку и проведение отбора образцов, их маркировку, соблюдение условий транспортирования и хранения [16]. Образцы изделий, поступающие на испытания, должны быть идентифицированы и сопровождаться протоколом отбора. Система регистрации должна гарантировать конфиденциальность использования образцов или испытываемых изделий, например в отношении других заказчиков. При необходимости вводят процедуру, обеспечивающую хранение изделий на складе. На всех стадиях хранения, транспортирования и подготовки изделий к испытаниям предпринимают необходимые меры предосторожности, исключающие порчу изделий в результате загрязнения, коррозии или чрезмерных нагрузок, отрицательно влияющих на результаты испытаний. Должны соблюдаться требования, установленные инструкциями на эксплуатацию изделий. Получение, хранение, возвращение (или утилизация) образцов производятся по четко установленным правилам.



Рис. 13.4. Структура процесса сертификационных испытаний в лаборатории

Правильный менеджмент образцов — один из важнейших этапов в обеспечении качества испытаний. Испытательная лаборатория не должна принимать на сертификационные испытания образцы, происхождение которых неизвестно. При проведении испытаний в лаборатории необходимо использовать методы, установленные стандартами или техническими условиями на процессы испытаний. Эти документы должны быть в распоряжении сотрудников, ответственных за проведение испытаний. При отсутствии установленного метода испытания следует документально оформить соглашение между заказчиком и лабораторией о применяемом методе.

Работа, проводимая испытательной лабораторией, отражается в протоколе, показывающем точно, четко и недвусмысленно результаты испытаний и другую относящуюся к ним информацию. Каждый протокол испытаний должен содержать, по крайней мере, следующие сведения:

- наименование, адрес испытательной лаборатории и место проведения испытания, если оно имеет другой адрес;
- обозначение протокола (например, порядковый номер) и нумерацию каждой страницы, а также общее количество страниц;
- фамилию и адрес заказчика;
- характеристику и обозначение испытуемого образца;
- даты получения образца и проведения испытания;
- обозначение технического задания на проведение испытания, описание метода и процедуры;
- описание процедуры отбора образцов (выборки);
- любые изменения, вносимые в техническое задание на проведение испытаний или другую информацию, относящуюся к определенному испытанию;
- данные, касающиеся проведения нестандартных методов испытаний или процедур;
- измерения, наблюдения и полученные результаты, подтверждаемые таблицами, графиками, чертежами и фотографиями;
- констатацию погрешности измерения (в случае необходимости);
- подпись должностного лица, ответственного за подготовку протокола испытаний, и дату его составления;
- заявление о том, что протокол касается только образцов, подвергнутых испытанию;
- заявление, исключающее возможность частичной перепечатки протокола без разрешения испытательной лаборатории.

При оформлении протокола испытаний особое внимание необходимо обращать на изложение результатов испытаний и исключение трудностей при их восприятии пользователем. Протоколы по каждому виду проводимых испытаний могут отличаться по содержанию, однако рубрики должны быть стандартизированы. Исправления или дополнения в протоколе испытаний после его выпуска оформляются только в виде отдельного документа, озаглавленного, например, Дополнение к протоколу испытаний. Документы о дополнениях должны иметь те же рубрики, которые содержатся в протоколе. В протоколе испытаний не следует помещать оценки, давать советы или рекомендации по результатам испытания. Результаты испытания должны быть представлены аккуратно, четко, полностью и недвусмысленно, в соответствии с инструкциями, разработанными на применяемый метод испытания. Количественные результаты необходимо представлять с указанием расчетной или оценочной погрешности (приложение 5).

Все протоколы испытаний хранятся в надлежащем месте с соблюдением конфиденциальности, если законом не устанавливаются другие требования.

Большое значение для обеспечения качества испытаний имеют процедуры, связанные с эксплуатацией средств измерений, испытаний и контроля. Здесь важно предусмотреть:

- ведение реестра средств испытаний, измерений и контроля с указанием необходимых технических и метрологических характеристик;
- маркировку и хранение этого оборудования;
- наличие методик выполнения измерений, испытаний и контроля на каждом рабочем месте;
- соблюдение внешних условий эксплуатации;
- наличие графиков технического обслуживания и ремонта, а также документацию по проверке и калибровке;

- назначение ответственного за состояние и эксплуатацию средств измерений, испытаний и контроля, как правило инженера-метролога.

В соответствии с договором (контрактом) испытательные лаборатории должны проводить испытания самостоятельно. Однако в исключительных случаях испытательная лаборатория может передать какую-то часть испытаний на условиях субподряда другой аналогичной лаборатории, отвечающей настоящим требованиям. При этом испытательная лаборатория должна быть уверена в том, что ее субподрядчик удовлетворяет критериям компетентности, которые установлены для испытательных лабораторий. Испытательная лаборатория обязана уведомить заказчика о своем намерении поручить часть испытаний другой лаборатории. Субподрядчик должен быть одобрен заказчиком. Испытательная лаборатория регистрирует и хранит документацию, подтверждающую компетентность и соответствие субподрядчиков предъявляемым требованиям, а также ведет регистрацию всех работ, выполняемых на условиях субподряда.

Следующим необходимым элементом, подтверждающим техническую компетентность испытательной лаборатории, является обеспеченность нормативными документами в области проводимых испытаний. Перечень документов, которыми должна располагать лаборатория, претендующая на аккредитацию, согласно рекомендациям Госстандарта можно разделить на 10 групп.

Правовая документация:

- положение об испытательной лаборатории;
- паспорт испытательной лаборатории;
- аттестат аккредитации;
- лицензия (при проведении испытаний для целей сертификации в законодательно регулируемой сфере).

Организационно-методическая документация — документы ИСО, ИСО/МЭК, стандарты серии ЕБ 45000 и ГОСТ Р 51000, регламентирующие организационные и методические вопросы аккредитации и деятельности аккредитованных лабораторий.

Нормативная документация на испытываемую продукцию:

- документация, регламентирующая технические требования к испытываемой продукции и методы ее испытаний и измерений в области аккредитации лаборатории;
- стандарты и другая нормативная документация, стандарты и руководства ИСО, МЭК и др.

Документация на систему обеспечения качества — руководство по качеству и документированные процедуры обеспечения качества (порядок внутренних аудитов, повышение квалификации персонала и т.п.).

Документация на испытательное и измерительное оборудование:

- наименование и вид оборудования;
- предприятие-изготовитель (фирма), тип (марка), заводской и инвентарный номера;
- дата изготовления, получения и ввода в эксплуатацию оборудования;
- состояние при покупке (новое, бывшее в употреблении, после ремонта и т. д.);
- данные об имеющихся неисправностях, ремонтах, техническом обслуживании;
- данные об аттестациях, проверках;
- документы по эксплуатации и техническому обслуживанию испытательного оборудования и средств измерений;
- паспорт на каждую единицу испытательного оборудования и средств измерений;
- методики проведения проверок средств измерений, а также программы и методики аттестации испытательного оборудования;
- порядок аттестации и утверждения нестандартизированных методик испытаний и измерений;
- документы по учету проверок средств измерений и аттестации испытательного оборудования; графики аттестации испытательного оборудования и проверок средств измерений.

Документация по делопроизводству:

- личные дела сотрудников лаборатории;
- должностные инструкции;
- материалы по аттестации сотрудников лаборатории.

Документация на испытываемые образцы изделий (паспорт, технические описания и руководства по эксплуатации на испытываемые изделия), а также инструкции, содержащие:

- порядок идентификации образцов изделий;
- порядок проверки комплектности и работоспособности образцов при их приемке;
- требования к комплектности документов на образцы изделий;
- порядок обеспечения сохранности образцов;
- порядок возврата образцов изделий заказчику. *Документация на порядок проведения испытаний и регистрации*

данных:

- программы и методики проведения испытаний;
- документы, содержащие порядок расчетов и расчетные данные;
- рабочие журналы, содержащие результаты испытаний и измерений;
- протокол испытаний;
- отчеты о проведенных испытаниях. *Документация по поддержанию условий в помещениях:*
- инструкции по обеспечению должного порядка в производственных помещениях и журнал контроля состояния помещений;
- эксплуатационная документация на оборудование, контролирующее и (или) поддерживающее необходимые условия окружающей среды в помещениях.

Документация по архиву:

- инструкции по порядку ведения архива данных измерений и испытаний;
- рабочие журналы;
- расчетные данные;
- протоколы;
- отчеты;
- сопроводительные документы к образцам и т.д.

В обязательном порядке испытательная лаборатория должна иметь внутреннюю систему обеспечения качества, соответствующую области ее аккредитации. Элементы этой системы включают в Руководство по качеству, предоставляемое для пользования персоналу лаборатории. Допускается также разработка сокращенного варианта этого документа для представления заказчиком. Структура Руководства по качеству приведена в табл. 13.3.

Если испытательная лаборатория удовлетворяет всем перечисленным выше требованиям в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000 или ЕИ 45001, то она подает заявку на аккредитацию. Одновременно с заявкой в орган по аккредитации направляются все необходимые документы, подтверждающие беспристрастность, независимость, неприкосновенность и техническую компетентность лаборатории. Порядок аккредитации в целом одинаков как для органа по сертификации, так и для испытательной лаборатории.

Таблица 13.3

Структура построения Руководства по качеству

Элемент структуры	Основные требования к содержанию
Титульный лист	Полное наименование организации, на базе которой создан орган по сертификации или испытательная лаборатория Юридический статус Наименование органа или лаборатории Идентификация Руководства по качеству, т. е. порядковый номер экземпляра Номер и дата издания, так как Руководство по качеству должно периодически обновляться Сведения об авторском праве (при необходимости) ФИО лица, утвердившего Руководство по качеству, и его подпись
Содержание	Обозначение глав и разделов должно производиться по логичной системе нумерации, удобной для пользователя
Общие положения	Цели и область применения Руководства по качеству
Термины и определения	Пояснение специальных терминов, встречающихся в Руководстве по качеству, для облегчения знакомства с ним
Заявление о политике в области качества	Цели и задачи органа по сертификации или испытательной лаборатории, для решения которых создается система обеспечения качества
Описание органа по сертификации или испытательной лаборатории	История развития органа по сертификации или испытательной лаборатории Данные о руководстве Административная и организационная структура Область деятельности
Описание элементов системы качества	Изложение основных мероприятий, с помощью которых достигается и гарантируется соответствующее качество услуг в области сертификации
Приложения	Перечень и форма основных рабочих документов, связанных с обеспечением качества

13.3. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий

Успешная сертификация соответствия возможна только при высокой компетенции участников сертификации в проведении испытаний и проверок, их взаимном доверии друг к другу. Заявитель должен доверять органу по сертификации и испытательной лаборатории, которые дают заключение на его продукцию, испытательная лаборатория — органу по сертификации, и наоборот. Таким образом, для определения беспристрастности, независимости и компетенции участников сертификации необходим соответствующий механизм. Таким механизмом обеспечения доверия является *аккредитация*.

Определение аккредитации применительно к процессу сертификации, согласно Руководству ИСО/МЭК 2, гласит, что это *официальное признание того, что испытательная лаборатория (орган по сертификации) правомочна осуществлять конкретные испытания или конкретные типы испытаний*.

Основные цели аккредитации:

- повышение качества работы и укрепление доверия к испытательным лабораториям и органам по сертификации со стороны заявителя, государства, других заинтересованных структур;
- обеспечение конкурентоспособности продукции и услуг на внутреннем и внешнем рынках;
- признание результатов испытаний и сертификатов соответствия на национальном, европейском и мировом уровнях.

Данные цели предполагают решение следующих задач в области аккредитации:

- установление единых требований к испытательным лабораториям и органам по сертификации;
- установление общих правил аккредитации и требований к органам по аккредитации;
- создание национальных систем аккредитации, соответствующих международным нормам;
- сотрудничество национальных структур по аккредитации на международном уровне и внутри страны.

Развитие процесса аккредитации испытательных лабораторий и органов по сертификации в России началось с введения системы сертификации ГОСТ Р в 1992 г. Данная система, как и другие в нашей стране, охватывала вопросы не только сертификации, но и аккредитации. Однако это противоречило международной практике, где, как правило, сертификация и аккредитация не существуют в рамках одной системы. По этой причине имеются проблемы в признании за рубежом результатов испытаний и сертификатов, выданных в России. Экспортерам приходится тратить дополнительные средства на проведение испытаний продукции в признанных испытательных лабораториях, большинство из которых находится за пределами России.

В 1995 г. началась работа по созданию самостоятельной Российской системы аккредитации. Для этой цели был сформирован Межведомственный совет, в состав которого вошли специалисты министерств и ведомств, заинтересованных в решении проблем аккредитации. В настоящее время подготовлена правовая и методическая основа Российской системы аккредитации. Она максимально гармонизирована с Руководствами ИСО/МЭК в области аккредитации и европейскими нормами серии ЕН 45000. Последняя редакция "Общих правил по проведению аккредитации в Российской Федерации" введена в действие Постановлением Госстандарта России от 31.05.2000.



Рис. 13.5. Структура российской системы аккредитации

Госстандарт России в пределах его компетенции выполняет функции органа по аккредитации, а также разрабатывает общие процедуры по аккредитации, общие требования к объектам аккредитации и экспертам, а также к необходимым документам; взаимодействует с международными организациями по аккредитации. Совет по аккредитации рассматривает и решает вопросы по следующим основным направлениям:

- установлению принципов единой технической политики в области аккредитации;
- исследованию новых технологий в этой области;
- координации деятельности органов по аккредитации;
- экономическим проблемам;
- международному сотрудничеству;
- периодическому подведению итогов работ по аккредитации;
- ведению реестра аккредитованных объектов и экспертов по аккредитации.

Аккредитация, как и сертификация, проводится в законодательно регулируемой и нерегулируемой областях.

Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий, работающих в системах обязательной сертификации, относится к регулируемой законом области. Это связано с обеспечением требований законодательства по безопасности товаров и услуг и их влиянию на окружающую среду. Аккредитация в нерегулируемой области координирует деятельность органов по сертификации и испытательных лабораторий в системах добровольной сертификации.

В настоящее время в Российской Федерации, в соответствии с действующим законодательством, работы по аккредитации проводят различные федеральные органы исполнительной власти. При этом имеют место ведомственная разобщенность, пересечение областей деятельности и применение различных процедур и критериев при проведении работ по аккредитации, совмещение работ по аккредитации и сертификации различными федеральными органами исполнительной власти. Учитывая стремление России вступить во Всемирную торговую организацию и положения Соглашения между Российской Федерацией и Европейским сообществом о партнерстве и сотрудничестве, необходимо решить вопрос о международном взаимном признании результатов испытаний и свидетельств соответствия. Поэтому важной задачей в настоящее время является создание единой системы — Системы аккредитации Российской Федерации в сферах деятельности по оценке соответствия установленным требованиям качества и безопасности продукции и услуг.

Основные принципы и подходы к созданию Системы аккредитации Российской Федерации изложены в проекте Федерального закона "Об аккредитации организаций в сферах деятельности по оценке соответствия продукции и услуг нормативным требованиям", подготовленном в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 02.02.98 № 113 Госстан-

дартом России совместно с Минэкономки России и Торгово-промышленной палатой РФ. Проект положения разработан с учетом мировой практики проведения работ по аккредитации, современных требований действующего в стране законодательства, сложившегося потенциала и опыта работы по аккредитации. Проект закона в настоящее время широко обсуждается и будет принят в ближайшее время.

Орган по аккредитации управляет системой аккредитации и проводит соответствующую процедуру.

Организация, претендующая на право стать органом по аккредитации, должна иметь: определенный юридический статус; финансовую стабильность; организационную структуру, соответствующую обеспечению компетентности, беспристрастности и независимости при аккредитациях; площади и оборудование; квалифицированный персонал; необходимые нормативные документы на критерии и процессы аккредитации; систему обеспечения качества аккредитации.

В настоящее время аккредитацию испытательных лабораторий и органов по сертификации в РФ осуществляют подразделения Госстандарта в обязательной области и центральные органы систем сертификации в добровольной области. В связи с тенденцией разделения сертификации и аккредитации и созданием Российской системы аккредитации функции органов по аккредитации постепенно переходят к другим структурам.

Типовая схема организации органа по аккредитации приведена на рис. 13.6.

- Управляющий совет состоит из представителей заинтересованных в работе органа министерств, ведомств, профсоюзных объединений, предприятий и других структур. Он координирует деятельность органа в обозначенной области.
- Наблюдательный совет состоит из учредителей органа по аккредитации; его задачей является общий контроль за работой органа. Он не должен ставить перед исполнительным руководством органа задачи, способные подорвать доверие к нему, например увеличение прибыли за счет проведения большего числа аккредитаций.
- Исполнительная дирекция органа, в состав которой входят руководитель, штат экспертов-аудиторов по аккредитации, секретариат и бухгалтерия, осуществляет всю текущую работу по организации и проведению процессов аккредитации.
- Ответственным за систему обеспечения качества в органе по аккредитации является, как правило, штатный работник, обладающий соответствующим опытом и квалификацией в области управления качеством.
- Апелляционная комиссия рассматривает жалобы по вопросам аккредитации со стороны заявителей.
- Комиссия по аккредитации утверждает отчеты экспертов по проведению аккредитации и принимает решение о выдаче аттестата аккредитации или отказе в этом.
- Секторные комитеты по направлениям аккредитации состоят из специалистов различных организаций по отдельным проблемам и специалистов, привлекаемых органом по аккредитации для помощи в разработке правил и процедур аккредитации.

Согласно требованиям, орган по аккредитации должен:

- иметь руководителя по аккредитации лабораторий, несущего всю полноту ответственности за свою работу перед организацией, органом или правлением, которым он подотчетен;
- располагать штатным персоналом, соответствующим тому виду, области и объему работ, которая выполняется под руководством главного администратора;
- иметь организационную структуру, которая обеспечивает независимость его штатного персонала от воздействия со стороны кругов, имеющих финансовую заинтересованность в результатах аккредитации, и гарантирует, что указанный персонал не будет подвергаться незаконному давлению или другому воздействию, оказывающему влияние на его суждения или результаты выполненной работы;
- располагать соответствующими соглашениями, обеспечивающими привлечение независимых экспертов в качестве технических консультантов.

Как правило, в штате органа по аккредитации кроме руководителя работают 1—2 эксперта (один из них отвечает за систему обеспечения качества органа), бухгалтер и секретарь. На период аккредитации, если необходимо, привлекаются внешние эксперты.

Орган по аккредитации должен располагать документацией, которая условно делится на три группы:

- общая документация по правилам аккредитации;
- внутренняя документация органа по процедурам аккредитации;
- информационные сведения об органе и его деятельности.

Орган по аккредитации должен иметь систему обеспечения качества применительно к виду, области и объему выполняемой им работы. Документы включаются в Руководство по качеству, которое должно быть доступно для использования персоналом органа по аккредитации. Орган по аккредитации должен назначить сотрудника, ответственного за Руководство по качеству и его актуализацию и непосредственно подчиняющегося высшему руководству органа. Руководство по качеству должно содержать следующие разделы:



Рис. 13.6. Типовая схема органа по аккредитации

- направление политики в области обеспечения качества;
- организационную структуру органа по аккредитации;
- задачи и функциональные обязанности, связанные с обеспечением качества (доведенные до каждого сотрудника с учетом пределов его служебных полномочий);
- общие процедуры обеспечения качества;
- процедуры обеспечения качества, относящиеся к каждому этапу аккредитации;
- организацию обратной связи и проведение корректирующих мероприятий при возникновении расхождений;
- процедуру рассмотрения апелляций, претензий и спорных вопросов.

Система обеспечения качества должна регулярно проверяться непосредственно руководством органа по аккредитации или от его имени с целью обеспечения эффективности ее деятельности и принимаемых мер корректирующего характера. Результаты такой проверки необходимо регистрировать вместе с подробными описаниями каждого корректирующего воздействия.

Весь процесс аккредитации проходит в четыре этапа. Рекомендации по аккредитации Р 50.4.001-96 предусматривают пять этапов, содержание которых полностью совпадает с рассматриваемым вариантом. Каждый этап состоит из стандартных процедур (рис. 13.7).

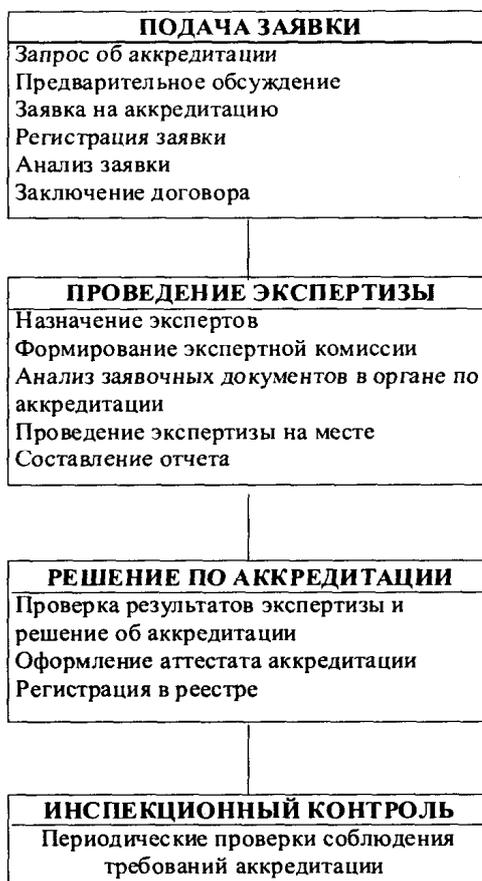


Рис. 13.7. Этапы процесса аккредитации

Этап подачи заявки включает:

- запрос испытательной лаборатории или органа по сертификации о возможности аккредитации в данном органе, требованиях и правилах ее проведения. Орган по аккредитации направляет заявителю необходимые информационные материалы;
- предварительное обсуждение вопросов аккредитации между органом и заявителем после ознакомления с информационными материалами;
- заявку на аккредитацию по специальной форме, где заявитель указывает область аккредитации (виды продукции и услуг, сертификация которых планируется, или виды испытаний), обязательства по проведению процедуры аккредитации и ее оплаты независимо от результата;
- регистрацию заявки в органе по аккредитации;

- анализ полноты данных заявки и приложений к ней, которые содержат данные о юридическом статусе испытательной лаборатории или органа по сертификации, оснащенности производственными площадями, оборудованием, кадрами и нормативной документацией, а также заполненную анкету-вопросник о готовности к аккредитации и Руководство по обеспечению качества;
- заключение договора между органом по аккредитации и заявителем, в котором оговариваются права и обязанности обеих сторон.

Этап проведения экспертизы:

- назначение экспертов для аккредитации по согласованию с заявителем. В качестве руководителя экспертизы выступает обычно штатный эксперт органа (системный эксперт), а в качестве технических консультантов — эксперты из числа привлекаемых на основании субподряда;
- распределение обязанностей при аккредитации между членами экспертной комиссии;
- анализ заявочных документов экспертами по специальным вопросам в органе по аккредитации;
- проведение экспертизы непосредственно в испытательной лаборатории или органе по сертификации по общим и специальным критериям;
- составление отчета по экспертизе членами экспертной комиссии.

Этап решения по аккредитации включает:

- проверку результатов экспертизы по отчету экспертной комиссии. Утверждение или отклонение решения экспертной комиссии проводит комиссия по аккредитации, в состав которой входят руководитель органа и члены секторных комитетов;
- оформление аттестата аккредитации при положительном решении. Срок действия аттестата, в котором указывается область сертификации или испытаний, максимально составляет 5 лет;
- занесение в реестр аккредитованных органов по сертификации или испытательных лабораторий.

Этап инспекционного контроля заключается в том, что орган по аккредитации следит за выполнением требований аккредитации в течение срока действия аттестата. Он проводится ежегодно и оплачивается заявителем на основании договора.

Таким образом, аккредитация способствует обеспечению качества сертификации и доверию к ее результатам и методам. **Пример 13.2.** В лабораторию НИИ "Экотест", занимающуюся исследованиями в области экологии, все чаще стали поступать предложения о проведении независимых испытаний образцов почвы в различных регионах страны. Заказчикам необходимы были официальные заключения лаборатории о состоянии качества почвы для решения вопросов купли-продажи, аренды или сельскохозяйственного бизнеса. Чтобы не упускать выгодные предложения, испытательной лаборатории необходимо пройти процедуру аккредитации на соответствие требованиям российских стандартов.

Рассмотрим основные этапы подготовки лаборатории к аккредитации.

Первым шагом было определение области аккредитации. Здесь учитываются два момента — возможности лаборатории (выполнение требований ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000) и востребованность видов испытаний. Так как каждый вид испытаний учитывается при определении стоимости аккредитации, то нужно оптимизировать расходы на расширение видов испытаний и доходы от них. В рассматриваемой лаборатории остановились на проведении аналитических испытаний содержания вредных веществ в почве, как наиболее частом виде заказов.

В период подготовки к аккредитации сотрудники лаборатории привели в порядок документацию, которая была разделена на 10 групп согласно рекомендациям Госстандарта России (см. разд. 13.2). Дополнительно к этому была усовершенствована система документооборота, ответственная за которую является секретарь-референт.

Следующим этапом было выполнение всех требований к условиям проведения испытаний по внешним воздействующим факторам, обеспечению конфиденциальности, удобству работы персонала, т. е. провели реконструкцию и ремонт помещений лаборатории.

Другим важным условием успешной аккредитации является высокая квалификация сотрудников лаборатории. В процессе подготовки весь персонал был аттестован руководством НИИ на соответствие занимаемым должностям с учетом профессиональной подготовки и опыта. Все сотрудники прошли стажировку в виде семинаров, конференций и курсов повышения квалификации.

При подготовке испытательного оборудования были учтены требования нормативных документов на методы испытаний по типам средств измерений, испытаний и контроля, их метрологических характеристик, условий поверки и калибровки, условиям эксплуатации. Ответственным за порядок функционирования оборудования был назначен специалист в должности инженера.

По требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000 в лаборатории должна быть система обеспечения качества испытаний. Здесь все пришлось делать впервые. Руководство назначило ответственного за систему качества (заместителя руководителя лаборатории.). Он возглавил работы по внедрению процессов обеспечения

качества испытаний: статистическое управление процессами, внутренние аудиты качества, работа над проблемами в группах, анализ качества со стороны руководства, закупки реактивов и т.д. Все процессы по обеспечению

качества испытаний были изложены в специальном документе "Руководство по качеству" в виде стандартов предприятия.

После подготовительных работ, занявших четыре месяца, была подана заявка в орган по аккредитации. Пройдя процедуру аккредитации (см. разд. 13.3), испытательная лаборатория НИИ "Экотест" получила аттестат аккредитации, подтверждающий ее независимость, беспристрастность и компетентность в заявленной области.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные функции органа по сертификации?
2. Какие функции выполняет координационный (управляющий) совет органа по сертификации?
3. В чем заключаются функции апелляционной комиссии и комиссии по сертификации органа по сертификации?
4. Чем определяется техническая компетентность органа по сертификации?
5. Перечислите документы, требуемые при заявке на аккредитацию органа по сертификации.
6. Назовите основные функции органа по сертификации персонала.
7. Каким критериям должна соответствовать испытательная лаборатория при проведении сертификации?
8. Назовите основные функции ответственного за испытательное оборудование в лаборатории.
9. Какие требования предъявляются к помещению испытательной лаборатории?
10. Что такое менеджмент образцов?
11. Перечислите основные этапы сертификационных испытаний. В чем заключается их содержание?
12. Какая информация должна быть отражена в протоколе испытаний?
13. Что такое проведение испытаний на условиях субподряда?
14. Какие группы нормативной документации должны быть в аккредитованной испытательной лаборатории?
15. Что такое Руководство по качеству?
16. Что такое аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий?
17. Перечислите этапы процесса аккредитации.
18. Каковы основные требования, предъявляемые к органу аккредитации?

Приложение I

Основные государственные законы, постановления Правительства, Государственные стандарты и нормативные документы в области метрологии, стандартизации и сертификации

1.1. Государственные законы и постановления Правительства Российской Федерации

Закон Российской Федерации "О защите прав потребителей" от 7 февраля 1992г. №2300-1

Закон Российской Федерации "Об обеспечении единства измерений" от 27 апреля 1993 г. № 4871-1

Закон Российской Федерации "О сертификации продукции и услуг" от 10 июня 1993г. №5151-1

Закон Российской Федерации "О стандартизации" от 10 июня 1993 г. № 5154-1

Федеральный закон "О внесении изменений и дополнений в Закон Российской Федерации "О сертификации продукции и услуг" от 31 июля 1998 г. № 154-ФЗ

Постановление Правительства РФ "Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг" от 12 февраля 1994 г. № 100

Постановление Правительства РФ "Об утверждении перечня продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии и ее регистрации" от 7 июля 1999 г. № 766

Постановление Госстандарта РФ "Общие правила по проведению аккредитации в Российской Федерации" от 31 мая 2000 г. № 150-ст

Распоряжение Правительства РФ "О программе демонополизации в сферах стандартизации, метрологии и сертификации" от 20 февраля 1995 г. № 225-р

1.2. Государственные, европейские и международные стандарты

ГОСТ 2.701—84 ЕСКД. Схемы, виды и типы. Общие требования к выполнению

ГОСТ 3.1103-84 ЕСТД. Основные положения

ГОСТ 8.009—84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений

ГОСТ 8.016—81 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения плоского угла

ГОСТ 8.019—85 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений тангенса угла потерь

ГОСТ 8.021—84 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная первичная схема для средств измерения массы

ГОСТ 8.022—91 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока

ГОСТ 8.023—90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения

ГОСТ 8.027—89 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электродвижущей силы и постоянного напряжения

ГОСТ 8.028—86 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрического сопротивления

ГОСТ 8.029—80 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений индуктивности

ГОСТ 8.050—73 ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений

ГОСТ 8.051—81 ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм

ГОСТ 8.057—80 ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения

ГОСТ 8.061—80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение

ГОСТ 8.065—85 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы

ГОСТ 8.109—83 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний

ГОСТ 8.129—99 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты

ГОСТ 8.132—74 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений силы тока 0,04—300 А в диапазоне 0,1—300 МГц

ГОСТ 8.144—75 ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции в диапазоне 0,05—2 Тл

ГОСТ 8.157—75 ГСИ. Шкалы температурные практические

ГОСТ 8.188—85 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции в диапазоне 0,1—10 Тл

ГОСТ 8.207—76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

ГОСТ 8.256—77 ГСИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерения. Основные положения

ГОСТ 8.268—77 ГСИ. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик магнитотвердых материалов

ГОСТ 8.310—90 ГСИ. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения

ГОСТ 8.315—97 ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения

ГОСТ 8.371—80 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости

ГОСТ 8.372—80 ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения

ГОСТ 8.377—80 ГСИ. Материалы магнитомягкие. Методики выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик

ГОСТ 8.381—80 ГСИ. Эталоны. Способы выражения погрешностей

ГОСТ 8.395—80 ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования

ГОСТ 8.401—80 ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования

ГОСТ 8.417—81 ГСИ. Единицы физических величин

ГОСТ 8.498—98 ГСИ. Государственный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений электрической добротности

ГОСТ 8.508—84 ГСИ. Метрологические характеристики средств измерения и точностные характеристики и Раздел III. СЕРТИФИКАЦИЯ Глава 13. Деятельность органов по сертификации и лабораторий средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля

ГОСТ 8.525—85 ГСИ. Установки высшей точности для воспроизведения единиц физических величин. Порядок разработки, аттестации, регистрации, хранения и применения

ГОСТ 8.532—85 ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Порядок межлабораторной аттестации

ГОСТ 5.558—93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения температуры

ГОСТ 12.0.003—74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.1 — ГОСТ 12.4. Серия системы стандартов безопасности труда (ССБТ)

ГОСТ 14.201—83 ЕСТПП. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия

ГОСТ 26.201.1—94. Система КАМАК. Организация и требования к магистрали

ГОСТ 27.002—89. Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ 1954—82. Меры электродвижущей силы. Элементы нормальные. Общие технические условия

ГОСТ 2875—88. Меры плоского угла призматические. Общие технические условия

ГОСТ 2789—73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики
ГОСТ 8026—92. Линейки поверочные. Технические условия
ГОСТ 8032—84. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел
ГОСТ 9038—90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия
ГОСТ 9378—93. Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия
ГОСТ 10905—86. Плиты поверочные и разметочные. Технические условия
ГОСТ 12635—67. Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 10 Гц до 1 МГц
ГОСТ 12636—67. Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 1 до 200 МГц
ГОСТ 12637—67. Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 200 до 2000 МГц
ГОСТ 12997—84. Изделия ГСП. Общие технические условия
ГОСТ 13033—84 ГСП. Приборы и средства автоматизации электрические аналоговые. Общие технические условия
ГОСТ 14014—91. Приборы и преобразователи измерительные цифровые напряжения, тока, сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний
ГОСТ 16465—70. Сигналы радиотехнические измерительные. Термины и определения
ГОСТ 16504—81. Система государственных испытаний продукции. Испытание и контроль качества продукции. Основные термины и определения
ГОСТ 17353—89. Примеры для измерений отклонений формы и расположения поверхностей вращения. Типы. Общие технические требования
ГОСТ 18242—72. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля
ГОСТ 18353—79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов
ГОСТ 20504—81. Система унифицированных типовых конструкций агрегатных комплексов ГСП. Типы и основные размеры
ГОСТ 20906—75. Средства измерений магнитных величин. Термины и определения
ГОСТ 22261—94. Средства измерения электрических и магнитных величин. Общие технические условия
ГОСТ 22315—77. Средства агрегатные информационно-измерительных систем. Общие положения
ГОСТ 23217—78. Приборы электроизмерительные аналоговые с непосредственным отсчетом. Наносимые условные обозначения
ГОСТ 24026—80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения
ГОСТ 24289—80. Контроль неразрушающий вихретоковый. Термины и определения
ГОСТ 24450—80. Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения
ГОСТ 24555—81. Система государственных испытаний продукции. Порядок аттестации испытательного оборудования. Основные положения
ГОСТ 24642—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски форм и расположения поверхностей. Числовые значения
ГОСТ 24855—81. Преобразователи измерительные тока, напряжения, мощности, частоты, сопротивления аналоговые. Общие технические условия
ГОСТ 25346—89. Основные нормы взаимозаменяемости, ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений
ГОСТ 25347—82. Основные нормы взаимозаменяемости, ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки
ГОСТ 25348—82. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм
ГОСТ 25670—83. Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками
ГОСТ Р 1.0-92 ГСС. Основные положения
ГОСТ Р 1.2—92 ГСС. Порядок разработки государственных стандартов
ГОСТ Р 1.4—93 ГСС. Стандарты отраслей, предприятий, научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения
ГОСТ Р 1.10—95 ГСС. Порядок разработки, применения, регистрации правил и рекомендаций по стандартизации, метрологии и сертификации и информации о них
ГОСТ Р 1.12—99. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандартизация и смежные виды деятельности. Термины и определения
ГОСТ Р 22.2.04—94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила
ГОСТ Р 8.561—95 ГСИ. Метрологическое обеспечение банковских технологий
ГОСТ Р 8.563—96 ГСИ. Методики выполнения измерений
ГОСТ Р 8.565—96 ГСИ. Метрологическое обеспечение эксплуатации атомных станций. Основные положения
ГОСТ 8.568—97 ГСИ. Аттестация испытательного оборудования
ГОСТ Р 50460—92. Знак соответствия при обязательной сертификации. Форма, размеры и технические требования
ГОСТ Р 50646—94. Услуги населению. Термины и определения

ГОСТ Р 50779.42—99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта (ИСО 8258-91)
ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000. Общие требования к компетенции испытательных и калибровочных лабораторий (взамен ГОСТ Р 51000.3—96 с 07.07.2000)
ГОСТ Р 51000.4—96. Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий
ГОСТ Р ИСО/МЭК 65—2000. Общие требования к органам, действующим в системе сертификации продукции (взамен ГОСТ Р 51000.5—96 с 07.07.2000)
ГОСТ Р 51000.6—96. Общие требования к аккредитации органов по сертификации продукции и услуг
ГОСТ Р 51000.9—97. Общие критерии для органов, проводящих сертификацию персонала
ГОСТ Р ИСО 10011—93. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 1. Проверка
ГОСТ Р ИСО 10011—93. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 2. Квалификационные критерии для экспертов
ГОСТ Р ИСО 10011—93. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 3. Руководство программой проверок
ГОСТ Р 40.002—2000. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения
ГОСТ Р 40.003—2000. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации систем качества и сертификации производств
ГОСТ Р 40.005—2000. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Инспекционный контроль сертифицированных систем качества и производств
ГОСТ Р ИСО 14001—98. Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению
ГОСТ Р ИСО 14004—98. Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания к принципам, системам и средствам обеспечения функционирования
ГОСТ Р ИСО 14010—98. Руководящие указания по экологическому аудиту. Основные принципы
ГОСТ Р ИСО 14011—98. Руководящие указания по экологическому аудиту. Процедуры аудита. Проведение аудита систем управления окружающей средой
ГОСТ Р ИСО 14012—98. Руководящие указания по экологическому аудиту. Квалификационные критерии для аудиторов в области экологии
ГОСТ Р ИСО 14040—99. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принцип и структура
ГОСТ Р ИСО 14050—99. Управление окружающей средой. Словарь
EN 29000. Серия европейских стандартов - аналог серии ИСО 9000
ЕБ 45001. Общие требования к деятельности испытательных лабораторий
EN 45002. Общие требования при оценке (аттестации) испытательных лабораторий
EN 45003. Общие требования к органам по аккредитации лабораторий
EN 45010. Общие требования к оценке и аккредитации органов по сертификации (проект)
EM 45011. Общие требования к органам по сертификации, проводящим сертификацию продукции
EN 45012. Общие требования к органам по сертификации, проводящим сертификацию систем обеспечения качества
EN 45013. Общие требования к органам по сертификации, проводящим аттестацию персонала
ИСО 1000. Единицы СИ и рекомендации для использования их дольных, кратных и других единиц
ИСО 9000:1994. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Четыре части:
ИСО 9000—1:1994. Часть 1. Руководящие указания по выбору и применению
ИСО 9000—2:1994. Часть 2. Общие руководящие указания по применению ИСО 9001, ИСО 9002 и ИСО 9003
ИСО 9000—3:1994. Часть 3. Руководящие указания по применению ИСО 9001 при разработке, поставке и обслуживанию программного обеспечения
ИСО 9000—4:1994. Часть 4. Руководство по управлению программой надежности
ИСО 9001:1994. Системы качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании (Российский аналог ГОСТ Р ИСО 9001—96)
ИСО 9002:1994. Системы качества. Модель обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании (Российский аналог ГОСТ Р ИСО 9002-96)
ИСО 9003:1994. Общие требования к системе качества предприятия при окончательном контроле и испытаниях
ИСО 9004.2:1994. Общее руководство качеством и элементы системы качества. Руководящие указания по услугам
ИСО 9000:2000. Системы менеджмента качества. Основы и словарь
ИСО 9001:2000. Системы менеджмента качества. Требования
ИСО 9004:2000. Системы менеджмента качества. Руководящие указания по улучшению деятельности
ИСО 10012—1. Требования, гарантирующие качество измерительного оборудования
ИСО 10013. Руководящие указания по разработке руководств по качеству
ИСО 14020:1998. Экологическая маркировка и декларация. Основные принципы
ИСО 14021:1998. Экологическая маркировка и декларация. Декларация об окружающей среде
ИСО 14024:1998. Экологическая маркировка и декларация. Экологическая маркировка 1-го типа. Принципы и процедура
ИСО 14031:1996. Управление окружающей средой. Оценка окружающей среды. Руководящие указания
ИСО 14041:1998. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели и области

ИСО 14042:1998. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Оценка воздействий
ИСО 14043:1999. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация
ИСО/МЭК 2. Стандартизация и смежные виды деятельности — Общий словарь (термины и определения в области стандартизации, сертификации и управления качеством), 1996
ИСО/МЭК 7. Руководящие указания по разработке стандартов, предназначенных для подтверждения соответствия, 1995
ИСО/МЭК 22. Общие требования к декларации соответствия поставщика, 1996
ИСО/МЭК 25. Общие требования к оценке технической компетентности испытательных лабораторий
ИСО/МЭК 28. Общие правила для моделей системы сертификации продукции третьей стороной
ИСО/МЭК 38. Общие требования к приемке испытательных лабораторий
ИСО/МЭК 40. Общие требования по приемке органов сертификации
ИСО/МЭК 43. Организация и проведение проверок на компетентность
ИСО/МЭК 45. Руководящие положения по представлению результатов испытаний
ИСО/МЭК 49. Руководящие положения по разработке "Руководства по качеству" для испытательных лабораторий
ИСО/МЭК 55. Система аккредитации испытательных лабораторий. Общие рекомендации по руководству действием систем
ИСО/МЭК 60. Правила практической деятельности по подтверждению соответствия, 1995
ИСО/МЭК 61. Общие требования к оценке и аккредитации органов по сертификации и регистрации, 1996
ИСО/МЭК 62. Общие требования к органам, осуществляющим оценку и сертификацию систем качества, 1996
{5 9000. Требования к системам качества

1.3. Инструкции

МИ 81—76. Методика планирования наблюдений и оценки показателей надежности
МИ 83—76. Методика определения параметров поверочных схем
МИ 187—86. Методика. Критерии качества поверки средств измерений
МИ 188—86. Методика установления допускаемой погрешности поверки средств измерений
МИ 222—80. Методика расчета метрологических характеристик измерительных каналов информационно-измерительных систем по метрологическим характеристикам компонентов
МИ 641—84. Расчет значений критериев качества поверки средств измерений методами программного моделирования
МИ 1202—86 ГСП. Приборы и преобразователи измерительные напряжения, тока и сопротивления цифровые. Общие требования к методике поверки
МИ 1314—86 ГСИ. Порядок проведения метрологической экспертизы технических заданий на разработку средств измерений
МИ 1317—86. Результаты и характеристики погрешностей измерений. Форма представления. Способы использования при испытании образцов продукции и контроля их параметров
МИ 1552—86 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей результатов измерений
МИ 1604—87 ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные. Общие требования к методикам поверки
МИ 1872—88 ГСИ. Межповерочные интервалы образцовых средств измерений. Методика определения и корректировки
МИ 1888—88 ГСИ. Нормальные условия измерений в гибких производственных системах
МИ 1935—88 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот Б(П -3-10⁷Гц
МИ 1949—88 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений угла фазового сдвига между двумя электрическими напряжениями в диапазоне частот 1-10⁻²—2·10⁷ Гц
МИ 1951—89 ГСИ. Динамические измерения. Термины и определения
МИ 1967—89 ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения
МИ 2005—89 ГСИ. Порядок проведения работ по взаимному признанию государственных испытаний и поверки средств измерений
МИ 2060—90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения длины в диапазоне МО⁶...50 м и длин волн в диапазоне 0,2...50 мкм
МИ 2083—90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей
МИ 2090—99 ГСИ. Определение динамических характеристик линейных аналоговых средств измерений с сосредоточенными параметрами. Общие положения
МИ 2091—90 ГСИ. Измерения физических величин. Общие требования
МИ 2097—90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической емкости в диапазоне частот 1 — 100 МГц
МИ 2146—98 ГСИ. Порядок разработки и требования к содержанию программ испытаний средств измерений для целей утверждения их типа
МИ 2168—91 ГСИ. ИИС. Методика расчета метрологических характеристик измерительных каналов по метрологическим характеристикам линейных аналоговых компонентов

МИ 2174—91 ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения

МИ 2175—91 ГСИ. Градуировочные характеристики средств измерений. Методы построения, оценивание погрешностей

МИ 2177—91. Измерения и измерительный контроль. Сведения о погрешностях измерений в конструкторской и технической документации

МИ 2187—92 ГСИ. Межповерочные и межкалибровочные интервалы средств измерений. Методика определения

МИ 2230—92 ГСИ. Методика количественного обоснования поверочных схем при их разработке

МИ 2232—2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации

МИ 2233—2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Основные положения

МИ 2240—98 ГСИ. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии, в организации, объединении. Методика и порядок проведения работы

МИ 2246—93 ГСИ. Погрешности измерений. Обозначения

МИ 2258—93 ГСИ. Стандартные образцы. Оценивание метрологических характеристик с использованием эталонов и образцовых средств измерений

МИ 2266—2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Создание и использование баз данных о метрологических характеристиках средств измерений

МИ 2267—2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации

МИ 2273—93 ГСИ. Области использования средств измерений, подлежащих поверке

МИ 2284—94 ГСИ. Документация поверочных лабораторий

МИ 2301—2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений

МИ 2304—94 ГСИ. Метрологический контроль и надзор, осуществляемые метрологическими службами юридических лиц

МИ 2307—94 ГСИ. Программа и методика ускоренных испытаний с целью подтверждения межповерочных интервалов

МИ 2322—99 ГСИ. Типовые нормы времени на поверку средств измерений

МИ 2365—96 ГСИ. Шкалы измерений. Основные положения. Термины и определения

МИ 2377—98 ГСИ. Разработка и аттестация методик выполнения измерений

МИ 2378—96 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитных потерь в магнитомягких материалах в диапазоне частот от 50 до $2 \cdot 10^5$ Гц

МИ 2427—97 ГСИ. Оценка состояния измерений в измерительных и испытательных лабораториях

МИ 2455—98 ГСИ. Основные требования к метрологическому обеспечению при предоставлении услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств (АМТС)

МИ 2492—98 ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на техническую компетентность в осуществлении метрологического надзора

МИ 2500—98 ГСИ. Основные положения метрологического обеспечения на малых предприятиях

1.4. Правила

ПМГ 04—94. Порядок распространения межгосударственных стандартов и нормативной документации Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации

ПМГ 05—94. Порядок взаимодействия национальных органов по стандартизации по осуществлению переводов межгосударственных, международных и зарубежных стандартов

ПМГ 18—96. Межгосударственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты

ППБ 01—93. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации

ПР 50—732—93 ГСИ. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц

ПР 50.2.002—94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованных методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм

ПР 50.2.003—94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического контроля за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций

ПР 50.2.004—94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического контроля за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже

ПР 50.2.005—94 ГСИ. Порядок лицензирования деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений

ПР 50.2.006—94 ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения

ПР 50.2.007—94 ГСИ. Поверительные клейма

ПР 50.2.008—94 ГСИ. Порядок аккредитации головных и базовых организаций метрологической службы государственных органов управления Российской Федерации и объединений юридических лиц

ПР 50.2.009—94 ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средства измерений

- ПР 50.2.010—94 ГСИ. Требования к государственным центрам испытаний средств измерений и порядок их аккредитации
- ПР 50.2.011—94 ГСИ. Порядок ведения Государственного реестра средств измерений
- ПР 50.2.012—94 ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений
- ПР 50.2.013—94 ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов
- ПР 50.2.014—94 ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений
- ПР 50.2.016—94 ГСИ. Российская система калибровки. Требования к выполнению калибровочных работ
- ПР 50.2.017—94 ГСИ. Положение о Российской системе калибровки
- ПР 50.2.018—95 ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ
- ПР 50.2.020—96 ГСИ. Порядок ведения Государственного реестра утвержденных типов стандартных образцов
- ПР РСК 001—95 ГСИ. Порядок регистрации государственных научных метрологических центров и органов Государственной метрологической службы в качестве аккредитирующих органов в Российской системе калибровки
- ПР РСК 002—95 ГСИ. Калибровочные клейма
- ПР РСК 003—98. Порядок осуществления инспекционного контроля за соблюдением аккредитованными метрологическими службами требований к проведению калибровочных работ
- ПР 50.3.001—96. Оплата работ по сертификации продукции и услуг
- 1.5. Рекомендации и руководящие документы**
- РМГ 29—99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации ГСИ. Метрология. Основные термины и определения (взамен ГОСТ 16263-70)
- Р РСК 001—95. Типовое положение о калибровочной лаборатории
- Р 50.4.001—96. Порядок проведения работ по аккредитации органов по сертификации испытательных и измерительных лабораторий
- Р 50—601—24—92. Рекомендации. Выбор номенклатуры показателей безопасности продукции, подлежащей сертификации
- Р 50—601—25—92. Рекомендации. Выбор номенклатуры показателей экологичности продукции, подлежащей сертификации
- Р 50—601—34—93. Рекомендации. Формирование требований к продукции в нормативных документах, используемых для целей сертификации
- Р 50—601—41—94. Рекомендации. Организация работ на предприятии (в рамках системы качества) по подготовке к сертификации продукции
- Р 50—601—42—94. Рекомендации. Разработка и аттестация методик испытаний для целей сертификации
- Р 50—601—43—94. Рекомендации по инспекционному контролю за сертифицированной продукцией
- Р 50.1.005—95. Государственный надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов при оказании услуг и за сертифицированными услугами
- Р 50.1.008—95. Организация и проведение работ по международной стандартизации в Российской Федерации
- Р 50.1.009—96. Порядок рассмотрения органами Госстандарта России дел об административных правонарушениях
- Р 50.1.018—98. Обеспечение стабильности технологических процессов в системах качества по моделям стандартов ИСО серии 9000. Контрольные карты Шухарта
- Р 50.3.002—95. Общий порядок обращения с образцами, используемыми при проведении обязательной сертификации продукции
- РД 50—160—79. Внедрение и применение ГОСТ 8.417—81 ГСИ. Единицы физических величин
- РД 50—453—84. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета
- РД 50—598—86. Временное положение о сертификации продукции машиностроения в СССР
- РД 50—660—88 ГСИ. Документы на методики средств измерений

Приложение 2

НОМЕНКЛАТУРА

**продукции и услуг (работ), в отношении которых
законодательными актами Российской Федерации
предусмотрена их обязательная сертификация**

Введена в действие с 1 октября 1998 г. постановлением Госстандарта России от 23 февраля 1998 г. № 5 (приведена с учетом последующих изменений)

Номер группы

Вид продукции и услуг

ТОВАРЫ ДЛЯ ЛИЧНЫХ (БЫТОВЫХ) НУЖД _____ ГРАЖДАНИНА И ПРОДУКЦИЯ _____

- 01 Электроэнергия, теплоэнергия, вода, лед, холод
- 02 Нефть, нефтепродукты, газ

12	Металлоизделия промышленного назначения (метизы)	
14	Металлопродукция прочая и некондиционная	
16	Крепежные изделия машиностроительного применения	
18	Прокат цветных металлов	
19	Продукция электродной и твердосплавной промышленности,	изделия из цветных металлов
21	Продукция неорганической химии, сырье горнохимическое и	удобрения
22	Полимеры, пластические массы, химические волокна и каучуки	
23	Материалы лакокрасочные, полуфабрикаты, кино-, фото- и бытовой химии	магнитные материалы и товары
24	Продукция органического синтеза, синтетические красители и продукция	нефте-, коксо-, лесохимическая
25	Продукция резинотехническая и асбестовая	
31	Продукция тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения	машиностроения
33	Машины электрические	
34	Оборудование и материалы электротехнические	
35	Продукция кабельная	
36	Продукция химического и нефтяного машиностроения	
37	Арматура промышленная трубопроводная	
38	Оборудование металлообрабатывающее и деревообрабатывающее	валяющее
39	Инструмент, технологическая оснастка, абразивные материалы	
40	Вычислительная техника	
41	Продукция общемашиностроительного применения	
42	Приборы и средства автоматизации общепромышленного назначения	
43	Приборы и средства автоматизации специализированного назначения	
44	Приборы и аппаратура оптические	
45	Изделия автомобильной промышленности	
46	Подшипники качения	
47	Тракторы и сельскохозяйственные машины	
48	Продукция строительного, дорожного и коммунального машиностроения	
49	Оборудование санитарно-техническое (кроме оборудования для вентиляции и кондиционирования), замочные и скобяные изделия	
51	Оборудование технологическое для легкой и пищевой промышленности и бытовые приборы	
53	Продукция лесозаготовительной и лесопильно-деревообрабатывающей промышленности	
54	Продукция целлюлозно-бумажной промышленности	
55	Продукция фанерного производства, плиты, спички	
56	Мебель	
57	Материалы строительные, кроме сборных железобетонных конструкций и деталей	
59	Изделия из стекла, фарфора и фаянса	
63	Электронная техника, кроме резисторов и конденсаторов	
64	Судовое оборудование	
65	Средства радиосвязи, радиовещания и телевидения	
66	Средства проводной связи и аппаратура радиосвязи оконечная и промежуточная	
68	Средства радионавигации	
69	Техника атомная	
71	Оружие огнестрельное	
72	Взрывные устройства и взрывчатые вещества народнохозяйственного назначения	
74	Суда	
81	Продукция текстильной промышленности (без пряжи, тканей, нетканых материалов и трикотажных изделий)	
83	Продукция текстильной промышленности — ткани готовые и материалы	
84	Продукция трикотажной промышленности	
85	Изделия швейные (кроме изделий, изготовленных по индивидуальным заказам населения и заказам министерств и ведомств)	
87	Продукция промышленности искусственных кож и пленочных материалов, изделия кожгалантерейные и шорно-седельные из всех видов кож	
88	Обувь кожаная	
89	Меха, меховые и овчинно-шубные изделия	
91	Продукция пищевой промышленности	
92	Продукция мясной, молочной, рыбной, мукомольно-крупяной, комбикормовой и микробиологической промышленности	
93		
94 96		
97	Медикаменты, химико-фармацевтическая продукция и продукция медицинского назначения Медицинская техника	
	Изделия культурно-бытового, хозяйственного, учебного назначения, театрално-зрелищных предприятий, вспомогательные для легкой промышленности	
	Продукция растениеводства сельского и лесного хозяйства	Продукция животноводства
	<i>УСЛУГИ (РАБОТЫ) ДЛЯ ЛИЧНЫХ (БЫТОВЫХ) НУЖД</i>	

*ГРАЖДАНИНА И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
НУЖД*

013

015 017

021 060 122 041

Ремонт и техническое обслуживание бытовой радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых машин и приборов

Химическая чистка и крашение

Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств

Услуги пассажирского транспорта

Туристские услуги

Услуги общественного питания

Жилищные услуги, услуги коммунальных гостиниц и прочих

коммунальных мест проживания

**Форма аттестата аккредитации
(система сертификации ГОСТ Р)**

	СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
	ГОССТАНДАРТ РОССИИ №
АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ	
№ _____	
Действителен до " _ " _____ 200__ г.	
НАСТОЯЩИЙ АТТЕСТАТ УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО _____ Наименование испытательной	
_____ лаборатории (центра), _____ адрес	

АККРЕДИТОВАНА В КАЧЕСТВЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ _____	
Область аккредитации определена приложением к настоящему аттестату.	
Заместитель председателя Госстандарта России	

подпись инициалы, фамилия	
Зарегистрирован в Государственном реестре	
Место гербовой печати	" _ " _____ 200__ г.

Форма сертификата соответствия на продукцию
(система сертификации ГОСТ Р)

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р



СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№.....

Срок действия с..... по.....

№.....

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ

УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО ДОЛЖНЫМ ОБРАЗОМ ИДЕНТИФИЦИРОВАННАЯ ЗАЯВИТЕЛЕМ
ПРОДУКЦИЯ

код К-ОКП

ИЗГОТОВИТЕЛЬ (ПРОДАВЕЦ)

код ТН ВЭД

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН НА ОСНОВАНИИ

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Руководитель органа

подпись

инициалы, фамилия

М.П.

Эксперт

подпись

инициалы, фамилия

Сертификат имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации

Примерная форма протокола испытаний

Испытательная лаборатория _____
 Регистрационный номер РОСС RU _____
 Юридический адрес _____

Регистрационный номер пробы (образца) _____

**ПРОТОКОЛ
 испытания проб (образцов)**

от _____ 200__ г.

ЗАЯВИТЕЛЬ _____

Наименование пробы (образца) _____
 Дата выработки _____
 Изготовитель _____
 Величина партии _____
 Дата получения образца _____
 Дата и место отбора проб _____
 Дата проведения испытаний _____
 Дополнительная информация _____

Проба (образец) испытана на соответствие _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

№ п/п	Наименование показателей	Результат испытаний	Нормируемые показатели	НД на методы испытаний
1				
2				
3				

Испытание провели:

(подпись)

(Ф.И.О.)

Результаты испытаний распространяются только на исследуемые образцы. Исправления в протоколе не допускаются.

Библиография

1. *Актуальные проблемы метрологии в радиоэлектронике* / Под ред. В.К. Коробова. М.: Изд-во стандартов, 1995.
2. *Артемьев Б.Г., Голубев С.М.* Справочное пособие для работников метрологических служб. В 2-х кн. Кн. 1 и 2. М.: Изд-во стандартов, 1990.
3. *Балабанов А.Н.* Контроль технической документации. М.: Машиностроение, 1988.
4. *Блохин Ю.И.* Классификация и кодирование технико-экономической информации. М.: Экономика, 1976.
5. *Бурдун Г.Д.* Справочник по международной системе единиц. М.: Изд-во стандартов, 1977.
6. *Версан В.Г.* Правильно ли выбран путь развития Российской сертификации // *Стандарты и качество*. 1997. № 3. С. 66—70.
7. *Воробьева Т.Н.* О стандартизации услуг // *Стандарты и качество*. 1998. № 1. С. 30-34.
8. *Вострокнутов Н.Н.* Цифровые измерительные устройства. М.: Изд-во стандартов, 1990.
9. *Государственная приемка продукции* / И.И. Исаев и др. М.: Изд-во стандартов, 1988.
10. *Грановский В.А.* Динамические измерения. Л.: Машиностроение, 1984.
11. *Допуски посадки. Справочник* // Под ред. В.Д. Мягкова. М.: Машиностроение, 1982.
12. *Екимов А.В., Ревяков М.И.* Надежность средств электроизмерительной техники. Л.: Энергоатомиздат, 1986.
13. *Журавлев Л.Г., Маринейко М.А., Семенов Е.И., Цветков Э.И.* Методы электрических измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1990.
14. *Земельман М.А.* Метрологические основы технических измерений. М.: Изд-во стандартов, 1991.
15. *Камке Д., Крамер К.* Физические основы единиц измерений. М.: Мир, 1980.
16. *Комментарий к общему порядку обращения с образцами, используемыми при проведении обязательной сертификации продукции.* М.: ВНИИС, 1996.
17. *Комментарий. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации систем качества.* М.: ВНИИС, 1996.
18. *Крецуц В.В.* Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. М.: Изд-во стандартов, 1989.
19. *Крылова Г.Д.* Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998.
20. *Куприянов Е.М.* Стандартизация и качество промышленной продукции. М.: Высшая школа, 1991.
21. *Кураков Л.П.* Метрология, стандартизация, сертификация (Терминологический словарь-справочник). М.: Изд-во стандартов, 1997.
22. *Латидус Е.А.* Стандарт р\$ 9000. Что это такое и как к нему относиться? // *Стандарты и качество*. 1996. № 12. С. 51—55.
23. *Литвинов О.В.* Знаки соответствия в России // *Стандарты и качество*. 1998. № 2. С. 73-76.
24. *Менеджмент систем качества. Учеб. пособие* / М.Г. Круглое, С.К. Сергеев, В.А. Такташов и др. М.: Изд-во стандартов, 1997.
25. *Модульная концепция подготовки специалистов. Аккредитация и сертификация.* М.: Ассоциация "ВУЗСЕРТИНГ", 1996.
26. *Марков Н.Н.* Взаимозаменяемость и технические измерения. М.: Изд-во стандартов, 1983.
27. *Москалев Л. И., Медведев А. М.* Международные и региональные организации по стандартизации и качеству: Справочник. М.: Изд-во стандартов, 1990.
28. *Новицкий П.В., Зограф И.А.* Оценка погрешности результатов измерений. М.: Энергоатомиздат, 1985.
29. *Новицкий П.В., Зограф И.А., Лабунец В.С.* Динамика погрешностей средств измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1990.
30. *Нормирование и использование метрологических характеристик и средств измерений.* М.: Изд-во стандартов, 1985.
31. *Основные термины в области метрологии: Словарь-справочник* / Под ред. Ю.В. Тарбеева. М.: Изд-во стандартов, 1989.
32. *Основы стандартизации в машиностроении* / Под ред. В.В. Бойцова. М.: Изд-во стандартов, 1983.
33. *Плеханов В.И.* Регистр систем качества и его нормативно-методическая база // *Стандарты и качество*. 1996. № 10. С. 29—32.
34. *Подлепа С.А., Пашков Е.В.* Системы экологического управления на базе стандартов ИСО серии 14000. Некоторые проблемы разработки и внедрения // *Стандарты и качество*. 1998. № 5. С. 78—82.
35. *Проликов А.О.* Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978.
36. *Рабинович С.Г.* Погрешность измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1978.
37. *Рейх Н.Н., Тупиченков А.А., Цейтлин В.Г.* Метрологическое обеспечение производства / Под ред. Л.К. Исаева. М.: Изд-во стандартов, 1987.
38. *Рубичев Н.А., Фрумкин В.Д.* Достоверность допускового контроля качества. М.: Изд-во стандартов, 1990.
39. *Рудзит Я.А., Плуталов В.Н.* Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. М.: Машиностроение, 1991.
40. *Ряполов А.Ф.* Сертификация. Методология и практика. М.: Изд-во стандартов, 1987.
41. *Сена Л.А.* Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1988.

42. *Сергеев А.Г.* Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1988.
43. *Сергеев А.Г.* Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем. М.: Изд-во МГОУ А/О "Росвузнаука", 1994.
44. *Сергеев А.Г., Латышев М.В.* Сертификация. М.: Логос, 1999.
45. *Сергеев А.Г., Латышев М.В.* Сертификация. Карманная энциклопедия студента. М.: Логос, 2001.
46. *Сергеев А.Г., Крохин В.В.* Метрология. М.: Логос, 2000.
47. *Сергеев А.Г., Крохин В.В.* Метрология. Карманная энциклопедия студента. М.: Логос, 2001.
48. *Сергеев А.Г., Терегеря В.В.* Стандартизация. Карманная энциклопедия студента. М.: Логос, 2001.
49. *Студенцов Н.В.* Системы единиц и фундаментальные константы // Измерительная техника. 1997. № 3. С. 3—7.
50. *Тербеев Ю.В.* Эталоны России // Измерительная техника. 1995. № 6. С. 67-69.
51. *Тюрин Н.И.* Введение в метрологию. М.: Изд-во стандартов, 1985.
52. *Фридман А.Э.* Оценка метрологической надежности измерительных приборов и многозначных мер // Измерительная техника. 1993. №5. С. 7-10.
53. *Фрумкин В.Д., Рубичев Н.А.* Теория вероятностей и статистика в метрологии и измерительной технике. М.: Наука, 1987.
54. *Шаповалов Е.А.* Акустический метод измерения универсальной газовой постоянной и постоянной Больцмана // Измерительная техника. 1994. № 8. С. 5-7.
55. *Шлыков Г.П.* Аппаратурное определение погрешностей цифровых приборов. М.: Энергия, 1984.
56. *Яворский Б.М., Детлаф А.А.* Справочник по физике. М.: Наука, 1985.
57. *Якушев А. И., Воронов Л.И., Федотов Н.М.* Взаимозаменяемость, стандартизация и измерительная техника. М.: Машиностроение, 1986.

Учебное издание

Сергеев Алексей Георгиевич

Латышев Михаил Владимирович

Терегеря Владимир Васильевич

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ

Учебное пособие

Редактор Л.И. Кузнецова

Переплет А.М. Ефремова

Компьютерная верстка И.В. Рощиной

Корректор О.Н. Картамышева

Изд. лиц. ИД № 01670 от 24.04.2000

Подписано в печать 24.10.2002. Формат 60x90/16 Печать офсетная. Печ. л. 33,5. Тираж 5000 экз. Заказ № 2902

Издательско-книготорговый дом «Логос» 105318, Москва, Измайловское ш., 4

Отпечатано во ФГУП ИПК «Ульяновский Дом печати» 432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

I-----

По вопросам приобретения литературы

обращаться по адресу:

105318, Москва, Измайловское ш., 4

• Тел./факс: (095) 369-5819, 369-5668, 369-7727

Электронная почта: ishueg511a5@ta.ru

I Интернет-магазин «Университетская книга»

I <http://lpu.u.sba1.ru/~ishueg8ia5/> | Корпоративный пейджер: (095) 956-1956 (аб. 55032) | I-----

-----I