

А. Г. Сергеев, В. В. Терегера

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРОВ

2–е издание, переработанное и дополненное

*Допущено Учебно–методическим объединением в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 200501 (190800) «Метрология и метрологическое обеспечение» (специалист), 200503 (072000) «Стандартизация и сертификация» (специалист), 220501 (340100) «Управление качеством» (специалист), 200102 (190200) «Приборы и методы контроля качества и диагностики» (специалист), 653800 «Стандартизация, сертификация и метрология» (специалист), 657000 «Управление качеством» (специалист), 220200 (550200) «Автоматизация и управление» (бакалавр), 200400 (552200) «Метрология, стандартизация и сертификация» (бакалавр)*

Москва • Юрайт • 2013

УДК 006  
ББК (30.10/30ц)я73  
С32

**Сергеев, А. Г.**

С32 Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для бакалавров / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт ; ИД Юрайт, 2013. — 838 с. — Серия: Бакалавр. Углубленный курс.

ISBN 978-5-9916-1954-7 (Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-9692-1356-2 (ИД Юрайт)

Изложены научно-технические, нормативно-методические и организационные основы метрологии, стандартизации и сертификации продукции и услуг. Материал увязан с действующими нормативными документами: Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и комплексом стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Раскрыты характеристики средств измерений, принципы техники измерений, методы достижения единства измерений и метрологического обеспечения с учетом современных требований стандартизации. Особое внимание уделено вопросам оценки и подтверждения соответствия и роли сертификации в различных отраслях экономики страны.

С целью гармонизации работ в области метрологии, стандартизации и сертификации подробно рассмотрены методология и практика сертификации за рубежом.

Приведено большое число примеров и справочных данных в виде таблиц и диаграмм.

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования третьего поколения.

*Для студентов высших учебных заведений. Может быть использовано в учебном процессе вузов по широкому кругу направлений и инженерных специальностей при изучении метрологии и технических измерений. Представляет интерес для аспирантов и специалистов служб метрологии, стандартизации и сертификации.*

УДК 006  
ББК (30.10/30ц)я73

ISBN 978-5-9916-1954-7  
(Издательство Юрайт)  
ISBN 978-5-9692-1356-2  
(ИД Юрайт)

© Сергеев А. Г., Терегеря В. В., 2010  
© Сергеев А. Г., Терегеря В. В., 2012,  
с изменениями  
© ООО «ИД Юрайт», 2013

# Оглавление

Предисловие .....	11
<b>Раздел I. Метрология и метрологическое обеспечение</b>	
<b>Глава 1. Основные понятия и термины метрологии. Воспроизведение единиц физических величин и единство измерений .....</b>	<b>16</b>
1.1. Физические свойства, величины и шкалы .....	16
1.2. Системы физических величин .....	21
1.3. Международная система единиц и фундаментальные физические константы .....	29
1.4. Воспроизведение единиц физических величин.....	34
1.5. Эталоны единиц СИ .....	41
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	46
<b>Глава 2. Основы техники измерений параметров технических систем .....</b>	<b>48</b>
2.1. Модель измерения и основные постулаты метрологии.....	48
2.2. Виды и методы измерений.....	50
2.3. Погрешности измерений .....	55
2.4. Нормирование погрешностей и формы представления результатов измерений .....	64
2.5. Внесение поправок в результаты измерений.....	66
2.6. Оценка неисключенной составляющей систематической погрешности измерений .....	69
2.7. Выявление и исключение грубых погрешностей (промахов) .....	71
2.8. Качество измерений .....	72

2.9. Методы обработки результатов измерений.....	81
2.9.1. Многократные прямые равноточные измерения.....	81
2.9.2. Неравноточные измерения.....	82
2.9.3. Однократные измерения.....	82
2.9.4. Косвенные измерения.....	87
2.9.5. Совместные и совокупные измерения.....	94
2.10. Динамические измерения и динамические погрешности.....	94
2.10.1. Характеристика динамических измерений.....	94
2.10.2. Динамические измерения и погрешности детерминированных линейных измерительных цепей.....	97
2.10.3. Динамические погрешности случайных процессов.....	102
2.11. Суммирование погрешностей.....	105
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	114
<b>Глава 3. Нормирование метрологических характеристик средств измерений.....</b>	<b>115</b>
3.1. Виды средств измерений.....	115
3.2. Метрологические характеристики средств измерений.....	118
3.3. Классы точности средств измерений.....	131
3.4. Расчет погрешности измерительной системы.....	139
3.5. Метрологические характеристики цифровых средств измерений.....	143
3.5.1. Общие положения.....	143
3.5.2. Статические погрешности цифровых средств измерений.....	145
3.6. Нормирование динамических погрешностей средств измерений.....	159
3.7. Точность и неопределенность измерений.....	165
3.7.1. Основные понятия и определения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725-1—6—2002.....	165
3.7.2. Концепция погрешности и неопределенности измерений.....	175
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	188

---

<b>Глава 4. Метрологическая надежность средств измерений</b> .....	<b>189</b>
4.1. Основные понятия теории метрологической надежности .....	189
4.2. Изменение метрологических характеристик СИ в процессе эксплуатации .....	192
4.3. Математические модели изменения во времени погрешности средств измерений .....	195
4.3.1. Линейная модель изменения погрешности	195
4.3.2. Экспоненциальная модель изменения погрешности .....	198
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	201
<b>Глава 5. Выбор средств измерений</b> .....	<b>203</b>
5.1. Общие положения. Понятие об испытании и контроле .....	203
5.2. Принципы выбора средств измерений .....	212
5.2.1. Выбор СИ по коэффициенту уточнения.....	212
5.2.2. Выбор СИ по принципу безошибочности контроля .....	216
5.2.3. Выбор СИ с учетом безошибочности контроля и его стоимости .....	217
5.2.4. Выбор СИ по технико-экономическим показателям .....	225
5.3. Выбор СИ при динамических измерениях.....	231
5.4. Выбор ЦСИ по метрологическим характеристикам .....	242
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	248
<b>Глава 6. Техническое регулирование и метрологическое обеспечение</b> .....	<b>249</b>
6.1. Общие положения и принципы технического регулирования .....	249
6.2. Основы метрологического обеспечения .....	253
6.3. Нормативно-правовые основы метрологии .....	256
6.4. Метрологические органы, службы и организации	261
6.4.1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии и подведомственные службы .....	261

6.4.2. Государственная метрологическая служба...	266
6.4.3. Метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц.....	270
6.4.4. Международные метрологические организации.....	279
6.5. Государственный метрологический контроль и надзор.....	281
6.5.1. Контроль и надзор за соблюдением требований технических регламентов.....	281
6.5.2. Государственный метрологический контроль. Испытания для утверждения типа СИ.....	289
6.5.3. Характеристика государственного метрологического надзора.....	296
6.6. Поверка средств измерений.....	298
6.6.1. Организация и проведение поверок СИ.....	298
6.6.2. Построение поверочных схем.....	309
6.6.3. Оптимизация межповерочных интервалов СИ.....	318
6.6.4. Определение межповерочных интервалов при информационной избыточности.....	328
6.6.5. Критерии качества и допускаемые погрешности поверки СИ.....	331
6.7. Калибровка средств измерений.....	334
6.8. Сопоставление операций поверки и калибровки.....	341
6.9. Регулировка и градуировка средств измерений....	344
6.10. Оптимизация модели метрологического обслуживания и обменного фонда СИ.....	350
6.11. Метрологическая аттестация СИ и испытательного оборудования.....	359
6.12. Метрологическая аттестация нестандартизованных СИ.....	366
6.13. Метрологическая экспертиза нормативно-технической документации.....	373
6.14. Метрологическое обеспечение технологических операций.....	380
6.15. Методики выполнения измерений.....	385

6.16. Внедрение стандартов ИСО 5725 в практику метрологического обеспечения.....	390
6.17. Гармонизация метрологических правил и норм .....	394
6.18. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний.....	403
6.19. Система метрологического обеспечения.....	409
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	418

## **Раздел II. Стандартизация**

<b>Глава 7. Основы государственной системы стандартизации .....</b>	<b>422</b>
7.1. Основные положения .....	422
7.2. Российские организации по стандартизации .....	432
7.3. Международные организации по стандартизации .....	434
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	445
<b>Глава 8. Методы стандартизации .....</b>	<b>447</b>
8.1. Систематизация, кодирование и классификация .....	447
8.2. Унификация, симплификация, типизация и агрегатирование машин.....	458
8.3. Комплексная и опережающая стандартизация .....	466
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	483
<b>Глава 9. Научно-технические принципы стандартизации .....</b>	<b>485</b>
9.1. Общие сведения.....	485
9.2. Принципы, определяющие научно-техническую организацию работ по стандартизации .....	485
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	497
<b>Глава 10. Категории и виды стандартов.....</b>	<b>499</b>
10.1. Категории стандартов.....	499
10.2. Виды стандартов .....	513
10.3. Стандартизация отклонений геометрических параметров деталей.....	518
10.3.1. Общие требования.....	518

10.3.2. Стандарты Единой системы допусков и посадок .....	522
10.3.3. Стандарты отклонений формы и расположения поверхностей деталей.....	537
10.3.4. Стандарты волнистости и шероховатости поверхности .....	550
10.4. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов .....	563
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	568

### **Раздел III. Сертификация**

#### **Глава 11. Введение в сертификацию .....570**

11.1. Основные понятия и функции системы сертификации в России .....	570
11.2. Положение о Системе сертификации ГОСТ Р ...	576
11.3. Цели, принципы и формы сертификации .....	581
11.4. Участники сертификации.....	587
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	594

#### **Глава 12. Техническое регулирование, оценка и подтверждение соответствия .....596**

12.1. Общие положения .....	596
12.2. Оценка соответствия и ее формы .....	599
12.3. Подтверждение соответствия.....	608
12.3.1. Сертификация как процедура подтверждения соответствия.....	608
12.3.2. Принципы и формы подтверждения соответствия.....	610
12.3.3. Схемы декларирования обязательного подтверждения соответствия.....	616
12.3.4. Схемы сертификации и их содержание.....	626
12.4. Добровольное подтверждение соответствия .....	638
12.5. Знаки соответствия .....	641
12.6. Обязательное подтверждение и декларирование соответствия .....	642
12.7. Организация обязательной сертификации .....	646



---

12.8. Условия ввоза на территорию России продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия .....	651
12.9. Оформление сертификата соответствия .....	655
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	659
<b>Глава 13. Аккредитация .....</b>	<b>660</b>
13.1. Цели и принципы аккредитации.....	660
13.2. Национальная система аккредитации.....	663
13.3. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий .....	665
13.4. Сертификационные испытания при аккредитации.....	670
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	687
<b>Глава 14. Сертификация по отраслям экономики.....</b>	<b>689</b>
14.1. Сертификация систем качества.....	689
14.2. Сертификация производства.....	696
14.3. Сертификация пищевых продуктов .....	697
14.4. Сертификация товаров текстильной и легкой промышленности .....	701
14.5. Сертификация услуг (работ).....	702
14.6. Сертификация услуг розничной торговли .....	706
14.7. Экологическая сертификация .....	708
14.8. Сертификация логистических систем.....	717
14.9. Сертификация персонала .....	719
14.10. Договорные отношения в системе подтверждения соответствия.....	721
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	723
<b>Глава 15. Международная и зарубежная сертификация.....</b>	<b>724</b>
15.1. Международная деятельность по сертификации в Глобальной системе.....	724
15.2. Требования директив ЕС к оценке соответствия	729
15.3. Модульные оценки соответствия .....	732
15.4. Виды деклараций о соответствии .....	738

---

15.5. Принципы беспристрастности при оценке соответствия.....	745
15.6. Маркировка знаком соответствия.....	747
15.7. Зарубежная сертификация.....	750
15.7.1. Развитие сертификации в отдельных странах.....	750
15.7.2. Сертификация на региональном уровне....	756
15.7.3. Сертификация на международном уровне .....	758
15.8. Зарубежная аккредитация.....	760
15.9. Сертификационные корпорации.....	763
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	766
<b>Приложение 1. Терминологический словарь .....</b>	<b>768</b>
<b>Приложение 2. Основные аббревиатуры в метрологии, стандартизации и сертификации.....</b>	<b>783</b>
<b>Приложение 3. Значения <math>t_p</math> распределения Стьюдента.....</b>	<b>789</b>
<b>Приложение 4. Основные государственные законы, постановления Правительства РФ, государственные стандарты и нормативные документы в области метрологии.....</b>	<b>790</b>
<b>Приложение 5. Форма сертификата соответствия продукции требованиям технических регламентов .....</b>	<b>800</b>
<b>Приложение 6. Форма декларации о соответствии продукции требованиям технических регламентов .....</b>	<b>808</b>
Литература .....	815

## 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 различаются 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.

Именно эти вопросы освещаются при изучении метрологии, стандартизации и сертификации. Данные научные дисциплины как структура в системе управления качеством в любой отрасли хозяйствования страны за последние 12—15 лет претерпели серьезные трансформации.

Введение Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а также Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»<sup>1</sup> (далее — Закон об обеспечении единства измерений) ставят новые задачи и в сфере обучения метрологии, 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 производятся миллиарды измерительных операций, результаты которых используются для

---

<sup>1</sup> Принят взамен действующего ранее Закона РФ от 27 апреля 1993 г. № 4871-1.

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 стандартизации 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 технико-экономических законов, играют большую роль в развитии промышленного производства, вносят значительный вклад в рост общественного богатства; способствуют 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 является официальным подтверждением 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 добавилась 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.

Федеральный закон «О техническом регулировании» отменяет ранее вышедшие законы 1993 г. «О стандартизации» и «О сертификации продукции и услуг». Совместно с новым Законом «О единстве измерений» и комплексом стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 он в ближайшие годы станет организующим началом в реформировании метрологии, стандартизации и сертификации. Фактором, повышающим актуальность изложенного, является также интеграция России в мировую экономику и ее возможное скорое вхождение во Всемирную торговую организацию (ВТО).

Намечен переход от собственно сертификации как деятельности, осуществляемой третьей стороной, к более общему контролю — к подтверждению соответствия. Суть подтверждения соответствия состоит не столько в гармонизации терминологии в области сертификации, сколько в переходе на более гибкие формы оценки соответствия, в переходе от сертификации как единственной формы оценки соответствия к разнообразным формам, включая подтверждение соответствия через декларирование соответствия.

В последнее время активизировалось сотрудничество Российской Федерации и стран Содружества Независимых Государств (СНГ) в сфере технического регулирования со странами Европейского союза (ЕС), Евразийского экономического сообщества (ЕврАзЭС) и Единого экономического пространства (ЕЭП). О намерении создать на евразийской территории систему технического регулирования по образцу и подобию Европейского союза можно судить, оценив деятельность ЕврАзЭС, созданного в целях координации подходов при интеграции в мировую экономику и международную торговую систему. ЕЭП создавалось с целью обеспечения свободного движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы.

Между Россией и ЕС существуют обязательства по гармонизации и сближению законодательства, к примеру, в рамках Соглашения о партнерстве и сотрудничестве Россия — ЕС (СПС). Так, ч. 1 ст. 60 СПС гласит, что «Стороны принимают меры с целью сокращения имеющихся у Сторон различий в области метрологии, стандартизации и сертификации путем поощрения использования в этих областях согласованного на международном уровне инструментария». Поощряется также практическое взаимодействие соответствующих

организаций сторон с целью начала процесса переговоров по заключению соглашений о взаимном признании в области подтверждения соответствия.

Следующим шагом на пути к единому подходу стала Директива ЕС 1983 г. «Об информировании в области стандартов и технических предписаний» — так называемая Информационная директива. Она обязывает государства-члены своевременно информировать о проектах стандартов и немедленно прекратить разработку стандартов, которые при одновременном применении в рамках ЕС могут привести к разногласиям.

В настоящее время Международное бюро мер и весов (МБМВ), Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) и Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий (ИЛАК) работают над созданием Всемирной системы метрологии. В январе 2006 г. этими организациями принята общая Декларация, где подчеркнута важность международного соглашения об объединении систем измерения в промышленности и торговле. Использование предполагаемой системы позволит снизить влияние технических барьеров в торговле и обеспечить стабильную основу для научных и технических измерений.

Одна из особенностей учебного материала по метрологии, стандартизации и сертификации состоит в постоянном изменении нормативной базы (терминология, структура, функциональные обязанности и пр.). С целью ознакомления читателя с объемной информацией о нормативно-технической документации в книге сохранена традиция, введенная нами еще в 1987 г. и впоследствии поддержанная другими авторами. Для этого в приложении 4 приведены основные документы в рассматриваемой области за последние 3—5 лет.

Книга подготовлена на кафедре «Управление качеством и техническое регулирование» Владимирского государственного университета д.т.н., проф. А. Г. Сергеевым (разделы I и III) и к.т.н., проф. В. В. Терегерей (раздел II), которые выражают благодарности д.т.н., проф. М. В. Латышеву за ряд ценных замечаний.

Авторы далеки от мысли, что все изложенное лишено недостатков, просчетов и упущений. Это в немалой степени можно объяснить динамикой реформирования сферы метрологии, стандартизации и сертификации. Поэтому все замечания и предложения будут восприняты с благодарностью.

# **Раздел I. Метрология и метрологическое обеспечение**

## 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 введены рекомендации РМГ 29–99<sup>1</sup>, 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: теоретическую, законодательную и прикладную.

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.

---

<sup>1</sup> Названия ГОСТов и нормативных документов приведены в приложении 4.



**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).

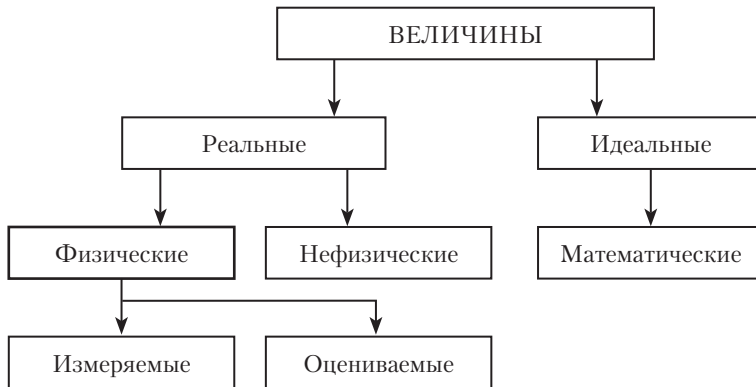


Рис. 1.1. Классификация величин

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 естественными (физика, химия) и техническими науками.

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. Оценивание величины осуществляется 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, ионизирующих излучений, физико-химические, атомной и ядерной физики

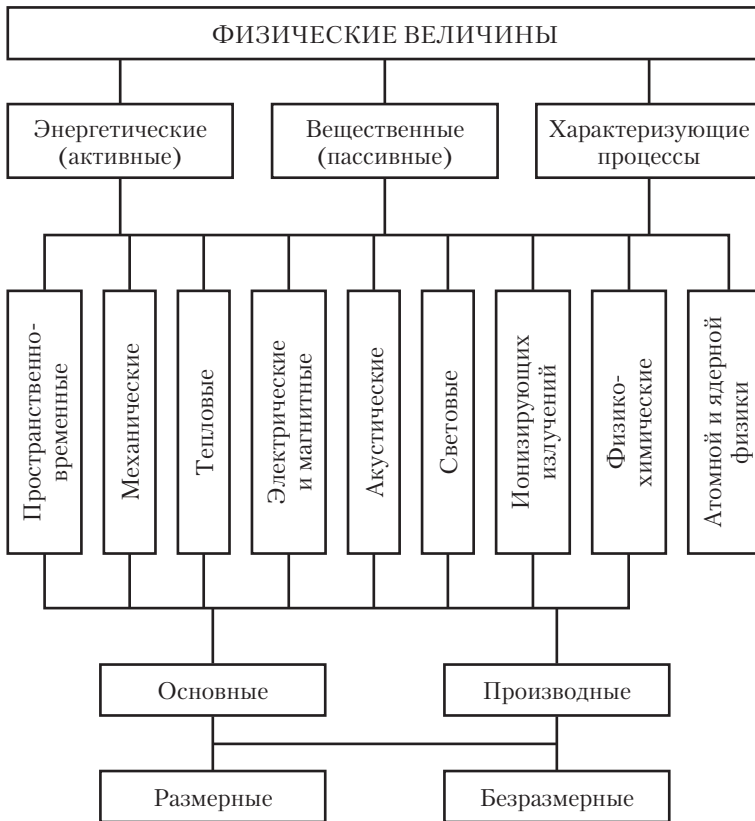


Рис. 1.2. Классификация физических величин

световые, физико-химические, ионизирующих излучений, атомной и ядерной физики.

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

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. Она принимается 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

$$q[Q] < Q < (q + 1)[Q]. \quad (1.2)$$

**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. Как было показано ранее, 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, где в соответствии с логической структурой проявления свойств различают пять основных типов шкал измерений (шкалы наименований, порядка, интервалов, отношений и абсолютную).

## 1.2. Системы физических величин

В науке, технике и повседневной жизни человек имеет дело с разнообразными свойствами окружающих его 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 одним и тем же.

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 в общем произвольным образом выбираются несколько ФВ, называемых **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  $LMT$ . Действующая в настоящее время международная система (СИ) должна обозначаться символами  $LMTIQNJ$ , соответствующими символам основных величин: длине ( $L$ ), массе ( $M$ ), времени ( $T$ ), силе электрического тока ( $I$ ), количеству теплоты ( $Q$ ), количеству вещества ( $N$ ) и силе света ( $J$ ).

Единица основной ФВ является **основной единицей** данной системы. В Российской Федерации используется Международная система единиц (СИ или  $SI$ ), введенная ГОСТ 8.417—2002 «ГСИ. Единицы физических величин». В качестве основных единиц приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела (табл. 1.1).

Единая международная система единиц (СИ) была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г. На территории нашей страны СИ действует с 1 января 1982 г. СИ возникла не на пустом месте и является логическим развитием предшествовавших ей систем единиц СГС, МКГСС и др.

Система СГС (симметричная, или гауссова) существует более 100 лет и до сих пор используется в точных науках — физике, астрономии. Однако ее все более теснит СИ — единственная система единиц ФВ, которая принята и используется в большинстве стран мира.

Таблица 1.1

### Основные единицы физических величин СИ ( $SI$ )

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			русское	международное
Длина	$L$	Метр	м	m
Масса	$M$	Килограмм	кг	kg
Время	$T$	Секунда	с	s
Сила электрического тока	$I$	Ампер	А	A

Окончание табл. 1.1

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			русское	международное
Термодинамическая температура	$\theta$	Кельвин	К	К
Количество вещества	$N$	Моль	моль	mol
Сила света	$J$	Кандела	кд	cd

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 СИ дает  $v = 1 \text{ м/с}$  (табл. 1.2). Следовательно, единица скорости является когерентной.

Таблица 1.2

**Примеры производных единиц СИ, наименования и обозначения которых образованы с использованием наименований и обозначений основных единиц СИ**

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			русское	международное
Площадь	$L^2$	Квадратный метр	$\text{м}^2$	$\text{м}^2$
Объем, вместимость	$L^3$	Кубический метр	$\text{м}^3$	$\text{м}^3$
Скорость	$LT^{-1}$	Метр в секунду	м/с	м/с
Ускорение	$LT^{-2}$	Метр на секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>	м/с <sup>2</sup>
Волновое число	$L^{-1}$	Метр в минус первой степени	$\text{м}^{-1}$	$\text{м}^{-1}$
Плотность	$L^{-3}M$	Килограмм на кубический метр	кг/м <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>

Окончание табл. 1.2

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			русское	международное
Удельный объем	$L^3M^{-1}$	Кубический метр на килограмм	м <sup>3</sup> /кг	m <sup>3</sup> /kg
Плотность	$L^{-2}I$	Ампер на квадратный метр	А/м <sup>2</sup>	A/m <sup>2</sup>
Напряженность магнитного поля	$L^{-1}I$	Ампер на метр	А/м	A/m
Молярная концентрация компонента	$L^{-3}N$	Моль на кубический метр	моль/м <sup>3</sup>	mol/m <sup>3</sup>
Яркость	$L^{-2}J$	Кандела на квадратный метр	кд/м <sup>2</sup>	cd/m <sup>2</sup>

На XX Генеральной конференции мер и весов (1995 г.) единицы плоского и телесного углов — радиан истерадиан исключены из класса дополнительных единиц СИ и переведены в класс производных, имеющих специальные названия (табл. 1.3).

Таблица 1.3

### Производные единицы СИ, имеющие специальное название

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	выражение через единицы СИ
Плоский угол	1	РадIAN	рад	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Телесный угол	1	Стерaдиан	ср	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Частота	$T^{-1}$	Герц	Гц	$s^{-1}$
Сила, вес	$LM T^{-2}$	НьютоН	Н	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1}M T^{-2}$	Паскаль	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2M T^{-2}$	Джоуль	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	$L^2M T^{-3}$	Ватт	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Количество электричества	$TI$	Кулон	Кл	$s \cdot A$



Окончание табл. 1.3

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	выражение через единицы СИ
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	Вольт	В	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	Фарад	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	Ом	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	Сименс	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Поток магнитной индукции	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	Вебер	Вб	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	Тесла	Тл	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	Генри	Гн	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
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	$s^{-1}$
Поглощенная доза ионизирующего излучения	$L^2T^{-2}$	Грей	Гр	$m^2 \cdot s^{-2}$
Эквивалентная доза излучения	$L^2T^{-2}$	Зиверт	Зв	$m^2 \cdot s^{-2}$
Активность катализатора	$NT^{-1}$	Катал	кат	$моль \cdot с^{-1}$

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, допус-

каемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл. 1.4;

- 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 1.4

### Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

наименование величины	Единица		
	наименование	обозначение	соотношение с единицей СИ
Масса	Тонна	т	$10^3$ кг
	Атомная единица массы	а. е. м.	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг (приблизительно)
Время	Минута	мин	60 с
	Час	ч	3600 с
	Сутки	сут	86 400 с
Плоский угол	Градус	°	$(\pi/180)$ рад = $1,745329 \dots \cdot 10^{-2}$ рад
	Минута	...'	$(\pi/10\ 800)$ рад = $2,908882 \dots \cdot 10^{-4}$ рад
	Секунда	...''	$(\pi/648\ 000)$ рад = $4,848137 \dots \cdot 10^{-6}$ рад
	Град	град	$(\pi/200)$ рад
Объем	Литр	л	$10^{-3}$ м <sup>3</sup>
Длина	Астрономическая единица	а. е.	$1,45598 \cdot 10^{11}$ м (приблизительно)
	Световой год	св. год	$9,4605 \cdot 10^{15}$ м (приблизительно)
	Парсек	пк	$3,0857 \cdot 10^{16}$ м (приблизительно)
Оптическая сила	Диоптрия	дптр	$1 \text{ м}^{-1}$

Окончание табл. 1.4

наименование величины	Единица		
	наименование	обозначение	соотношение с единицей СИ
Площадь	Гектар	га	$10^4 \text{ м}^2$
Энергия	Электрон-вольт	эВ	$1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ (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  $10^3$  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. Множители и приставки для образования кратных и дольных единиц приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

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

Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское
$10^{18}$	Экса	Е	Э
$10^{15}$	Пета	Р	П
$10^{12}$	Тера	Т	Т
$10^9$	Гига	Г	Г
$10^6$	Мега	М	М
$10^3$	Кило	к	к
$10^2$	Гекто	h	г
$10^1$	Дека	da	да
$10^{-1}$	Деци	D	д
$10^{-2}$	Санتي	С	с
$10^{-3}$	Милли	М	м
$10^{-6}$	Микро	μ	мк
$10^{-9}$	Нано	N	н
$10^{-12}$	Пико	P	п
$10^{-15}$	Фемто	F	ф
$10^{-18}$	Атто	A	а

В связи с широким использованием вычислительной техники, возникновением огромного рынка бытовой радиоэлектронной аппаратуры и информационно-измерительных систем появились весьма распространенные «единицы количества информации» (табл. 1.6).

Весьма важны правила написания обозначений единиц. Как очевидно из предыдущего, в России установлено два вида буквенных обозначений: международное (буквами латинского или греческого алфавита) и русское (буквами русского алфавита). Обозначения единиц помещают за числовыми значениями величин и в строку с ними, без переноса на следующую строку. Числовое значение в виде дроби с косой чертой, стоящее перед обозначением единицы, заключают в скобки. Между последней цифрой числа и обозначением единицы ставят пробел.

Правильно:  
100 кВт  
(1/60) с<sup>-1</sup>

Неправильно:  
100кВт  
1/60 с<sup>-1</sup>.

Таблица 1.6

### Единицы количества информации

Наименование величины	Единица				Примечание
	наименование	обозначение		значение	
		международное	русское		
Количество информации <sup>1</sup>	Бит <sup>2</sup> Байт <sup>2</sup>	Bit В (byte)	Бит Б (байт)	1 1 Б = 8 бит	Единица информации в двоичной системе счисления (двоичная единица информации)

<sup>1</sup> Термин «количество информации» используют в устройствах цифровой обработки и передачи информации, например в цифровой вычислительной технике (компьютерах), для записи объема запоминающих устройств, количества памяти, используемого программой.

<sup>2</sup> В соответствии с международным стандартом МЭК 60027-2 единицы «бит» и «байт» применяют с приставками СИ (см. табл. 1.5).

При наличии десятичной дроби в числовом значении величины обозначение единицы помещают за всеми цифрами.

Правильно:  
423,06 м  
5,75°  
(100,0 ± 0,1) кг  
50 г ± 1 г

Неправильно:  
423 м 06  
5°75  
100,0±0,1 кг  
50±1 г

Буквенные обозначения единиц, входящие в произведение, отделяют точками, подобно знакам умножения (символ умножения «×» не допускается).

Правильно:  
Н·м; Па·с

Неправильно:  
Нм; Пас

### 1.3. Международная система единиц и фундаментальные физические константы

Исторически сложилось так, что закономерные научно обоснованные связи ФВ были установлены сначала в области геометрии и кинематики, затем динамики, термодинамики и электромагнетизма. Последовательно строились и системы единиц.

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. 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  $1/299\,792\,458$  долей секунды. Определение секунды принято в 1967 г. XIII Генеральной конференцией по мерам и весам.

**Секунда** — 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующих резонансной частоте энергетического перехода 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,  $K_e$  уже

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

$$F = k_1 ma \quad (1.4)$$

и закона всемирного тяготения

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

где  $k_1, k_2$  — коэффициенты пропорциональности;  $m, m_1, m_2$  — масса тел;  $a$  — ускорение;  $r$  — расстояние между телами.

Добавляются два уравнения связи и вводятся новые ФВ — **килограмм** в настоящее время определяется как 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 уничтожимым 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.

Одна из главных ФВ, используемых при описании тепловых процессов, — **температура  $T$** . **Температура** измеряется в кельвинах. Один **кельвин** равен  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды.

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  $\epsilon_0$ , называемая электрической постоянной, также будет точечной 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 — канделу. **Кандела** — сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила излучения которого в этом направлении составляет  $1/683 \text{ Вт} \cdot \text{ср}^{-1}$ .

Проведенные исследования показали, что в среднем 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 (т.е. к полной мощности электромагнитного излучения). Световая эффективность представляет собой величину, позволяющую переходить от энергетических величин к световым. Она измеряется в люменах, деленных на ватт. При существующем определении канделы максимальной световой эффективности придано точное значение  $K_m = 683 \text{ лм/Вт}$ , тем самым она возведена в ранг фундаментальных констант. В связи с этим кандела определяется путем косвенных изме-

рений 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 и 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 отличается 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 основной единицы ФВ. Не выполняет моль и функции обеспечения единства измерений количества вещества. В большинстве публикаций подчеркивается [32], 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.

Из производных единиц следует выделить **радиан** и **стерадиан**.

**Радян** — это единица измерения плоского угла — угла между двумя радиусами окружности, длина дуги которой равна радиусу. На практике часто используются 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 телесного угла — угла с вершиной в центре сферы, вырезающего на поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Во всех системах единиц плоский  $\varphi$  и телесный  $\Omega$  углы вводятся посредством уравнений

$$\varphi = l/R; \quad \Omega = S/R^2,$$

где  $l$  — длина дуги, вырезаемой центральным плоским углом  $j$  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:  $[\varphi] = L/L$ ,  $[\Omega] = L^2/L^2$ .

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 физических величины: электрический ток  $I$ , электрический заряд  $q$ , магнитная проницаемость  $\mu_0$ ,  $\mu$  и диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_0$ ,  $\epsilon$ . Под  $\mu$  и  $\epsilon$  понимаются относительные проницаемости, а под  $\mu_0$  и  $\epsilon_0$  — абсолютные проницаемости вакуума.

Для получения оптимальной системы электромагнитных единиц достаточно было к трем выбранным в механике основ-

ным единицам добавить одну электромагнитную, выбрав ее из четырех вновь введенных величин. При выборе учитывался ряд важных моментов. Во-первых, к моменту становления СИ в физике, электро- и радиотехнике широко использовались так называемые практические единицы: кулон, ампер, вольт, джоуль и др. Их желательнее 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 международной 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 последнее время ученые-метрологи проявляют все больший интерес к разработке естественной системы единиц, где за основные единицы были бы приняты известные фундаментальные физические константы (ФФК). В качестве таких единиц рассматриваются: постоянная Планка, скорость света, гравитационная постоянная, постоянная Больцмана, система Хартри и др.

Такие попытки уже были предприняты в XIX в. (Дж. Стоун, М. Планк), но уровень науки и техники того времени был недостаточным для практической реализации этих идей. Следует надеяться, что дальнейшее развитие теоретической (фундаментальной) метрологии позволит найти приемлемые решения в данном направлении.

#### 1.4. Воспроизведение единиц физических величин

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 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), нормативными документами органов метрологической службы и Законом об обеспечении единства измерений.

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых проградуированы все существующие средства измерений (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.

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 платино-иридиевой 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 г.) платино-иридиевая 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, обеспечивающая 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 сравнения 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 «ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения».

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 длитель-

ного 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 и бывают международными, национальными (государственными) и специальными;

- **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 которой 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;

— **специальный** эталон обеспечивает воспроизведение единицы в особых условиях и может заменять первичный эталон. Он служит для воспроизведения единицы физической величины в условиях, когда первичный эталон нельзя использовать и прямая передача размера единицы от первичного эталона с требуемой точностью технически неосуществима (например, на сверхвысоких частотах).

Первичные и специальные эталоны являются исходными для страны, их утверждают в качестве национальных;

• **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. Вторичные эталоны по назначению делят на эталоны сравнения, рабочие эталоны, эталоны-свидетели и эталоны-копии;

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

— **рабочий эталон** — мера, измерительный прибор или преобразователь, который применяется для передачи размера единицы рабочим средствам измерений. Это самые распространенные эталоны;

— **эталон-свидетель** служит для проверки сохранности и неизменности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты. Известно, что в настоящее время только эталон килограмма имеет эталон-свидетель;

— **эталон-копия** предназначен для передачи размера единицы рабочим эталонам. Его создают в случае необходимости проведения большого числа поверочных работ с целью предохранения первичного или специального эталона от преждевременного износа. Эталон-копия представляет собой копию государственного эталона только по метрологическому назначению.

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

- одиночный эталон, в составе которого имеется одно 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, позволяющих 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 «ГСИ. Эталоны. Способы выражения погрешностей». 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 1-й, 2-й и последующие разряды, 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.

На каждой степени передачи информации о размере единицы точность теряется в 3–5 раз (иногда в 10 раз). Значит, при многоступенчатой передаче эталонная точность не доходит до потребителя. Поэтому для высокоточных средств измерений число ступеней может быть сокращено вплоть до передачи ими информации непосредственно от рабочих эталонов 1-го разряда.

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 «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение».

Однако прямая передача размеров единиц величин от эталонов затруднена из-за их большого количества, находящихся в работе средств измерений. Поэтому на практике используют промежуточные категории средств измерений. Ими являются рабочие средства измерения. **Рабочими** называют средства измерений, которые применяют для измерений, не связанных с передачей размера единиц.



## 1.5. Эталоны единиц СИ

Эталонная база России имеет в своем составе 1176 (на 2005 г.) государственных первичных и специальных 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 канделы; соответственно пять и шесть — в Уральском и Сибирском научно-исследовательских институтах метрологии.

В области механики в стране созданы и используются 38 государственных эталонов, 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  $1/86\,400$  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 (см. параграф 1.3). Данное определение реализуется с помощью цезиевых реперов частоты. **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 определялись ГОСТ 8.129–83. С 1997 г. он заменен Правилами межгосударственной стандартизации ПМГ 18–96 «Межгосударственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты». 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 равна  $(1-5) \cdot 10^{-14}$ ;
- 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 XIX 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 платино-иридиевый брусок длиной 102 мм, 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 г.) в качестве эталона метра длины, равной  $1\,650\,763,73$  длины волны и вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями  $2p^{10}$  и  $5d^5$  атома криптона-86 (криптоновый метр). Этот эталон мог воспроизводиться в отдельных метрологических лабораториях, точность его по сравнению с платино-иридиевым 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 состояние, проходимое светом в вакууме за  $1/299\,792\,458$  долей 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 ( $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Изготовленный при этом первый прототип килограмма представляет собой платино-иридиевую цилиндрическую гирию высотой 39 мм, равной его диаметру. Данное определение эталона килограмма действует до сих пор.

**Килограмм** — единственная основная величина СИ, не связанная с каким-либо стабильным физическим явлением и соответствующей фундаментальной константой. В настоящее время в мире ведется интенсивная деятельность по разработке нового эталона килограмма. Имеется два основных варианта: через постоянную Планка с помощью ватт-весов и через атомную единицу массы через число Авогадро с помощью образца кристаллического кремния. Килограмм, возможно, станет «электрическим».

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  $0,002\text{--}0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ , точки таяния льда —  $0,0002\text{--}0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тройная точка воды, являющаяся точкой равновесия воды в твердой, жидкой и газообразной фазах, может быть воспроизведена в специальных сосудах с погрешностью не более  $0,0002\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В 1954 г. было принято решение о переходе к определению термодинамической температуры  $T$  по одной реперной точке — тройной точке воды, равной  $273,16\text{ К}$ . Единицей термодинамической температуры служит кельвин, определяемый как  $1/273,16$  часть **термодинамической температуры** тройной точки воды. Температура в градусах Цельсия  $t$  определяется как  $t = T - 273,15\text{ К}$ . 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 из них разработаны недавно и основаны на квантовых эффектах Джозефсона и Холла соответственно.

Использование этих эффектов связывает ампер с постоянными Джозефсона и Клитцинга, исключая использование механических величин для его определения. Это приводит к тому, что электрические величины являются независимыми от остальных величин СИ.

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 единица силы света **кандела** воспроизводится путем косвенных измерений. В России единство измерений световых величин обеспечивает ГОСТ 8.023—90 ГСИ «Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений».

Современный государственный эталон канделы (см. определение в параграфе 1.3) 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.

**Моль** есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг (см. определение в параграфе 1.3).

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

Эталонная база физико-химических измерений состоит из трех государственных эталонов, воспроизводящих единицы молярной доли компонентов в газовых средах, объемной влажностности 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 и задания

1. Дайте определение физической величины. Приведите примеры физических величин, относящихся к механике, оптике, магнетизму, электричеству.

2. Что такое шкала физической величины? Приведите примеры различных шкал ФВ.

3. Что такое размерность физической величины? Запишите размерность следующих величин: паскаля, генри, ома, фарады и вольты.

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 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. В чем смысл «хранения» единицы ФВ?

11. Расскажите о государственных эталонах основных единиц СИ. Проанализируйте каждый из них с точки зрения неизменности во времени и воспроизводимости.

12. Дайте характеристику перспектив использования ФФК в метрологии.

## Глава 2

# ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### 2.1. Модель измерения и основные постулаты метрологии

Для оценки технического состояния технической системы (ТС), например, 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  $y$  технической системы от изменения входного сигнала  $x$  как  $y = f(x)$ .

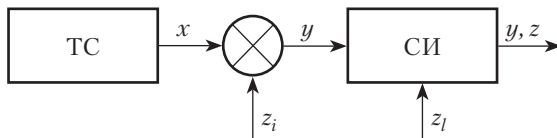


Рис. 2.1. Модель измерения

Однако в процессе измерений возникают различные внешние и внутренние помехи  $z_i, z_l, \dots$ , 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 СИ в одинаковых условиях результаты измерения, как правило, различаются между



собой и не совпадают с истинным  $x_{\text{И}}$  значением физической величины

$$y_1 \neq y_2 \neq \dots \neq x_{\text{И}}$$

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  $x_{\text{д}}$ , найденное экспериментальным методом, например, с помощью более точных СИ.

Изложенное позволяет сформулировать основные постулаты метрологии.

1. Истинное значение определяемой величины существует, и оно постоянно.

2. 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 (замены) 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. Сюда относятся: анализ измерительной задачи с выяснением возможных источников погрешностей; выбор показателей точности измерений; выбор числа измерений, метода и СИ; формулирование исходных данных для рас-

чета 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.

## 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 **простые измерения**, состоящие в том, что искомое значение величины находят из опытных данных путем экспериментального сравнения. К примеру, 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 взаимоиндуктив-



Рис. 2.2. Классификация видов измерений

ности катушки  $M$ , к примеру, 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  $L_{02} = L_1 + L_2 - 2M$ . Откуда  $M = (L_{01} - L_{02})/4$ .

**Совместными** называют производимые одновременно (прямые и косвенные) измерения двух или нескольких **неоднородных** 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  $\alpha$  — сопротивление при известной температуре  $t_0$  (обычно  $20^\circ\text{C}$ ) и температурный коэффициент — величины постоянные и измеренные косвенным методом;  $\Delta t = t - t_0$  — разность температур;  $t$  — заданное значение температуры, измеряемое прямым методом.

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, поэтому целесообразно рассмотреть методы прямых измерений. В соответствии с РМГ 29–99 различают следующие методы.

1. *Метод непосредственной оценки*, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора; например, измерение давления — пружинным манометром, массы — весами, 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 воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.

4. *Дифференциальный метод* характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и известной вели-

чиной, 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  $a_d$  будут отличаться от измеренного  $a$  на величину погрешности  $\Delta$ :

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

Тогда

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

Поскольку  $l \geq a$ , то  $\frac{\Delta}{l + a} \leq \frac{\Delta}{a}$ .

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

$$\text{Тогда } \frac{0,1}{1010} = 0,0001 (0,01\%) \leq \frac{0,1}{10} = 0,01 (1\%).$$

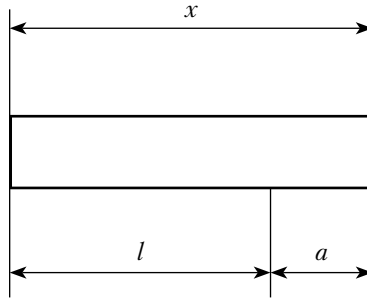


Рис. 2.3. Дифференциальный метод измерения

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, к примеру, неравноплечие весы (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).

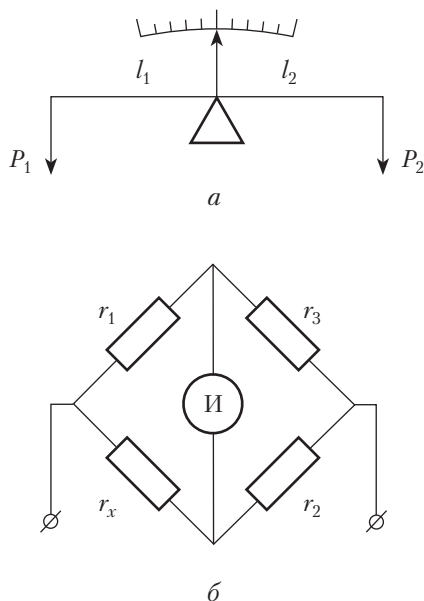


Рис. 2.4. Нулевой метод измерения:

а — схема механических весов; б — схема электрического моста

6. *Метод замещения* — метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. Например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гири 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 наблюдают совпадение метки на вращающемся объекте с момента вспышек известной частоты.

В литературе [1, 8, 31] 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 измерений 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.

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 равнозначных 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  $\Delta = x - x_{\text{и}}$  или  $\Delta = x - x_{\text{д}}$ , а **относительная** — как отношение

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



Рис. 2.5. Классификация погрешностей измерений



**Приведенная** погрешность  $\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\%$ , где  $x_N$  — норми-

рованное значение величины. Например,  $x_N = x_{\max}$ , где  $x_{\max}$  — максимальное значение измеряемой величины.

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

$$x_{\text{и}} \approx \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (2.1)$$

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)

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

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

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

или

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{при } n < 20. \quad (2.3)$$

*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  $\bar{x}$  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 два раза, то число измерений нужно увеличить в четыре раза; если требуется увеличить точность в три раза, то число измерений увеличивают в девять раз и т.д.

Нужно четко разграничивать применение  $\sigma_{\bar{x}}$  и  $\sigma_x$ : величина  $\sigma_{\bar{x}}$  используется при оценке погрешностей окончательного результата, а  $\sigma_x$  — 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) (см. рис. 2.5).

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

**Случайная**  $\Delta_a$  составляющая изменяется в тех же условиях измерения 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 измерений проявляются одновременно, так что общая погрешность при их независимости  $\Delta = \Delta_c + \Delta_a$  или через

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

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

Случайные погрешности нельзя исключить из результатов, но их влияние может быть уменьшено путем обработки результатов измерений. Для этого должны быть известны вероятностные и статистические характеристики (законы распределения, математического ожидания, СКО, доверительная вероятность и доверительный интервал). Часто для

предварительной оценки закона распределения параметра используют относительную величину СКО — коэффициент вариации

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

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

Если  $P$  означает вероятность  $\alpha$  того, что  $\bar{x}$  результата измерения отличается от истинного на величину не более чем  $\Delta$ , 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  $\bar{x} - \Delta$  до  $\bar{x} + \Delta$  — 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  $\Delta$  указывается  $\sigma_x$ . Одновременно это уже определяет и доверительную вероятность  $P$ . Например: при  $\Delta = \sigma_x$  значение  $P = 0,68$ ; при  $\Delta = 2\sigma_x$   $P = 0,95$ ; при  $\Delta = 3\sigma_x$   $P = 0,99$ .

Доверительная вероятность по формуле (2.6) характеризует вероятность того, что отдельное измерение  $x_i$  не будет отклоняться от истинного значения более чем на  $\Delta$ . 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  $\sigma^2$  называется генеральной дисперсией. При малом числе измерений (менее 10–20) получают так называемую выборочную дисперсию  $\bar{\sigma}^2$ . Причем  $\bar{\sigma}^2 = \sigma^2$  лишь при  $n \rightarrow \infty$ . Следовательно, если считать, что  $\bar{\sigma}^2 = \sigma^2$ , 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  $n$  и принятой доверительной вероятности  $P$  (см. приложение 9).

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  $\sigma_x$ ) и увеличение числа измерений  $n$  с целью использования соотношений (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  $\Delta_c$ . Если систематическая погрешность определяется классом точности СИ  $\Delta_{СИ}$  (или  $\gamma_{СИ}$ ), то необходимо, чтобы доверительный интервал  $\pm t_p \sigma_x / \sqrt{n}$  был бы существенно меньше  $\Delta_c$ .

Обычно принимают от  $\Delta \leq \frac{\Delta_c}{2}$  до  $\Delta \leq \frac{\Delta_c}{10}$  при  $P = 0,95$ .

В случае невозможности выполнить эти соотношения необходимо коренным образом изменить методику измерения. Для сравнения случайных погрешностей с различными законами распределения использование показателей, сводящих плотность распределения к одному или нескольким числам, обязательно. В качестве таких чисел как раз и выступают СКО, доверительный интервал и доверительная вероятность.

Надежность самого СКО характеризуется величиной

$$\sigma_\sigma = \sigma / \sqrt{2n}.$$

Принято, что если  $\sigma_\sigma \leq 0,25\sigma$ , то оценка точности надежна. Это условие выполняется уже при  $n = 8$ .

Для практических целей весьма 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 увеличиваем вероятность брака.

Наиболее вероятная погрешность  $\Delta_B$  отдельного измерения определяется по формуле

$$\Delta_B = 0,67 \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \approx \frac{2}{3} \sigma.$$

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

Число измерений можно выбрать по табл. 2.1 или по одной из формул:

$$n = (t_p \sigma_{\bar{x}} / 0,5 \Delta_c)^2; \quad n \geq 2(1 - n_{от}) / (1 - P),$$

где  $n_{от}$  – число отбрасываемых экспериментальных результатов. С учетом коэффициентов Стьюдента можно оценить относительную погрешность отдельного измерения как

$$\delta_i = t_p \sigma_x / \bar{x}, \quad \text{среднего значения } \delta_{\bar{x}} = t_p \sigma_{\bar{x}} / \bar{x} \sqrt{n}.$$

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.

Таблица 2.1

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

Относительная погрешность $\delta$	Число измерений $n$ при коэффициенте 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

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

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

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

$$P(|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \geq \varepsilon) = 1 - P_{t_p, n},$$

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  $t_p = 2,98 \approx 3$  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 субъек-

тивную, методическую и инструментальную 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 неверных навыков 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 следующим:

- 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 следующими способами: устранением источников погрешности до начала измерений (профилактика погрешности), исключением ее в процессе измерений, внесением известных поправок в результат измерения.

Профилактика погрешности является наиболее рациональным способом. Она заключается в устранении влияния, напри-

мер, 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 результате каждого систематическая погрешность входила с разным знаком), а 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  $\varphi$  — независимая величина, от которой зависит  $\Delta$  (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  $\varepsilon$  — 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  $\varepsilon$ . По условию для интервала  $\varepsilon$  имеем

$$\frac{2\pi}{T} \varepsilon = \pi \text{ и } \varepsilon = T/2.$$

В этом случае  $\frac{\Delta_0 + \Delta_\varepsilon}{2} = \frac{\Delta_0 + \Delta_0}{2} = 0$ .

То есть периодическая погрешность исключается, если взять среднее двух наблюдений, произведенных одно за другим через интервал, равный полупериоду независимой переменной  $\varphi$ , 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 нужно: 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: оценки параметров закона распределения, проверки гипотез, планирование эксперимента и др.

В соответствии с МИ 1317–2004 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  $\Delta_{\min} < \Delta < \Delta_{\max}$   $P = 0,90$ ). Система допусков, например, построена на понятии предельной погрешности  $\Delta_{\text{п}} = \pm 2\sigma$  при  $P = 0,95$  (ГОСТ 8.051–81).

Числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности  $\Delta$ .

При отсутствии данных о виде функций распределения составляющих погрешности результата и необходимости дальнейшей обработки результатов или анализа погрешностей результаты измерений представляют в форме  $a, \sigma, n, \Delta_c$ . 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  $\Delta_c$ . Поправка численно равна значению систематической погрешности, противоположна ей по знаку и алгебраически суммируется с результатом измерения

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

Однако  $\Delta_c$ , 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  $\Delta_c$  — величина детерминированная. Если же известен лишь диапазон изменения  $\Delta_c$ , то она учитывается как случайная величина.

Для характеристики случайности  $\Delta_c$  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  $D[\Delta_c]$  характеризуют неопределенность систематической составляющей  $\Delta_c$  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 Литвинова.

Пусть для конкретных условий измерений определены оценки  $q, D[q], D[\Delta_c]$  и  $n$ . За действительное значение принято несправ-

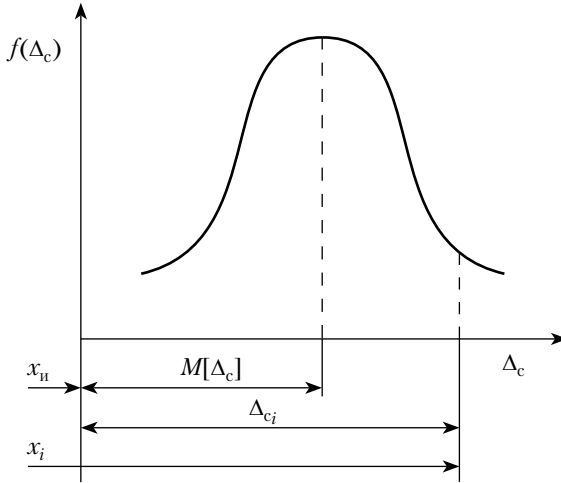


Рис. 2.6. Закон распределения систематической погрешности

ленное среднее арифметическое  $\bar{x}$  ряда  $x_1, x_2, \dots, x_n$  с СКО

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

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

$$x_{н.с} = \bar{x} + q.$$

Тогда оценка дисперсии исправленного значения  $x_{н.с}$  составит

$$D[x_{н.с}] = \frac{\bar{\sigma}^2}{n} + D[q].$$

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

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

Тогда

$$M\left[(\bar{x} - x_{н.с})^2\right] = D[x] + (M[\bar{x}] - x_n)^2. \quad (2.8)$$

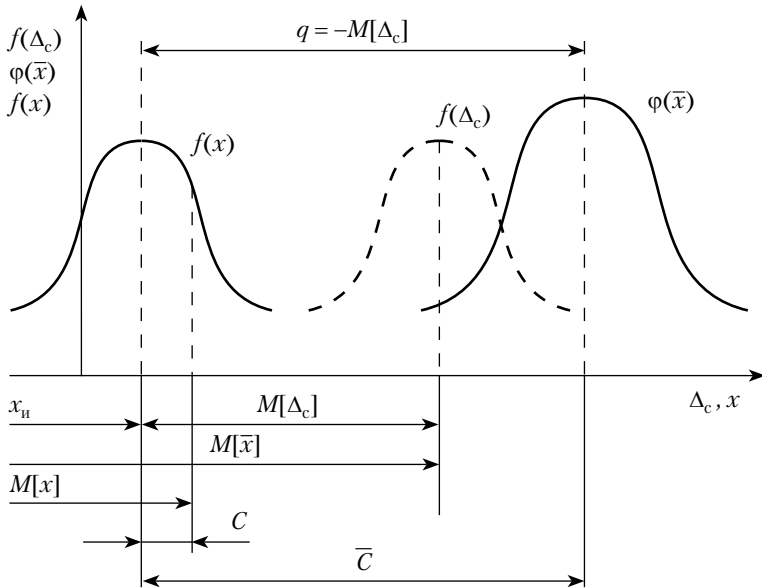


Рис. 2.7. Оценка смещения среднего

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

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

Если  $e < 1$ , то исправленная оценка  $x_{н.с.}$  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  $x_{н.с.}$  равноценны по точности.

Для инженерных расчетов генеральные значения в формуле (2.9) можно заменить их статистическими оценками. Тогда

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

Из условия  $\bar{e} \leq 1$  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 применением 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 — 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  $\theta$  результата измерения можно вычислить по формуле

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

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

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

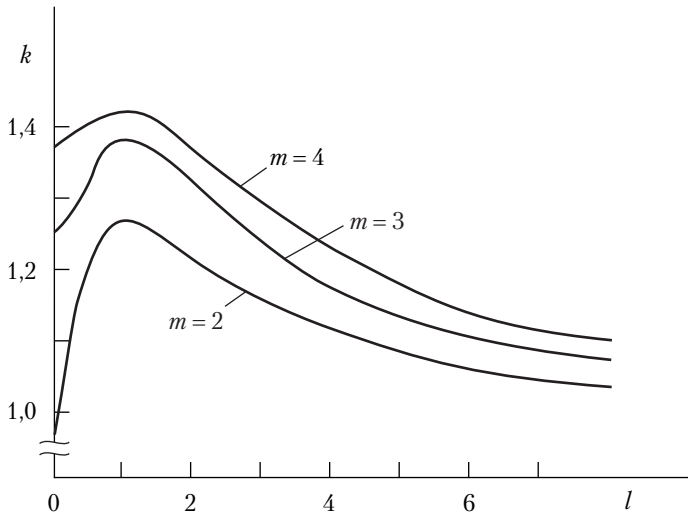


Рис. 2.8. График зависимости  $k = f(m, l)$

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

При трех или четырех слагаемых в качестве  $\theta_1$  принимают наибольшее значение НСП, а в качестве  $\theta_2$  — 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 НСП 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. 2.9.3) — интервальной оценкой в виде доверительной границы  $\theta(P)$  и точечной оценкой в виде выборочной дисперсии  $\sigma_{\text{НСП}}^2$ .

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  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  и доверительный интервал, поэтому обязательно их исключение из серии измерений. Обычно они сразу видны в ряду полученных результатов, но в каждом конкретном случае это необходимо доказать. Существует ряд критериев для оценки промахов [3, 62].

**Критерий  $3\sigma$ .** В этом случае считается, что результат, возникающий с вероятностью  $P \leq 0,003$ , малореален и его можно квалифицировать промахом. То есть сомнительный результат  $x_i$  отбрасывается, если

$$|\bar{x} - x_i| > 3\sigma.$$

Величины  $\bar{x}$  и  $\sigma$  вычисляют без учета  $x_i$ . Данный критерий надежен при числе измерений  $n \geq 20$ .

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

При этом вычисляют отношение  $\left| \frac{\bar{x} - x_i}{\sigma} \right| \geq \beta$  и вычисленное значение  $\beta$  сравнивают с теоретическим  $\beta_T$  — при выбранном уровне значимости  $P$  по табл. 2.2.

Таблица 2.2

### Уровень значимости $\beta = f(n)$

Вероятность $P$	Число измерений $n$						
	4	6	8	10	12	15	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  $\beta \geq \beta_{\text{табл}}$ , 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. В этом случае рассчитывают средний расход топлива на 100 км и соответствующее СКО

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

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

Поскольку  $n < 20$ , то по критерию Романовского при  $P = 0,01$  и  $n = 4$   $\beta_T = 1,73$  получим  $\beta = |25 - 48|/2,6 = 2,6 = 8,80 > 1,73$ .

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  $\sigma$ , 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. Не является ли промахом значение 10,40 А?

Обработка данных приводит к значениям:  $\bar{x} = 10,161\text{А}$ ,  $\sigma = 0,094\text{А}$ .

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 результатов наблюдений на величину систематической погрешности  $\Delta_c$ , 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 значе-



ние, 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.

**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  $x$  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, дисперсия среднего арифметического  $\sigma_x^2$  в  $n$  раз меньше дисперсии отдельного результата наблюдения.

На рис. 2.9 более узкая площадь (заштрихована) относится к плотности вероятности распределения среднего значения.

Правильность измерений определяется близостью к нулю систематической погрешности.

**Достоверность измерений** определяется степенью 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  $n \geq 30$ .

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 основании 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  $\Delta_{\bar{x}}$  среднего арифметического зависит только от погрешности метода  $\sigma_x$ , числа наблюдений  $n$  и доверительной вероятности

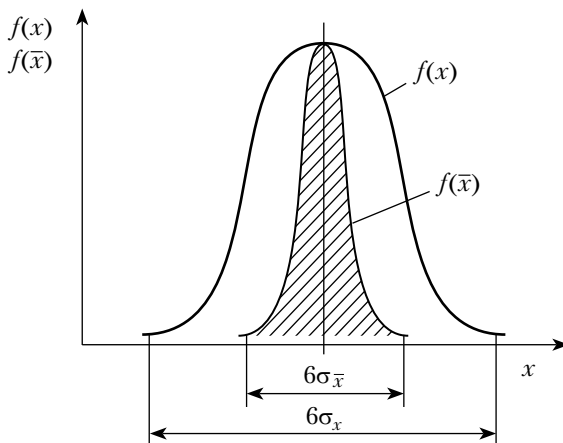


Рис. 2.9. Плотность распределения отдельного и суммарного результата измерения

$P_{\Delta}$ . Так как случайная величина  $t_p = (\bar{x} - x) / \sigma_{\bar{x}}$  имеет распределение Стьюдента с  $(n - 1)$  степенями свободы, то, воспользовавшись таблицей этого распределения, можно построить зависимость  $\Delta_{\bar{x}} / \sigma_{\bar{x}} = f(n, P)$ .

Такая зависимость для  $P_{\Delta} = 0,90, 0,95, 0,99$  и  $n = 2 - 2\Delta_c$  изображена на рис. 2.10.

По кривым рис. 2.10 можно оценить влияние  $n$  и  $P_{\Delta}$  на  $\Delta_{\bar{x}}$ . Так, на участке кривых при  $n \leq 5$  величина  $\Delta_{\bar{x}} / \sigma_{\bar{x}}$  очень чувствительна к  $n$  для любых  $P_{\Delta}$ . Например, при переходе от

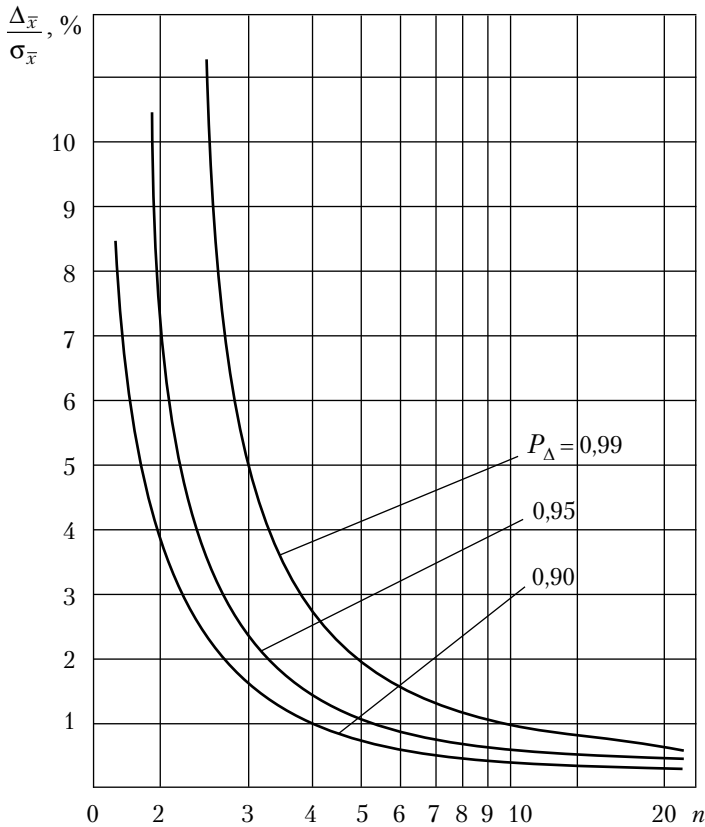


Рис. 2.10. Взаимосвязь  $\Delta_{\bar{x}} / \sigma_{\bar{x}}$ ,  $P_{\Delta}$  и  $n$

$n = 2$  к  $n = 3$  величина  $\Delta_{\bar{x}}/\sigma_{\bar{x}}$  при  $P_{\Delta} = 0,95$  уменьшается более чем в 3 раза. С ростом  $P_{\Delta}$  чувствительность  $\Delta_{\bar{x}}/\sigma_{\bar{x}}$  к  $n$  возрастает. На участке кривых при  $n > 5$  уменьшение  $\Delta_{\bar{x}}/\sigma_{\bar{x}}$  от роста  $n$  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  $\Delta_{\bar{x}}$ . Так, если систематические погрешности отсутствуют, то для любого  $\sigma_{\bar{x}}$  при  $n > 7$  и  $P_{\Delta} = 0,90$ , при  $n > 8$  и  $P_{\Delta} = 0,95$  и при  $n > 10$  и  $P_{\Delta} = 0,99$  величина  $\Delta_{\bar{x}}$  уменьшается всего на 6–8% и менее.

Поэтому при эксплуатации и испытаниях ТС рекомендуется, во-первых, использовать доверительную вероятность  $P_{\Delta} = 0,9$ , так как в этом случае для широкого класса симметричных распределений погрешностей  $\Delta_{\bar{x}} = 1,6\sigma_{\bar{x}}$  и не зависит от вида этих распределений; во-вторых, при  $P_{\Delta} = 0,9$  использовать выборку наблюдений объемом не более  $n = 5-7$ .

Аналогично ведет себя корреляция результатов измерений параметров изделия. Для выборочного СКО среднего арифметического прямого измерения с многократными наблюдениями при условии, что результаты наблюдений  $x_1$  и  $x_k$  коррелированы, может быть использована формула

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} K_{xx} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{2}{n} \sum_{l < k} r_{xlxk}}, \quad (2.11)$$

где  $r_{xlxk}$  – коэффициент корреляции результатов  $x_l$  и  $x_k$ ;  $K_{xx}$  – поправочный множитель.

Расчеты по формуле (2.11) показывают сильное влияние корреляции результатов наблюдений на  $\sigma_{\bar{x}}$  (табл. 2.3).

Как очевидно из табл. 2.3, величина  $\sigma_{\bar{x}}$  может быть существенно занижена. Так, при малой корреляции результатов и  $n \leq 20$  это занижение не превышает 1,7 раза. При сильной корреляции величина  $\sigma_{\bar{x}}$ , характеризующая точность результатов измерений, может быть занижена в несколько раз.

Таблица 2.3

### Значение коэффициента корреляции и поправочного множителя

Коэффициент корреляции $r_{xlvk}$	Значение поправочного множителя $K_{xx}$ 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
1,00	1,73	2,24	3,17	4,47
1,00	1,73	2,24	3,17	4,47

Заметно влияет на СКО результатов наблюдений  $\sigma_{\bar{x}}$ , называемое иногда погрешностью метода измерений, степень исправленности результатов наблюдений перед обработкой. Действительно, если выполняются технические измерения и результат измерения получают в виде среднего арифметического значения  $\bar{x}$ , то величину погрешности метода в этом случае (обозначим ее  $\sigma_{x_1}$ ) определяют по формуле (2.3). Если измерения той же величины выполняют с такой точностью, что вместо  $\bar{x}$  получают истинное значение искомого параметра, т.е.  $x = \bar{x}$ , то погрешность метода в этом случае (обозначим ее  $\sigma_{x_2}$ ) получают по аналогичной формуле, в которую вместо делителя  $(n - 1)$  подставляют делитель  $n$ .

Несущественная, на первый взгляд, замена  $x$  на  $\bar{x}$  намекает ряд проблем. Оказывается, что наиболее употребляемая на практике характеристика  $\sigma_{x_1}$  как статистическая оценка имеет большее смещение и менее эффективна, чем характеристика  $\sigma_{x_2}$ .

Так, относительная величина смещенности СКО  $\Delta_{\sigma} = (M[\sigma_x] - \sigma_x^-) / \sigma_x$  оценок  $\sigma_{x_1}$  и  $\sigma_{x_2}$  и их эффективность  $E_{\sigma}$  как функция числа наблюдений  $n$  приведены на рис. 2.11 и показывают следующее:

– характеристики  $\Delta_{\sigma}$  и  $E_{\sigma}$  являются монотонными функциями  $n$ ;

– обе оценки смещены относительно истинного СКО, полученного по данным генеральной совокупности, оценка  $\sigma_{x_1}$  – больше, оценка  $\sigma_{x_2}$  – меньше. При  $n \geq 50$  смещение обеих оценок около 0,5%, и с уменьшением  $n$  растет, особенно при  $n < 5$ . Так, при  $n = 3$ ,  $\sigma_{x_1} = 7,5\%$ , а  $\sigma_{x_2} = 11,5\%$ ;

– эффективность обеих оценок при  $n < 50$  уменьшается, особенно для оценки  $\sigma_{x_2}$ . Так, при  $n = 3$   $E_{\sigma_1} = 0,93$ , а  $E_{\sigma_2} = 0,62$ .

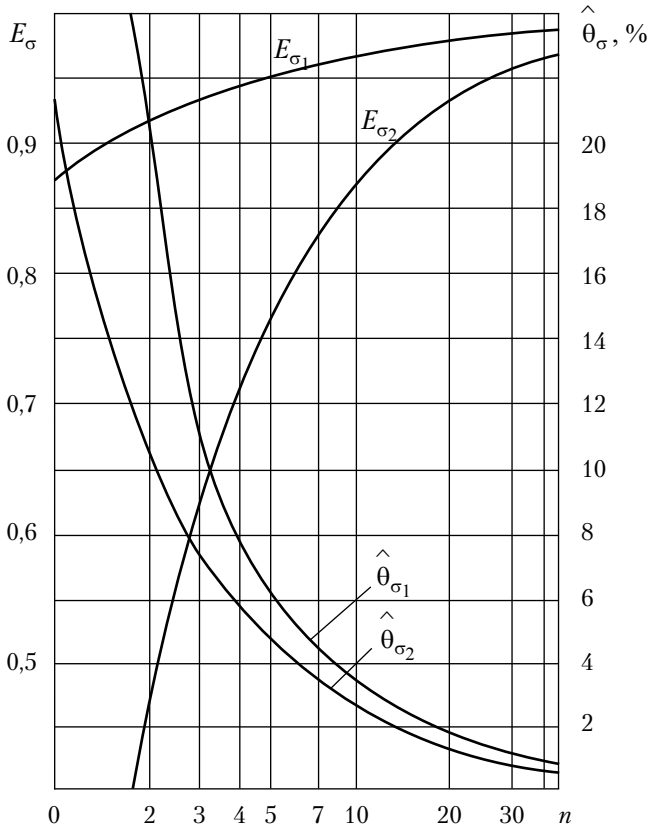


Рис. 2.11. Смещенность и эффективность оценок результатов измерений

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

$$\sigma_{\sigma_1} = \sigma_{\sigma_1} / \sqrt{2(n-1)} \quad \text{и} \quad \sigma_{\sigma_2} = \sigma_{\sigma_2} / \sqrt{2n}.$$

При  $n < 50$  величина  $\sigma_x$  определяется с ошибками, достигающими десятков процентов. Кроме того, использование  $\sigma_{x_1}$  вместо  $\sigma_x$  приводит к увеличению ошибок оценки на 10% и более (при  $n \leq 3$ ). При  $n \leq 10$  это завышение незначительно.

Оценка качества результатов измерения при недостаточности априорных данных должна быть ориентирована на наи-

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:

$$P\{x - \gamma_P \sigma_{\bar{x}} \leq x \leq \bar{x} + \gamma_P \sigma_{\bar{x}}\} \geq 1 - \frac{1}{\gamma_P^2}, \quad (2.12)$$

полагая симметричность фактического закона распределения. Тогда

$$\Delta = \pm \gamma_P \sigma_{\bar{x}}, \quad (2.13)$$

где  $\gamma_P$  — коэффициент Чебышева:

$P$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
$\gamma_P$	1,4	1,6	1,8	2,2	3,2	4,4

Из формулы (2.12) следует, что  $\gamma_P \leq 1/\sqrt{P_c}$ , 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  $\Delta$ .

Если значение СКО также неизвестно, но известно максимальное значение результирующей погрешности (например, погрешность СИ), то это значение погрешности можно использовать в качестве оценки  $\sigma_{\bar{x}}$  «сверху»:  $\Delta_{СИ} = 3 \sigma_{\bar{x}}$ .

Следует отметить, что результаты измерений, не обладающие достоверностью, т.е. степенью уверенности в их правильности, не представляют ценности. К примеру, 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 сходимость и воспроизводимость.

**Сходимость** — это близость результатов двух испытаний, полученных одним методом, на идентичных установках, в одной лаборатории. **Воспроизводимость** отличается от сходимости тем, что оба результата должны быть получены в разных лабораториях. При доверительной вероятности  $P = 0,95$  сходимость определяется как  $r = 2,77\sigma_{\text{сх}}$ , а воспроизводимость —  $R = 2,77\sigma_{\text{в}}$ .

Здесь  $\sigma_{\text{сх}}$  и  $\sigma_{\text{в}}$  — стандартные отклонения результатов испытаний в условиях сходимости и воспроизводимости

$$\sigma_{\text{сх}} = \sqrt{(x_1 - \bar{x})(x_2 - \bar{x})}; \quad \sigma_{\text{в}} = \sqrt{(y_1 - \bar{y})(y_2 - \bar{y})},$$

где  $x_1$  и  $x_2$  — результаты единичных испытаний в условиях сходимости (в одной лаборатории);  $y_1$  и  $y_2$  — результаты единичных испытаний в условиях воспроизводимости (в разных лабораториях);  $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2}$ ;  $\bar{y} = \frac{y_1 + y_2}{2}$  — средние значения.

Отдельные стандарты задают значения  $r$  и  $R$ .

**Пример 2.6.** По ГОСТ 7163–84 динамическая вязкость жидких нефтепродуктов в интервале 2–5500 Па·с должна определяться со сходимостью и воспроизводимостью не более значений, указанных в табл. 2.4.

Таблица 2.4

**Предельные значения сходимости и воспроизводимости нефтепродуктов, Па·с**

Динамическая вязкость	Сходимость, не более	Воспроизводимость, не более
До 2	0,2	0,3
От 2 до 64	0,8	10,0
От 64 до 250	32,0	39,0
...	...	...
От 4750 до 5500	614,0	880,0



## 2.9. Методы обработки результатов измерений

### 2.9.1. Многократные прямые равноточные измерения

Методика обработки результатов включает следующие этапы:

- а) исправляют результаты наблюдений исключением (если это возможно) систематической погрешности;
- б) вычисляют среднее арифметическое значение  $\bar{x}$  по формуле (2.1);
- в) вычисляют выборочное СКО  $\sigma_{\bar{x}}$  от значения погрешности измерений по формуле (2.2);
- г) исключают промахи;
- д) определяют закон распределения случайной составляющей;
- е) при заданном значении доверительной вероятности  $P$  и числе измерений  $n$  по таблицам определяют коэффициент Стьюдента  $t_p$ ;
- ж) находят границы доверительного интервала для случайной погрешности  $\Delta = \pm t_p \sigma_{\bar{x}}$ ;
- з) если величина  $\Delta$  сравнима с абсолютным значением погрешности СИ, то величину  $\Delta_{СИ}$  считают неисключенной систематической составляющей и в качестве доверительного интервала вычисляют величину

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\overset{\circ}{\Delta})^2 + \left[ \frac{t_p(\infty)}{3} \Delta_{СИ} \right]^2} = \sqrt{(\overset{\circ}{\Delta})^2 + \left[ \frac{1,96}{3} \Delta_{СИ} \right]^2}.$$

Если в результате измерительного эксперимента можно четко выделить составляющие  $\theta$  НСП, то  $\Delta_{\Sigma}$  определяется по ГОСТ 8.207–76:

$$\Delta_{\Sigma} = (t_p \sigma_{\bar{x}} + \theta) \left( \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i}{3} + \sigma_{\bar{x}}^2} \right) / \left( \sigma_{\bar{x}} + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i}{3}} \right)$$

или по упрощенной формуле:  $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{t_p^2 \sigma_{\bar{x}}^2 + \theta^2}$  (по данным работы [22] погрешность такой замены не превышает 5–10%);

и) окончательный результат записывают в виде  $\bar{x} = x \pm \Delta_{\Sigma}$  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 данным неравноточных измерений вводят понятие **«вес» измерения**:

$$g = n_i / \sigma_i^2,$$

где  $n_i / \sigma_i^2$  — объем и дисперсия  $i$ -й серии равноточных измерений.

Тогда, если неравноточные измерения привели к результатам  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$  ( $\bar{x}_j$  — среднеарифметическое ряда равноточных измерений;  $j \leq m$ ), то наиболее вероятным значением величины будет ее средневзвешенное значение

$$x_H = \frac{1}{\sum_{i=1}^m g_i} \sum_{i=1}^m g_i \bar{x}_i.$$

Вероятность  $\alpha$  того, что  $\bar{x}_H$  лежит в пределах равноточных измерений ( $\bar{x}_H \pm \Delta \bar{x}_H$ ), 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 известных точности СИ и условиях измерения погрешность не превышала определенное значение, т.е. значения  $\Delta$  и  $P$  заданы априори. Поскольку измерения выполняются без повторных наблюдений, то нельзя отделить случайную от сис-

тематической составляющей. Поэтому для оценки погрешности дают лишь ее границы с учетом возможных влияющих величин. Последние лишь оценивают своими границами, но не измеряют. На практике же дополнительные погрешности, как правило, не учитываются, так как измерения осуществляются 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  $\dot{\Delta} = (0,50-0,25)\Delta_c$ . Тогда результат измерения записывают в виде

$$x = x_i \pm \Delta_{\Sigma} \text{ при вероятности } P = 0,95,$$

где  $x_i$  — результат, зафиксированный СИ;  $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{СИ}}^2 + \Delta_{\text{мет}}^2}$  — суммарная погрешность измерения, определяемая классом точности СИ ( $\Delta_{\text{СИ}}$ ) и методической погрешностью ( $\Delta_{\text{мет}}$ ).

Для уточненной оценки возможности применения однократных измерений следует сопоставить суммарные погрешности, получаемые при этом, с суммарными погрешностями многократных измерений при наличии случайной  $\dot{\Delta}$  и неисключенной систематической составляющих. Учитывая, что  $\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\dot{\Delta}}^2 + \sigma_{\Delta_c}^2}$  и  $\sigma_{\Delta_c} = \Sigma\theta/\sqrt{3}$  при многократных измерениях суммарное СКО результата

$$\sigma_{\Sigma_M} = K \sqrt{\frac{\sigma_x}{n} + \frac{\theta^2}{3}},$$

а при однократных

$$\sigma_{\Sigma_0} = K \sqrt{\sigma_x + \frac{\theta^2}{3}}.$$

Изменение отношения

$$\gamma(n) = \frac{\sigma_{\Sigma_M}}{\sigma_{\Sigma_0}} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{3} \left( \frac{\theta}{\sigma_x} \right)^2}{1 + \frac{1}{3} \left( \frac{\theta}{\sigma_x} \right)^2}}$$

в зависимости от  $\theta/\sigma_x$  и числа измерений свидетельствует, что:

— при  $\theta/\sigma_x \geq 8$  отношение  $\gamma \cong \text{const}$  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  $\theta/\sigma_x \leq 0,8$  отношение  $\gamma(n)$  явно зависит от  $n$ , т.е. здесь существенную роль играет случайная составляющая, неисключенная систематическая составляющая пренебрежительно мала и однократные измерения недопустимы;

— при  $0,8 \leq \theta/\sigma_x \leq 8$  должны учитываться и случайная, и неисключенная систематическая составляющие.

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

$$\Delta(P) = t_{\Sigma} \sigma_{\Sigma}, \quad (2.14)$$

где  $t_{\Sigma} = \frac{\theta(P) + \overset{\circ}{\Delta}(P)}{\sigma_x + \theta/\sqrt{3}}$  — коэффициент, соответствующий  $q$ -му

уровню значимости данной композиции;  $\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_x^2 + \theta/3}$  — СКО композиции;  $\theta(P)$  и  $\overset{\circ}{\Delta}(P)$  — соответственно неисключенная систематическая составляющая и доверительная граница случайной погрешности при заданной доверительной вероятности  $P$ .

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

$$\Delta(P) = K_p [\theta(P) + \overset{\circ}{\Delta}(P)]. \quad (2.15)$$

Коэффициент  $K_p$  находят в зависимости от доверительной вероятности  $P$ , принимаемой на уровне 0,95 или 0,99:

$\theta/\sigma_x$	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_{0,95}$	0,76	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81
$K_{0,99}$	0,84	0,82	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,94	0,85

Практически если одна из составляющих  $\Delta_s$  или  $\overset{\circ}{\Delta}$  менее 5% общей погрешности, то этой составляющей можно пренебречь.

Алгоритм действий, например, при разработке и аттестации МВИ с однократными измерениями заключается в следующем.

1. Предварительно устанавливают необходимую допустимую погрешность  $\Delta_g$  измерения.

2. Для самой неблагоприятной функции распределения — нормальной в соответствии с ГОСТ 8.207–76 находят  $\Delta_c$ ,  $\dot{\Delta} = 2\sigma_x$  и принимают  $P = 0,95$ .

3. Находят значение погрешности  $\Delta = 0,85(\dot{\Delta} + \Delta_c)$  и сравнивают его с  $\Delta_g$ . Если

$$\Delta \leq 0,8\Delta_g, \quad (2.16)$$

то однократные наблюдения возможны с погрешностью до 20%. Если  $0,8\Delta_g < \Delta < [\Delta]$ , то полученное значение следует уточнить с учетом  $\Delta_c$  и  $\sigma_x$ . При  $\Delta_c/\sigma_x \leq 0,43$  или  $\Delta_c/\sigma_x \geq 7$  значение погрешности  $\Delta$  определяют по формуле  $\Delta = 0,9(\dot{\Delta} + \Delta_c)$ . Если

$$\Delta \leq 0,89\Delta_g, \quad (2.17)$$

то однократные измерения возможны с погрешностью не более 11%.

В случае  $0,43 < \frac{\Delta_c}{\sigma_x} < 7$  вычисляют  $\Delta = 0,75(\dot{\Delta} + \Delta_c)$ , и если

$$\Delta \leq 0,93\Delta_g, \quad (2.18)$$

то однократные измерения возможны с погрешностью не более 7%.

Если соотношения (2.17) и (2.18) не соблюдаются, то определяют «вклад» составляющих погрешности. При преобладающей случайной составляющей  $\dot{\Delta} > \Delta_c$  необходимо перейти к многократным измерениям. При  $\dot{\Delta} < \Delta_c$  нужно уменьшить методическую или инструментальную составляющие (например, выбором более точного СИ).

Практически при однократных измерениях с целью избежать промахов делают 2–3 измерения и за результат принимают среднее значение. Предельная погрешность однократных измерений в основном определяется классом точности  $\Delta_{СИ}$  СИ. При этом, как правило, систематическая составляющая не превосходит  $\Delta_c \leq 0,3\Delta_{СИ}$ , а случайная  $\dot{\Delta} \leq 0,4\Delta_{СИ}$  — поэтому,

учитывая, что  $\Delta_{\text{изм}} = \pm(\Delta_c + \overset{\circ}{\Delta})$ , погрешность результата однократного измерения можно принять равной  $\Delta_{\text{изм}} = 0,7\Delta_{\text{СИ}}$ .

Поскольку  $\Delta_{\text{изм}} \leq 3\sigma_x$  ( $\sigma_x$  — СКО параметра), то реально погрешность однократного измерения с вероятностью 0,90–0,95 не превзойдет  $(2-2,5)\sigma_x$ .

**Пример 2.7.** Оценить погрешность результата однократного измерения напряжения  $U = 0,9$  В на входном сопротивлении  $R = 4$  Ом, выполненного вольтметром кл. точности 0,5 с верхним пределом диапазона измерений  $U = 1,5$  В и имеющим сопротивление  $R_v = 1000$  Ом (рис. 2.12). Известно, что дополнительные погрешности показаний СИ из-за влияния магнитного поля и температуры не превышают соответственно  $\delta_{\text{ин}} = \pm 0,75\%$  и  $\delta_t = \pm 0,3\%$  допускаемой предельной погрешности.

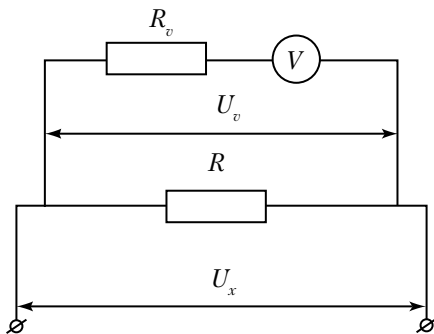


Рис. 2.12. Схема измерения напряжения

*Решение.* 1. Предел допускаемой относительной погрешности вольтметра на отметке 0,9 В составляет

$$\delta_x = \delta_{\text{СИ}} \frac{U_n}{U} = 0,5 \frac{1,5}{0,9} = 0,83\%.$$

2. При подсоединении вольтметра исходное напряжение  $U_x$  (см. рис. 2.12) изменится из-за наличия  $R_v$  и составит

$$U_v = \frac{R}{R + R_v} U_x.$$

Тогда методическая погрешность, обусловленная конечным значением  $R_v$ , в относительной форме составит

$$\delta_m = \frac{U_v - U_x}{U_x} \cdot 100 = -\frac{R}{R + R_v} \cdot 100 = \frac{4 \cdot 100}{1004} = -0,4\%.$$

3. Данная методическая погрешность является систематической составляющей погрешностью измерения и должна быть внесена в результат в виде поправки

$$q = -\delta_m = 0,4\%$$

или в абсолютной форме на отметке 0,9 В

$$q_a = \frac{U_q}{100} = 0,9 \cdot 0,4 \cdot 10^{-2} = 0,004 \text{ В.}$$

Тогда результат измерения с учетом поправки будет равен

$$\bar{x} = 0,900 + 0,004 = 0,904 \text{ В.}$$

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

$$\delta_c = 1,1\sqrt{0,83^2 + 0,75^2 + 0,3^2} = 1,1 \cdot 1,16 = \pm 1,3\%,$$

а в абсолютной форме

$$\Delta = \frac{\delta_c U}{100} = \pm 1,3 \cdot 0,9 \cdot 10^{-2} = \pm 0,012 \text{ В.}$$

5. Ввиду того, что  $\Delta > q$ , окончательный результат измерения записывается в виде

$$\bar{x} = 0,90 \text{ В; } \Delta = \pm 0,01 \text{ В; } P = 0,95.$$

#### 2.9.4. Косвенные измерения

Косвенные измерения предполагают наличие функциональной связи

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

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

Очевидно, погрешность в оценке  $Y$  зависит от погрешностей при измерениях аргументов. При этом могут иметь место два случая: аргументы взаимно независимы и взаимно зависимы.

Для независимых аргументов абсолютная погрешность

$$\Delta Y = \sqrt{\left(\frac{df}{dx_1}\right)^2 \Delta x_1^2 + \left(\frac{df}{dx_2}\right)^2 \Delta x_2^2 + \dots + \left(\frac{df}{dx_n}\right)^2 \Delta x_n^2},$$

относительная

$$\delta = \frac{\Delta Y}{Y} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_1}\right)^2 \Delta x_1^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_2}\right)^2 \Delta x_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_n}\right)^2 \Delta x_n^2},$$

и СКО функции

$$\sigma_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \sigma_{x_n}^2},$$

где частные производные  $df/dx_1, df/dx_2, \dots$  вычисляются при  $x_1 = \bar{x}_2, x_1 = \bar{x}_1, \dots$ , 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  $b_i = dY/dx_i$  — абсолютного коэффициента влияния аргумента  $x$  в функцию  $Y$  ее абсолютная погрешность составит

$$\Delta Y = \sqrt{b_1^2 \Delta x_1^2 + b_2^2 \Delta x_2^2 + \dots + b_n^2 \Delta x_n^2} \quad (2.20)$$

Тогда относительная погрешность определяется как

$$\delta_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i \delta_i)^2}, \quad (2.21)$$

где  $B_i = \frac{\partial Y}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{Y}$  — относительный коэффициент влияния.

Аналогично если в качестве меры меры точности измерений выступает СКО, то

$$\sigma_Y = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i \sigma_i)^2}. \quad (2.22)$$

Если аналитические функциональные связи вида (1.19) не установлены, то при разработке методики выполнения измерений можно использовать опытные значения  $b_i$  и  $B_i$ :

$$\bar{b}_i = \Delta Y / \Delta x_i \quad \text{и} \quad \bar{B}_i = \frac{\Delta Y}{\Delta x_i} \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{Y}}, \quad (2.23)$$

где  $\Delta Y$  — изменение функции, вызванное изменением  $\Delta x_i$   $i$ -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 (0,1–5,0%) требования к точности их измерения невелики (2–5%);



— если коэффициенты влияния больше 0,05 (5%), то требования к точности информации повышаются до 1,0% и более.

В случае **взаимной зависимости** аргументов находят парные коэффициенты корреляции

$$\rho_{x_l x_k} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_l - \bar{x}_l)(x_k - \bar{x}_k)}{n\sigma_{x_l}\sigma_{x_k}}. \quad (2.24)$$

Значения  $\rho$  лежат в пределах  $-1 < \rho < +1$ . При  $\rho = 0$  величины взаимонезависимы. Однако, если даже  $\rho = 0$ , следует проверить значимость этой величины. Для этого используют  $t$ -критерий

$$t = (1 - \rho^2) / \sqrt{n}. \quad (2.25)$$

Если расчетное (по формуле 2.25) значение  $3t \leq \rho$ , то взаимосвязь между параметрами необходимо учитывать. Практически, если  $\rho < 0,20 - 0,25$ , корреляционную связь считают несущественной.

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

$$\sigma_Y = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i \sigma_i)^2 + 2\sum b_i b_k \rho_{x_l x_k} \sigma_{x_l} \sigma_{x_k}}, \quad (2.26)$$

где  $i=1, 2, \dots, i, \dots, k, \dots, n$ .

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  $x$ ,  $y$  и  $z$

$$R_{z, xy} = \sqrt{\frac{\rho_{xy}^2 + \rho_{yz} - 2\rho_{xz}\rho_{yz}\rho_{xy}}{1 - \rho_{xy}^2}}.$$

Коэффициент  $R$  всегда положителен и заключен между 0 и 1. Если, например, величина  $z$  находится в зависимости

от  $x$  и  $y$  как  $z = ax + by + c$ , то влияние величины  $x$  на изменение  $z$  оценивают частным коэффициентом корреляции

$$\rho_y(z, x) = \frac{\rho_{xz} - \rho_{yz}\rho_{xy}}{\sqrt{(1 - \rho_{xy}^2)(1 - \rho_{yz}^2)}}.$$

Аналогично определяется  $\rho_x(z, y)$ . Частные коэффициенты корреляции обладают теми же свойствами, что и коэффициенты линейной корреляции.

Алгоритм обработки результатов косвенных измерений включает следующие этапы.

1. Для результатов прямых измерений аргументов  $x$  вычисляют выборочные средние  $\bar{x} = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} x_{i,k}$  и выборочные стандартные отклонения

$$\sigma_{x_i} = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{k=1}^{n_i} (x_{i,k} - \bar{x}_i)^2}.$$

2. Для каждого аргумента вычисляют суммарные систематические погрешности в виде СКО

$$\sigma_{\Delta_i} = \sqrt{\sigma_{\text{СИ}_i}^2 + \sigma_{\text{суб}_i}^2 + \sigma_{\text{окр}_i}^2 + \dots},$$

где  $\sigma_{\text{суб}_i}^2$ ,  $\sigma_{\text{окр}_i}^2$  характеризуют разброс результатов из-за субъективных причин, округлений и т.п.

3. Находят выборочное среднее функции по  $m$  аргументам с учетом коэффициентов влияния

$$Y = \sum_{i=1}^m b_i \bar{x}_i.$$

4. Вычисляют стандартные отклонения случайных и систематических составляющих функции

$$\sigma_{\bar{Y}_\Delta^\circ} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (b_i \sigma_{x_i})^2}; \quad \sigma_{\bar{Y}_\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (b_i \sigma_{\Delta_i})^2}.$$

5. Сравнивают  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta^\circ}$  и  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta}$ :

а) если  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta} \leq \sigma_{\bar{Y}_\Delta}$ , то результат записывают в виде  $Y = Y + \Delta_c$  при вероятности  $P$ . Здесь, задавшись вероятностью  $P$ , полуинтервал  $\Delta_c$  находят с помощью коэффициентов Чебышева по формуле (2.13)  $\Delta_c = \gamma_P \sigma_{\bar{Y}_\Delta}$ ;

б) если  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta} \geq \sigma_{\bar{Y}_\Delta}$ , то результат записывают как  $Y = \bar{Y}$ , при  $P = \alpha$  и  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta}$ ;

в) если  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta}$  и  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta}$  сравнимы, то результат представляют в виде  $Y = \bar{Y}$ ;  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta}$ ;  $\sigma_{\bar{Y}_\Delta}$ .

Доверительные границы результатов косвенных измерений можно оценить и по формулам, аналогичным (2.14) и (2.15), предварительно оценив неисключенную составляющую систематической погрешности косвенного измерения как по каждому аргументу, так и в целом функции.

Представление относительной погрешности сложной функции (2.19) в виде

$$\delta = \frac{\Delta Y}{Y} = \pm d [\ln Y]$$

дает возможность вычислить погрешность функции по известным погрешностям аргументов (прямая задача); оценить допустимые погрешности аргументов, при которых общая погрешность не превысит заданной величины (обратная задача); оптимизировать условия измерений, обоснованно минимизируя суммарную погрешность, заранее установив требования к точности измерения, подобрать соответствующую аппаратуру.

**Пример 2.8.** Рассмотрим факторы, влияющие на погрешность определения удельного эффективного расхода топлива  $g_e$ , который может быть представлен в виде функции величин, измеряемых прямым методом:

$$g_e = 716,2 \frac{G \tau_n}{M_e n_\tau \tau},$$

где  $G$  и  $\tau$  — доза топлива и время ее расхода;  $n_\tau$  — постоянная частота вращения двигателя за время  $\tau_n$  ее измерения;  $M_e$  — крутящий момент на валу двигателя.

Тогда

$$\begin{aligned} \delta g_e &= \pm d (\ln 716,2 + \ln G + \ln \tau_n + \ln M_e + \ln n_\tau + \ln \tau) = \\ &= \pm (\delta G + \delta \tau_n + \delta M_e + \delta n_\tau + \delta \tau). \end{aligned}$$

В соответствии с ГОСТ 14846–69 величина  $g_e$  должна быть измерена с точностью до 1%. Если принять, что каждый из аргументов одинаково влияет на общую погрешность, то

$$\delta G = \delta \tau_n = \delta M_e = \delta n_\tau = \delta \tau = \pm \frac{1,0}{5} = \pm 0,2\%.$$

Однако известные методы не позволяют измерить  $M_e$  с точностью выше  $\pm 0,5\%$ , а  $G$  выше  $\pm 0,2\%$ . В то же время частоту вращения и 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  $\pm (0,5 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1) = \pm 1,0\%$ , 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  $\bar{Y}$  косвенного измерения и его погрешности) состоит в следующем:

- предполагают достаточную гладкость функции (2.19);
- разлагают эту функцию в ряд Тейлора в окрестности аргумента  $x_i$ ;
- исследуют значимость отбрасываемого остаточного члена ряда Тейлора, предполагая малость 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. При этом в информации о законе распределения аргумента нет необходимости. В качестве оценки  $\bar{Y}$  принимается полусумма максимального и минимального значений функции  $Y$ , а оценки абсолютной погрешности — полуразность этих значений:

$$\bar{Y} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}; \quad \Delta \bar{Y} = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{2}. \quad (2.27)$$

Тогда относительная погрешность

$$\delta_{\bar{Y}} = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max} + Y_{\min}} \cdot 100\%. \quad (2.28)$$

**Пример 2.9.** Измерение мощности  $P$  в активной нагрузке сопротивлением  $R = 100 \text{ Ом} \pm 5 \text{ Ом}$  определяется с помощью вольтметра класса точности  $\gamma = 1,5$  с пределом измерения  $U_r = 300 \text{ В}$ . Оценить измеренную мощность и погрешность, если прибор показал  $U_{\text{п}} = 240 \text{ В}$ .

*Решение.* 1. Предел абсолютной погрешности вольтметра составляет

$$\Delta V = U_r \gamma = 300 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} = 4,5 \text{ В}.$$

2. Относительная погрешность  $U$  и  $R$  составит

$$\delta_U = \frac{\Delta V}{U_{\text{п}}} \cdot 100\% = \frac{4,5}{240} \cdot 100 = 1,9\%;$$

$$\delta_R = \frac{\Delta R}{R} \cdot 100\% = \frac{5}{100} \cdot 100 = 5\%.$$

3. Из уравнения косвенного измерения  $P = U^2/R$  находим

$$P_{\max} = \frac{U_{\max}^2}{R_{\min}} = \frac{(200 + 4,5)^2}{95} = 629 \text{ Вт};$$

$$P_{\min} = \frac{U_{\min}^2}{R_{\max}} = \frac{(200 - 4,5)^2}{105} = 528 \text{ Вт}.$$

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

$$\bar{P} = (629 + 528)/2 = 579 \text{ Вт};$$

$$\Delta \bar{P} = (629 - 528)/2 = 51 \text{ Вт};$$

$$\delta \bar{P} = 51/579 = 8,8\%.$$

Надо отметить, что определение коэффициентов влияния при косвенных измерениях — задача весьма ответственная и трудоемкая. Необходимость оценки этих коэффициентов пока еще не нашла должного понимания, хотя знание их позволяет целенаправленно вести работу не только при оптимизации производственных процессов, но и при техническом обслуживании (ТО) 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  $y$ :

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

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

где  $\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_2, \beta_2, \dots$  — результаты прямых или косвенных измерений;  $a_1, b_1, \dots, a_2, b_2, \dots$  — физические константы 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. Характеристика 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 пять основных: передаточную функцию; комплексный коэффициент передачи — амплитудно-частотную характеристику (АЧХ); комплексную чувствительность — фазочастотную характеристику (ФЧХ); переходную функцию — реакцию на единичный скачок; импульсную (весовую) функции — реакцию на единичный импульс [84].

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 выделить следующие: 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  $y_{ст} = Sx(t)$  в статическом режиме при отсутствии инерционных свойств СИ, т.е.

$$\Delta_{дин} = y(t) - Sx(t) = y(t) - y_{ст}, \quad (2.29)$$

где  $S$  — 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  $\tau$  — фазовую динамическую погрешность:

$$\Delta_{дин} = y(t + \tau) - y_{ст}.$$

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 его 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.). Для этого связь между входным и выходным сигналами осуществляется через оператор  $B$  данного ИП

$$y(t) = B \cdot x(t). \quad (2.30)$$

Оператор  $B$  отражает характер отклика ИП на входной сигнал. Математически этот 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 используются переходная или импульсная функции, а в частотной — передаточная функция.

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 Чебышева, Лежандра и Лагерра.

Случайные сигналы могут быть представлены в виде некоторой случайной функции времени (случайный процесс) либо дискретной функцией времени (случайные последовательности). 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 функций, ограниченных во времени реализации; 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 Урысона, 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 следующие.

1. Единичная ступенчатая функция, представляющая собой мгновенные изменения величины на единицу (рис. 2.13, *a*)

$$x(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 0, \\ 1 & \text{при } t > 0. \end{cases}$$

Реакция  $h(t)$  на этот сигнал, называемая переходной характеристикой, воспроизводит скачок  $x(t)$  либо с запаздыванием  $\tau_a$  (кривая *a*), либо с колебанием (кривая *б*) с запаздыванием  $\tau_b$ .

2. Импульсная (весовая) функция ( $\delta$ -функция Дирака), равная нулю при  $t \neq 0$  и бесконечности при  $t = 0$ , но ее пло-

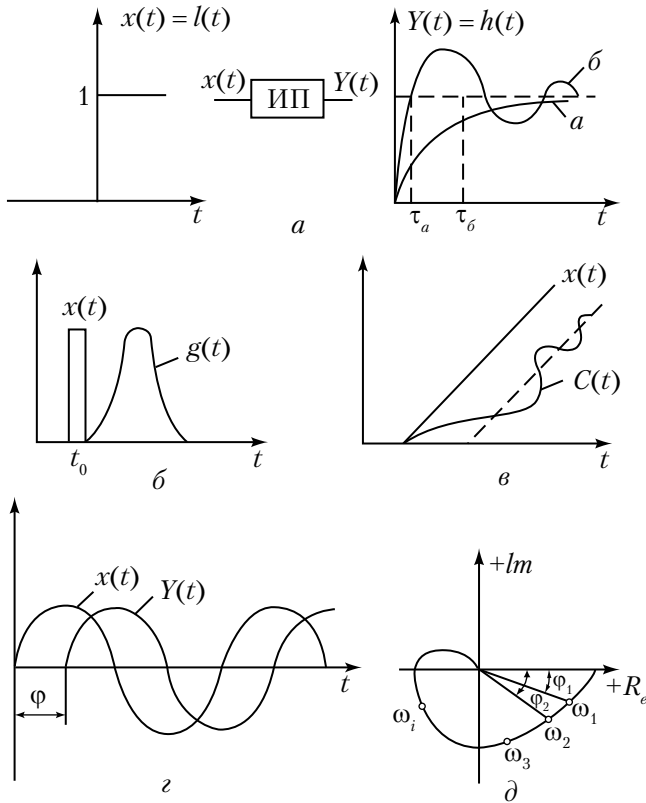


Рис. 2.13. Типовые воздействия при динамических измерениях

щадь равна единице, так как  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta t = 1$  (рис. 2.13, б). Реакция на импульсное воздействие — переходная характеристика  $g(t)$ .

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

$$x(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 0, \\ At & \text{при } t > 0. \end{cases}$$

Реакция на это воздействие — переходная характеристика  $c(t)$  на рис. 2.13, в.

4. Синусоидальная (гармоническая) функция  $x(t) = A \sin \omega t$ . Реакция на это воздействие — сигнал  $y(t)$  со сдвигом по фазе

на  $\omega$  (рис. 2.13,  $z$ ), который может быть и несинусоидальным. При изменении угловой частоты  $\omega$  от 0 до  $\infty$  можно получить амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФХ) (рис. 2.13,  $d$ ), которая позволяет судить о статических и динамических свойствах ИП в частотной области. Характеристики же  $h(t)$  и  $c(t)$  позволяют говорить об этих свойствах во временной области.

В комплексном виде АФХ

$$W(j\omega) = P(\omega) + j\theta(\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}, \quad (2.31)$$

где  $P(\omega)$  и  $j\theta(\omega)$  — действительная и мнимая часть уравнения;  $X(j\omega)$  и  $Y(j\omega)$  — преобразования Фурье входного воздействия и реакции объекта на нее;  $A(\omega)$  — амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);  $\varphi(\omega)$  — фазовая частотная характеристика (ФЧХ).

Другими словами, АЧХ и ФЧХ представляют 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  $g(t)$  по уравнениям:

$$\left. \begin{aligned} \text{или} \quad W(j\omega) &= j\omega \int_0^{\infty} h(t)e^{j\varphi(\omega)t} dt \\ W(j\omega) &= j\omega \int_0^{\infty} g(t)e^{j\varphi(\omega)t} dt \end{aligned} \right\} \quad (2.32)$$

В свою очередь

$$h(t) = \int_0^t g(t)dt; \quad g(t) = dh(t)/dt; \quad g(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(t\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad \text{и т.д.}$$

Все ИП могут иметь различные динамические характеристики, но большинство из них с некоторыми допущениями можно отнести к одному из типовых звеньев: безынерционному (усилительному), аperiodическому, 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  $x$ ,  $y$  и их производные

$$f_1(y^n, y^{n-1}, \dots, y', y) = f_2(x^m, x^{m-1}, \dots, x', x). \quad (2.33)$$

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

$$a_n y^n + a_{n-1} y^{n-1} + \dots + a_0 y = b_0 x + \dots + b_{m-1} x^{m-1} + b_m x^m, \quad (2.34)$$

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  $f_1$  и  $f_2$  уравнения (2.33) по соответствующим переменным. Для ИП, которые даже приближенно не могут считаться линейными, можно применять любые характеристики, устанавливающие связь между  $y$  и  $x$ .

Используя преобразования Лапласа, динамическую характеристику (2.31) можно представить при нулевых начальных условиях в виде **передаточной функции**

$$W(P) = \frac{Y(P)}{X(P)} = \frac{b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \dots + b_0}{a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_0}, \quad (2.35)$$

где  $Y(P)$  и  $X(P)$  — изображения по Лапласу выходного и входного сигналов;  $P$  — комплексный параметр.

В частности, заменив в уравнении (2.35)  $p = j\omega$ , 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

$$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0 = 0 \quad (a_n > 0).$$

По уравнению (2.33) оценивают динамическую устойчивость ИП, так как только устойчивые ИП могут быть работоспо-

собными в динамическом режиме. По передаточной функции  $W(P)$  определяют реакцию ИП на изменение входного сигнала. Например, при воздействии импульсного сигнала

$$W(P) = \int_0^{\infty} g(t) e^{-Pt} dt.$$

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.

Таблица 2.5

### Передаточные функции типовых звеньев

Звено	Передаточная функция $W(P)$	Схема соединения звеньев	Передаточная функция $W(P)$
Безынерционное (усилительное)	$K$	Последовательное соединение звеньев	$W_p(P) = W_1(P) \times \times W_2(P) \dots W_n(P)$
Идеальное дифференцирующее	$K_p$		
Реальное дифференцирующее	$\frac{K_p}{T_p + 1}$	Параллельное соединение звеньев	$W_p(P) = W_1(P) + + W_2(P) + \dots + W_n(P)$
Идеальное интегрирующее	$K/p$		
Реальное интегрирующее	$\frac{K}{P(T_p + 1)}$	Встречно-параллельное соединение двух звеньев с обратной связью	$W_p(P) = = \frac{W_1(P)}{1 \pm W_1(P)W_3(P)}$
Апериодическое (инерционное)	$\frac{K}{T_p + 1}$		
Колебательное	$\frac{K}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}$	Замкнутая система	$W_3(P) = \frac{W_n(P)}{W_p(P) + 1}$

В табл. 2.5. обозначено:  $K$  — коэффициент усиления;  $T$  — постоянная времени;  $\xi$  — коэффициент успокоения (демпфирования); знак «+» при положительной, а «-» — при отрицательной обратной связи;  $W_3(P)$  и  $W_p(P)$  — соответственно передаточные функции замкнутой и разомкнутой систем.

**Пример 2.10.** Для термоприемника (термопары, термометра сопротивления и т.п.), имеющего передаточную функцию  $W(P) = \frac{1}{T_p + 1}$ , найти погрешность  $\Delta_g(t)$  при  $x(t) = \text{const}$ , линейном и параболическом входном сигнале.

*Решение.* Сначала находим

$$C_0 = W(P) - 1 \Big|_{P=0} = 0;$$

$$C_1 = \frac{d[W(P) - 1]}{dp} \Big|_{P=0} = -\tau;$$

$$C_2 = \frac{d^2[W(P) - 1]}{dp^2} \Big|_{P=0} = \tau(\tau - 1).$$

Тогда при  $x(t) = a = \text{const}$ ;  $\Delta_g(t)_1 = C_0 a = 0$ . При линейном входном сигнале  $x(t) = bt + a$ ,  $\Delta_g(t)_2 = C_0(bt+a) + C_1 b = -\tau b$ . При параболическом  $x(t) = a + bt + lt^2$ . Значит

$$\begin{aligned} \Delta_g(t)_3 &= C_0(a + bt + lt^2) + C_1(b + 2lt) + C_2 l = -\tau(b + 2bt) + \\ &+ \tau(\tau - 1)l = -2\tau lt - \tau = -\tau(2lt + b + l) + \tau^2 l. \end{aligned}$$

### 2.10.3. Динамические погрешности случайных процессов

Обычно на вход ИП подается 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 предыдущем разделе, 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 используется аппарат математической теории 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  $D_x(t) = \sigma_x^2(t) = M[x(t) - m_x(t)]$ ;
- корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2) = M[\overset{\circ}{x}(t_1)\overset{\circ}{x}(t_2)]$ ,

где  $\overset{\circ}{x}(t_1) = x(t_1) - m_x(t)$  и  $\overset{\circ}{x}(t_2) = x(t_2) - m_x(t)$  – центрированные величины. При  $t_1 = t_2$   $K_x(t_1, t_2) = M[\overset{\circ}{x}(t_1)^2] = \sigma_x^2(t)$ . Если  $t_2 = t_1 + \tau$ , то  $K_x(t_1, t_1 + \tau) = K_x(\tau)$ .

*Корреляционная функция* – это мера связи между значениями этой функции в моменты времени  $t_1$  и  $t_1 + \tau$ .

Функция корреляции между значениями одного случайного процесса в два разных момента времени  $(t, t')$  называется *автокорреляционной функцией*.

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

$$R_x(t, t') = \frac{K_x(t, t')}{\sqrt{D_x(t)D_x(t')}} = \frac{K_x(t, t')}{\sqrt{K_x(t, t)K_x(t', t')}}. \quad (2.36)$$

Нормированную к дисперсии автокорреляционную функцию  $R(\tau) = K_x(\tau)/\sigma_x^2$  называют *коэффициентом корреляции*. Нормированная автокорреляционная функция случайных погрешностей случайных функций играет ту же роль, что и СКО и доверительный интервал при анализе случайных погрешностей случайных величин – характеризует погрешность результата.

Если корреляционная функция зависит только от разности аргументов в моменты времени  $t$  и  $t'$ , то она аппроксимируется как

$$K_x(\tau) = D_x e^{-\alpha/\tau}(t), \quad (2.37)$$

где  $\tau = t - t'$ ;  $\alpha$  – постоянный коэффициент, характеризующий плотность потока импульсов (т.е. среднее их количество), действующих в единицу времени. Если интервал корреляции  $\tau_0$ , то  $\alpha = \frac{1}{\tau_0}$ .

Для оценки  $\alpha$  можно использовать следующий прием. Как правило, до эксперимента в случайном процессе могут быть выделены быстро- и медленнопеременные составляющие со своими дисперсиями  $D_6$  и  $D_M$ , тогда

$$D_x = D_6 - D_M.$$

Это деление осуществляют по спектральному признаку граничной частоты  $\omega_r$ . Обычно  $\omega_r = 0,05$  Гц и соблюдается условие  $0,1 \leq D_6/D_M \leq 10$ . Тогда  $\alpha = \omega_r D_6 / t_d \pi D_M$ .

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  $K_x(\tau)$ , характеристика — спектральная плотность  $S(\omega)$ . При спектральном разложении стационарной случайной функции  $x(t)$  на конечном времени  $(0, t)$  справедлива взаимосвязь (преобразование Фурье)

$$S_x(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} K_x(\tau) \cos \omega \tau d\tau.$$

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

$$S_y(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_x(\omega).$$

Тогда дисперсия шума на выходе, характеризующая динамическую погрешность СИ:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |W(j\omega)|^2 S_x(\omega) d\omega.$$

**Пример 2.11.** На вход СИ с передаточной функцией  $W(j\omega) = \frac{1}{j\omega\tau + 1}$  поступает помеха со спектральной плотностью  $S_x(\omega) = 4a / (a^2 + \omega^2)$ . Найти динамическую погрешность в виде СКО.

*Решение.* Спектральная плотность на входе СИ составит

$$S_y(\omega) = \frac{4a}{(a^2 + \omega^2)(1 + \omega^2\tau^2)}.$$

Тогда

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{4a}{(a^2 + \omega^2)(1 + \omega^2\tau^2)} d\omega = \frac{2}{1 + a\tau}$$

или

$$\sigma_{\text{дин}} = \sqrt{\frac{2}{1 + a\tau}}.$$



## 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 неразрешима 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.

Этого можно достичь, например, минимизируя случайную погрешность большим числом измерений. Однако последнее 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

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{C_{\Sigma}} + \dot{\Delta}_{\Sigma}, \quad (2.38)$$

где  $\Delta_{C_{\Sigma}}$  и  $\overset{\circ}{\Delta}_{\Sigma}$  — сгруппированные суммы соответственно систематических и случайных составляющих.

При этом систематическая погрешность может суммироваться только с доверительным интервальным значением случайной погрешности  $\overset{\circ}{\Delta}_{\Sigma} = t_{\Sigma} \sigma_{\Sigma}$ , где  $t_{\Sigma}$  и  $\sigma_{\Sigma}$  — 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  $i$ -ми составляющими отсутствует, т.е. коэффициент корреляции  $\rho = 0$ , то используется геометрическое суммирование

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}. \quad (2.39)$$

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

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}. \quad (2.40)$$

Вообще 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  $t_{\Sigma} \cong 2$ .

Если известны доверительные интервалы по каждой составляющей суммарной случайной погрешности  $\overset{\circ}{\Delta}_i$ , то

$$\overset{\circ}{\Delta}_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\overset{\circ}{\Delta}_i)^2}. \quad (2.41)$$

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 (2.39). Учитывая, что систематические погрешности в известной мере определяются случайными причинами, в формулу типа (2.39) вводится поправочный коэффициент  $K_p$ , зависящий от доверительной вероятности  $P$ :

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{c\Sigma} &= K_p \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_{c_i}^2} \\ \delta_{c\Sigma} &= K_p \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{c_i}^2} \end{aligned} \right\}, \quad (2.42)$$

где  $K_p$  выбирается из ряда значений, приведенного в формуле (2.10).

Формула (2.42) систематическую погрешность переводит в разряд случайных, осуществляя рандомизацию систематической составляющей. Сущность рандомизации состоит в следующем. Пусть, например, систематическая погрешность СИ изменяется от экземпляра к экземпляру. Вся совокупность (партия) СИ данного вида и класса характеризуется функцией плотности, СКО или интервалом, в котором с установленной вероятностью находится систематическая погрешность  $\Delta_{СИ}$  СИ. Поэтому при работе с данным СИ в силу отсутствия информации о погрешностях конкретного экземпляра используют распределения погрешностей для всей совокупности, т.е. фактически учитывают систематическую погрешность как случайную.

Это же относится к округлению результата, при считывании его, когда информация о величине и знаке погрешности округления тоже неизвестна.

Тогда если, например, систематическая погрешность измерения определяется тремя составляющими: погрешностями СИ, погрешностями метода и погрешностями округления результата, то

$$\sigma_{c\Sigma} = \sqrt{\sigma_{СИ}^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{окр}^2},$$

где  $\sigma_{СИ}$  — СКО погрешности СИ; при известной предельной погрешности  $\Delta_{пр}$  СИ определяется как  $\sigma_{СИ} = \Delta_{пр}/3$ ;  $\sigma_{окр}$  — СКО погрешности округления результата; при известной

цене деления  $C$  шкалы СИ определяется как  $\sigma_{\text{окр}} = C\sqrt{12}$ ;  $\sigma_M$  — СКО погрешности метода измерения.

Практически все  $\sigma_i < 0,3\sigma_{\text{max}}$  (где  $\sigma_{\text{max}}$  — максимальная величина из всех влияющих) отбрасываются. Это объясняется тем, что, исходя из геометрического сложения погрешности (2.39), «вклад» погрешности  $\sigma_i$  в общий результат быстро падает по мере уменьшения  $\sigma_i$ .

Если выделены основная и дополнительная погрешности, то результирующая погрешность определяется по формуле (2.42).

**Пример 2.12.** При измерении электрических параметров ТС установлено, что общая погрешность результата определяется четырьмя составляющими: основной погрешностью СИ  $\delta_{\text{СИ}} = \pm 1\%$  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 (2.42) получим

$$\delta_{\Sigma} = 0,95\sqrt{1^2 + 0,5^2 + 0,45^2 + 1^2} = 1,49 \approx 1,5\%.$$

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 иммитанса марки E7-14 при различных диапазонах измерения и добротностях приведена в табл. 2.6.

Таблица 2.6

### Допускаемая погрешность измерения сопротивления

Диапазон измерения	Конечное значение диапазона $R_k$ , Ом	Предел допустимого значения основной погрешности, Ом
0,1—1000 мОм	1	$10^{-3}(1+Q)R + 3 \cdot 10^{-4}R_k$
0,001—10 Ом	10	$10^{-3}(1+Q)R + 2 \cdot 10^{-4}R_k$
0,01—100 Ом	100	$10^{-3}(1+Q)R + 2 \cdot 10^{-4}R_k$
100—1000 Ом	1000	$[10^{-3}(1+Q)R + 2 \cdot 10^{-4}R/R_k]R$
1—10 кОм	10 000	$[10^{-3}(1+Q)R + 2 \cdot 10^{-4}R/R_k]R$

При большем изменении измеряемой 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 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 ее 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  $\rho$  найти невозможно, то все погрешности должны быть условно разделены:

- на сильно коррелированные при  $0,7 \leq |\rho| \leq 1$ , для которых считают  $\rho = \pm 1$  в зависимости от знака коэффициента корреляции;
- слабо коррелированные при  $0 \leq |\rho| \leq 0,7$ , 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  $\Delta = z_p S_\Sigma$ , где  $z_p$  — квантильный множитель, определяемый через функцию Лапласа;  $S_\Sigma$  — 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% [4]. Поэтому использовать его надо весьма осмотрительно.

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

$$\Delta = 1,6S_\Sigma . \quad (2.43)$$

Действительно, как показано в работе [4], для широкого класса симметричных, высокоэнтропийных ( $k > 1,7$ ) распределений, а именно для равномерного, треугольного, трапецидального, нормального, экспоненциального с показателем степени  $\alpha > 2/3$ , двухмодальных с глубиной антимодальности менее 1,5. Интегральные кривые  $F(x)$  в области 0,05 и 0,95 квантилей пересекаются между собой в очень узком интервале значений  $X/S = 1,6 \pm 0,05$ . Поэтому с погрешностью 0,058 можно считать, что квантили 0,05 и 0,95 для любых из этих распределений могут быть найдены как  $X_{0,05} = X_{\text{ц}} - 1,6S$  и  $X_{0,95} = X_{\text{ц}} + 1,6S$ , где  $X_{\text{ц}}$  — координата центра распределения;  $ST$  — его СКО. Отсюда следует, что значение доверительного интервала, найденное по формуле (2.43), 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  $\Delta = z_p S_\Sigma$  в работе [4] предложено вместо большого числа таблиц квантилей разнообразных распределений найти для близких классов распределений аппроксимирующие выражения  $z_p = f(\varepsilon, P)$ , где  $\varepsilon$  — эксцесс распределения.

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

Изложенное позволяет сделать некоторые практические рекомендации 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  $\rho \geq 0,7$ , либо ее полное отсутствие при  $\rho < 0,7$ .

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 (подп. «б»), не представляется возможным, так как оно стремится к нулю при увеличении числа погрешностей. Поэтому случайные погрешности оценивают через СКО  $\sigma_x$  или предельной погрешностью ( $\Delta_{\text{пр}} = \pm 3\sigma_x$ ).

4. Погрешность несоответствия математической модели реальному объекту измерения не должна превышать 10% от заданной погрешности измерения. Поскольку погрешность результата определяется составляющей, имеющей наибольшую погрешность  $\Delta_{\text{max}}$ , стремление уменьшить другие составляющие практически не имеет смысла. Следует стремиться уменьшить прежде всего  $\Delta_{\text{max}}$ . Например, погрешность косвенного измерения, как правило, в 3–4 раза выше погрешности СИ. В этих условиях улучшение метрологических характе-



ристик СИ не дает заметного снижения результирующей погрешности измерения — нужно изменить, например, методику измерений. Это обстоятельство частично объясняет наличие большого количества нестандартизированных СИ, когда их разработкой стараются от косвенных методов измерения перейти к прямым с помощью таких СИ.

5. Нестабильность измеряемого параметра в течение времени измерения не должна превышать 10% от 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 известные 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 достигает от 5 до 80%. При динамических измерениях этот разброс еще выше.

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

1. *Методические*, не зависящие 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:

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

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

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

4) рассчитать инструментальную составляющую до полной разработки методик выполнения измерений;

5) оценить все погрешности по группам I и II, а затем суммировать их по вышеприведенным правилам.

### **Контрольные вопросы и задания**

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.

Классификация СИ приведена на рис. 3.1. Назначение и специфика приведенных СИ очевидны из рис. 3.1. Кратко дадим лишь пояснения к классификации по РМГ 29—99.

1. **Меры** — это СИ, воспроизводящие или хранящее 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.

**2. Измерительные преобразователи** — СИ, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации

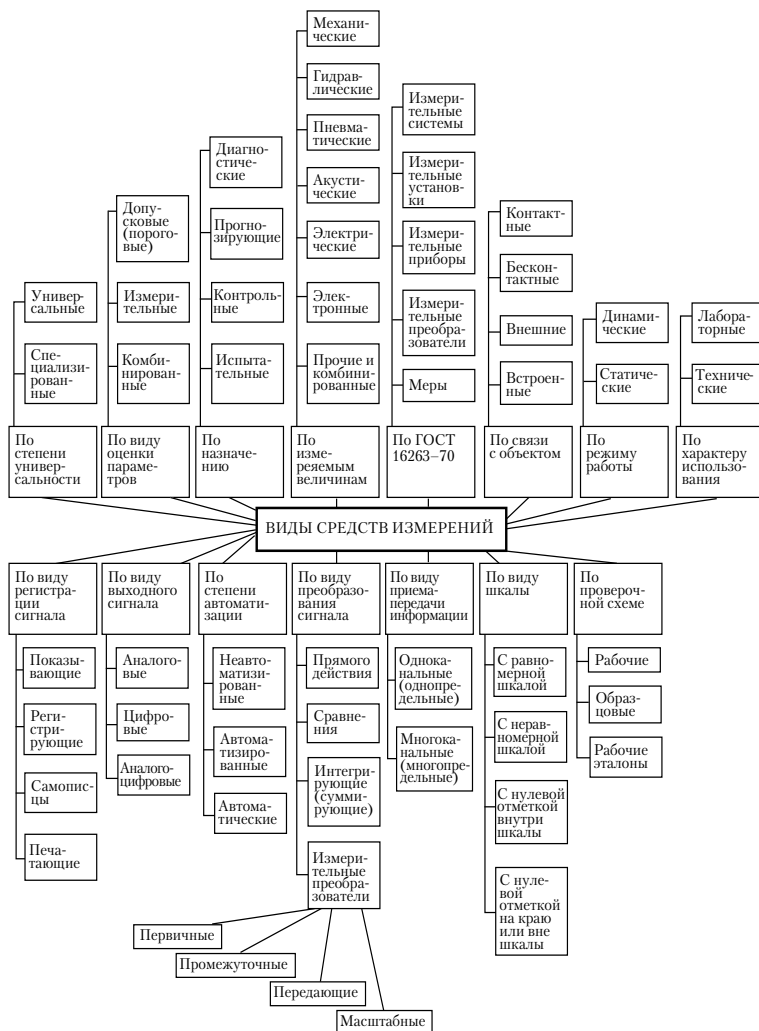


Рис. 3.1. Классификация средств измерений

в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Это терморпары, 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, к примеру, трансформатор тока или напряжения.

**3. 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.

**4. 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.

**5. Техническая система и устройства с измерительными функциями** — 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. Ранее это комплекс назывался измерительной системой.

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 техни-

ческого диагностирования и 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 оценки точности измерений; достижения взаимозаменяемости СИ, сравнения СИ между собой и выбора нужных СИ по точности и другим характеристикам; оценки 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 таких 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) устанавливают 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

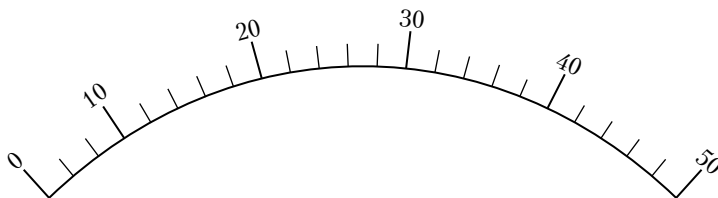


Рис. 3.2. Неравномерная шкала СИ

предел измерения по шкале составляет 50 ед., а диапазон — 10—50 ед.

**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  $\Delta y$  на выходе СИ к вызвавшему это изменение изменению  $\Delta x$  сигнала на входе

$$S = \Delta y / \Delta x.$$

Например, для стрелочного СИ — это отношение перемещения  $dl$  конца стрелки к вызвавшему его изменению  $dx$  измеряемой величины

$$S = dl / dx.$$

Таким образом, для неравномерных шкал величина  $S = \text{var}$ , и степень неравномерности шкалы оценивают через коэффициент

$$J = S^{\max} / S^{\min}.$$

Для равномерных шкал  $S = S_{\text{cp}} = \text{const}$  и  $S_{\text{cp}} = l / x_N$ , где  $x_N$  — диапазон измерений.

Поскольку  $x$  и  $y$  могут быть выражены в различных единицах, то величина  $S$  имеет размерность  $\left[ \frac{\text{мм}}{\text{А}} \right]$ ,  $\left[ \frac{\text{мм}}{\text{В}} \right]$ ,  $\left[ \frac{\text{градус}}{\text{В}} \right]$  и т.д. Говоря о чувствительности, указывают чувствительность тока, напряжения и т.д.

Иногда для оперирования безразмерными единицами вводят понятие относительной чувствительности

$$S_0 = (\Delta y / y_0) / (\Delta x / x_0),$$

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:

$$H = |x_v - x_y|,$$

где  $x_v$ ,  $x_y$  — значения измерений образцовыми СИ при возрастании и убывании величины  $x$ .

Следует иметь в виду, что хотя вариация показаний СИ вызывается случайными факторами, сама она — неслучайная 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 изменять свой вид 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 делят на основные и дополнительные.

Основная погрешность — это погрешность СИ при нормальных условиях эксплуатации. Как правило, нормальными условиями эксплуатации являются: температура  $293 \pm 5$  К или  $20 \pm 5$  °С, относительная влажность воздуха  $65 \pm 15\%$  при  $20$  °С, напряжение в сети питания  $220$  В  $\pm 10\%$  с частотой  $50$  Гц  $\pm 1\%$ , атмосферное давление от  $97,4$  до  $104,0$  кПа, отсутствие электрических и магнитных полей (наводок).



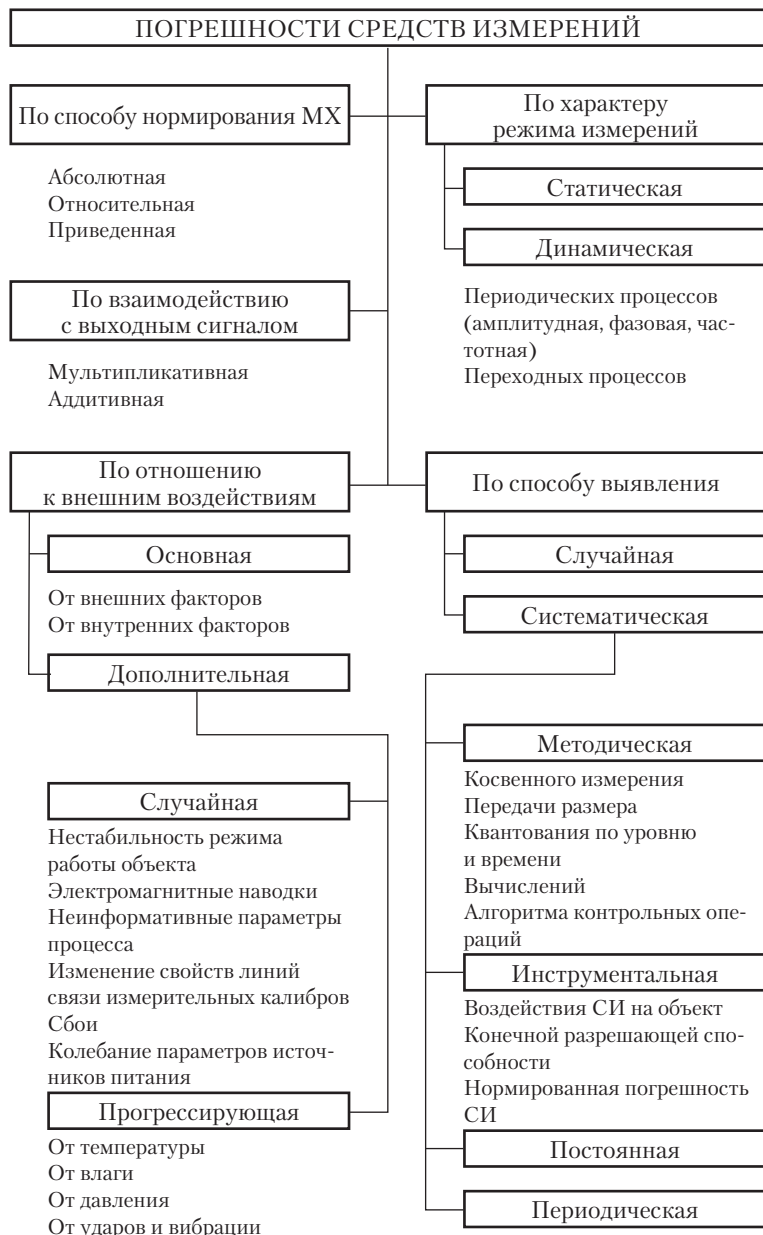


Рис. 3.3. Классификация погрешностей СИ

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

Существует три способа нормирования основной погрешности СИ:

а) нормирование пределов допускаемой абсолютной ( $\pm\Delta$ ) или приведенной ( $\pm\gamma$ ) погрешностей, постоянных во всем диапазоне измерения;

б) нормирование пределов допускаемой абсолютной ( $\pm\Delta$ ) или относительной ( $\pm\delta$ ) погрешностей в функции измеряемой величины;

в) 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

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

где  $\Delta_0$  — основная погрешность СИ;  $\Delta_i$  — 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  $10^\circ\text{C}$ , означает, что при изменении температуры среды на каждые  $10^\circ\text{C}$  добавляется дополнительная погрешность  $1\%$ .

Вследствие сложности разделения дополнительных и основных погрешностей поверку СИ выполняют только

при нормальных условиях (т.е. дополнительные погрешности исключены).

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  $x$  СИ и действительным значением  $x_d$  измеряемой величины:

$$\Delta = |x - x_d|.$$

В качестве  $x_d$  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):  $\Delta = \pm a$ ;
- б) либо в виде линейной зависимости (линии 2 и 3):  
 $\Delta = \pm bx$ ;

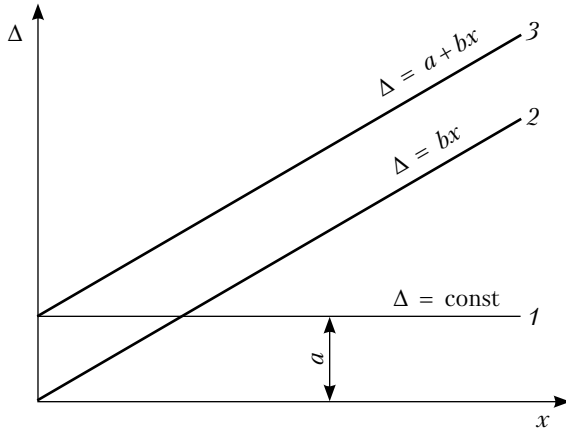
$$\Delta = \pm (a + bx);$$

- в) в виде функции  $\Delta = \phi(x)$  или графика, таблицы.

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).



**Рис. 3.4. Формирование аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности**

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

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x_d} \cdot 100\%. \quad (3.1)$$

Эта формула показывает, что для одного и того же СИ  $\delta$  уменьшается с ростом  $x_d$  и приближается к  $\infty$  при  $x_d \rightarrow 0$ , т.е. 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  $\Delta = \text{const}$ , а  $\delta$  будет изменяться по гиперболе (рис. 3.5, *а*). В этом случае удобнее нормировать абсолютную  $\Delta = \pm a$  или приведенную погрешность  $\gamma = \pm (a/x) = \text{const}$ .

В СИ с преобладающей мультипликативной погрешностью удобнее нормировать предел допустимой относительной погрешности  $\delta = \pm c = \text{const}$  (рис. 3.5, *б*). Таким способом

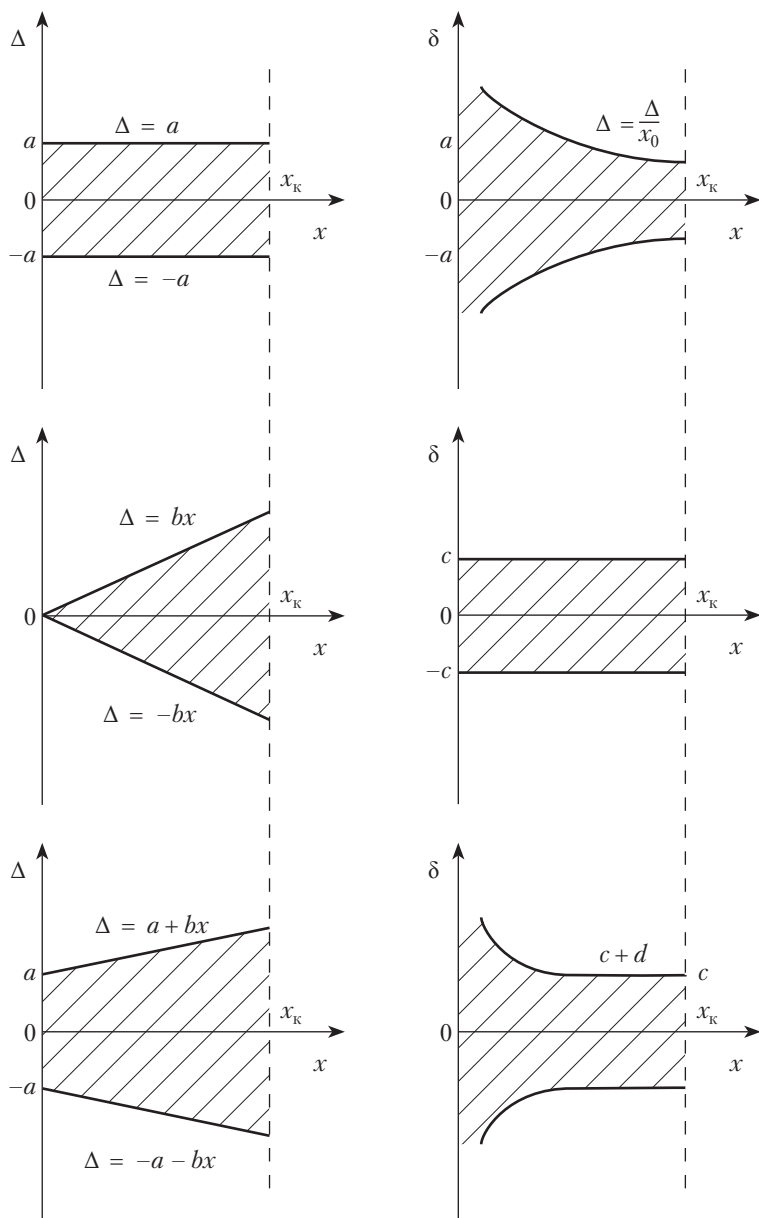


Рис. 3.5. Нормирование погрешностей с аддитивной и мультипликативной составляющими

нормируют счетчики электроэнергии, мосты постоянного и переменного тока.

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

Действительно, пусть  $\Delta = \pm(a + bx)$ , тогда

$$\delta = \pm\Delta/x = \pm(a + bx) = \pm(b + a/x).$$

Чтобы связать  $\delta$  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

$$\delta = \pm \left( b + \frac{a}{x_k} - \frac{a}{x_k} + \frac{a}{x} \right).$$

Обозначим  $c = (b + a/x_k) = \text{const}$  и  $d = a/x_k = \text{const}$ .

Откуда

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

Из этой формулы следует, что минимальное значение  $\delta_{\min}$  будет при  $x = x_k$ . Однако на практике имеют место и другие случаи получения варианта б. Поэтому вводят значение  $\delta_{\min}$ , соответствующее  $x_0$ , тогда

$$\delta = \pm[c + d(x_0/x - 1)] \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

Здесь значение  $\delta$  возрастает как при убывании, так и при возрастании величины  $x$  относительно  $x_0$ .

Физически величина  $c$  есть погрешность в начале диапазона  $\delta_n = c$ , величина  $d$  — погрешность в конце диапазона  $\delta_k = c$  измерения, т.е.

$$c = \delta_n = \Delta_0/x_k; \quad d = \delta_k = \delta_n + \delta_m; \quad \delta_m = \Delta(x)/x,$$

где  $\Delta_0$  — аддитивная составляющая погрешности;  $x_k$  — предел измерения;  $\delta_m$  — мультипликативная составляющая погрешности;  $\Delta(x)$  — значение абсолютной погрешности, возрастающей прямо пропорционально текущему значению  $x$  измеряемой величины.

Формула (3.2) применяется для нормирования погрешностей высокоточных СИ — цифровых СИ, 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  $\delta$  (кроме случая, показанного на рис. 3.6, б). Поэтому получило большое распространение нормирование приведенной погрешности как отношение  $\Delta$  к нормируемому значению  $x_N$  (в %):

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\%. \quad (3.3)$$

Нормирующее значение  $x_N$  выбирают по-разному 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, д).

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:

1) конечному значению рабочей части шкалы  $x_N = x_K$ , если нулевая отметка на краю или вне рабочей части шкалы (рав-

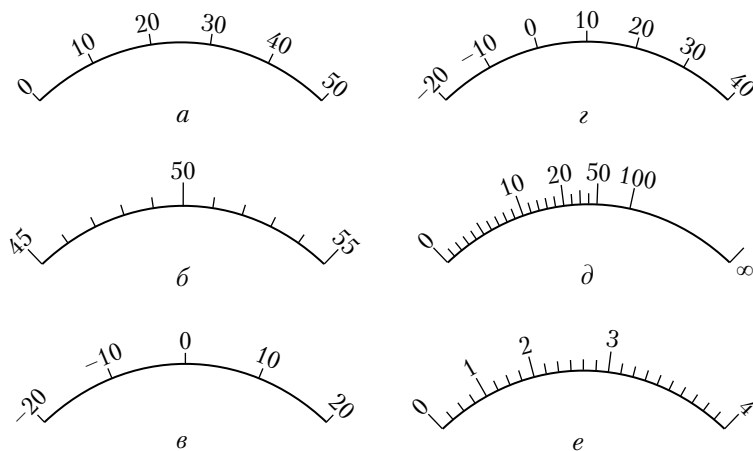


Рис. 3.6. Виды шкал СИ

номерная шкала рис. 3.6, *a* –  $x_N = 50$ ; рис. 3.6, *б* –  $x_N = 55$ ; степенная шкала –  $x_N = 5$  на рис. 3.6, *e*);

2) 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* –  $x_N = 20 + 40 = 60$ );

3) длине шкалы, если она существенно неравномерна. В этом случае, поскольку длина выражается в миллиметрах, то абсолютную погрешность надо выражать в миллиметрах (рис. 3.6, *д*);

4) 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  $x$  может принимать случайные значения в интервале от  $+\Delta$  до  $-\Delta$ , то погрешность квантования есть случайная аддитивная статическая погрешность. Она не зависит ни от текущего значения  $x$ , ни от скорости изме-

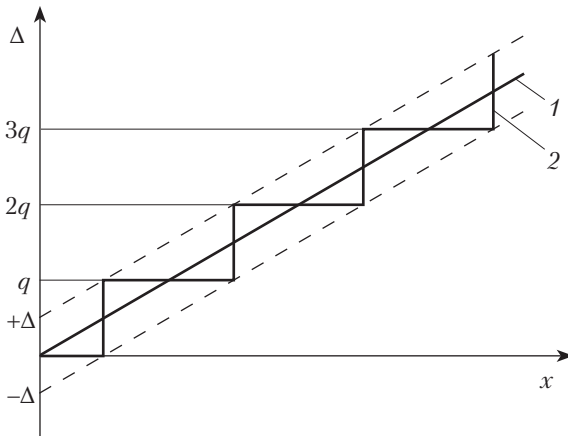


Рис. 3.7. Погрешность квантования цифровых СИ



нения  $x$  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.

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 или нескольких индивидуальных характеристик с указанием границ в конкретных условиях применения.

**Характеристики систематической составляющей** погрешности СИ нормируют путем установления либо положительного и отрицательного допускаемых пределов  $\Delta_{SP}$ , либо  $\Delta_{SP}$  совместно с математическим ожиданием  $M[\Delta_c]$  и СКО  $\delta[\Delta_c]$  систематической составляющей.

**Характеристики случайной составляющей погрешности** нормируют путем установления либо ее допускаемого предела СКО  $\sigma_p[\dot{\Delta}]$ , либо  $\sigma_p[\dot{\Delta}_n]$  совместно с номинальной нормализованной автокорреляционной функцией  $r_{\Delta}^{\circ}[\tau]$  или номинальной функцией спектральной плотности  $\int \dot{\Delta}(\omega)$  случайной составляющей и пределами допускаемых отклонений этих функций от номинальных.

Погрешность от гистерезиса  $\dot{\Delta}_n$  нормируется установлением предела  $H_p$  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)  $\Delta_p$  допускаемой погрешности совместно с  $H_p$ . При этом дается оценка значимости составляющих погрешности (см. параграф 2.9).

Характеристики погрешности нормируются для СИ, если значение СКО случайной составляющей в каждой точке диапазона измерений несущественно и не превышает установленного в нормативно-технической документации (НТД) значения

$$q_{\max} (\text{в } \% \text{ от } \Delta_p); \sigma[\overset{\circ}{\Delta}] \leq q_{\max} \Delta_p / 100.$$

Для СИ, не входящих в измерительные системы и комплексы, когда их погрешность в рабочих условиях определяется верхней  $\Delta_v$  и нижней  $\Delta_n$  границами интервала, в котором в нормальных условиях лежит погрешность с заданной вероятностью  $P$ , ограничение  $q_{\max}$  не вводится.

**Функции влияния** нормируют установлением либо номинальной функции  $\Psi_f(\xi)$  и пределами допускаемых от нее отклонений, либо граничных функций, включая верхний  $\Psi_v(\xi)$  и нижний  $\Psi_n(\xi)$  пределы. Второй способ используется в случае большого разброса функций влияния по множеству данного типа СИ.

**Изменения значений МХ, вызванные изменениями** влияющих величин, нормируют установлением пределов  $\varepsilon_p(\xi)$  при заданной величине изменения влияющих факторов. Такие пределы изменения значений МХ называются пределами допускаемой дополнительной погрешности СИ.

Величины  $\Psi(\xi)$  и  $\varepsilon_p(\xi)$ , как правило, нормируют отдельно от каждого влияющего фактора. Если таких факторов несколько, то устанавливают соответственно либо  $\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots)$ , либо  $\varepsilon_p(\xi_1, \xi_2, \dots)$ .

**Полную и частную динамическую характеристику (ДХ)** 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 параграфе 3.2 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 в себя систематическую и случайную погрешности. Однако он не является непосредственной характеристикой точности измерений, выполняемых с помощью этих СИ, поскольку точность измерения зависит еще от ряда факторов (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% от 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.

1. В качестве норм служат пределы допускаемых погрешностей, включающие в себя систематические и случайные составляющие.

2. Основная  $\delta_{\text{осн}}$  и все виды дополнительных погрешностей  $\delta_{\text{доп}}$  нормируются порознь (см. параграф 3.2).

Первое положение свидетельствует о необходимости разрабатывать СИ с учетом однократного отсчета показаний по величине общей погрешности.

Второе положение направлено на обеспечение максимальной однородности однотипных СИ.

Например, можно обеспечить  $\delta_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}$  за счет любого

$\delta_i$ . Однако 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  $\delta_{\text{осн}}$ . Пределы допускаемой дополнительной погрешности устанавливают в виде дольного (краткого) значения  $[\delta_{\text{осн}}]$ .

Классы точности присваиваются 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 погрешности выражают в форме абсолютной, относительной или приведенной погрешностей. Способ выражения погрешностей зависит от характера изменения погрешности по диапазон 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 в форме приведенной погрешности, а если эти границы нельзя считать постоянными — то в форме 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

$$\delta = \pm A \cdot 10^n, \quad (3.4)$$

где  $A = 1; 1,5; (1,6); 2; 2,5; (3); 4; 5$  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):  $\gamma = \pm A \cdot 10^n$ .

Абсолютная погрешность может выражаться одним числом  $\Delta = \pm a$  при неизменных границах, двучленом  $\Delta = \pm (a + bx)$  — 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 $\Delta$ , 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. То есть это число — условное обозначение и не определяет значение погрешности.

Класс точности через относительную погрешность СИ назначается двумя способами.

1. Если погрешность СИ имеет в основном мультипликативную составляющую, то пределы допускаемой основной относительной погрешности устанавливают по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} \cdot 100\% = A \cdot 10^n = \pm q. \quad (3.5)$$

Так обозначают классы точности мостов переменного тока, счетчиков электроэнергии, делителей напряжения, измерительных трансформаторов и др.

2. Если СИ имеют как мультипликативную, так и аддитивную составляющие, то класс точности обозначается двумя цифрами, соответствующими значениями  $c$  и  $d$  формулы

$$\delta = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{x_0}{x} \right| - 1 \right) \right]. \quad (3.6)$$

Здесь  $c$  и  $d$  выражаются также через ряд (3.4). Причем, как правило,  $c > d$ . Например, класс точности 0,02/0,01 означает, что  $c = 0,02$ , а  $d = 0,01$ , т.е. приведенное значение относительной погрешности к началу диапазона измерения  $\gamma_n = 0,02\%$ , а к концу —  $\gamma_k = 0,01\%$ .

Кроме того, ГОСТ 22261–94 устанавливает пределы допускаемой основной погрешности в виде относительной погрешности, выраженной в децибелах (дБ):

$$\delta = A' \lg \left( 1 + \frac{\Delta}{x} \right),$$

где  $A' = 10$  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 при этом 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:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\% = \pm A \cdot 10^n. \quad (3.7)$$

Условное обозначение класса точности в этом случае зависит от нормирующего значения  $x_N$ , т.е. от шкалы СИ.

Если  $x_N$  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  $x_N$  — длина шкалы (например, у амперметров), то класс 1,5 означает, что  $y = 1,5\%$  от 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 известном классе точности СИ, выраженном через приведенную погрешность  $\gamma$ , и чувствительности  $S$  абсолютная погрешность СИ составит  $\Delta = \gamma x_N / 100S$ , а относительная на отметке  $x$  соответственно  $\delta = \gamma x_N / xS$ .

Сравнение формул (3.6) и (3.7) показывает, что первая отражает гиперболическую, а вторая — линейную зависимость. При форме записи (3.6) абсолютная погрешность

$$\Delta = \frac{x_0}{100} \left[ c \frac{x}{x_0} + d \left| 1 - \frac{x}{x_0} \right| \right].$$

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  $d$  округляются до принятых рядом (3.4), а соотношение их с классом точности по приведенной погрешности  $y$  очевидно из табл. 3.2.

Таблица 3.2

#### Соотношение классов точности $\gamma$ и коэффициентов $c/d$

Класс точности $\gamma$	1,0	1,5	2,5	4,0
Коэффициенты $c/d$	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 тоже СИ для измерения как больших, так и малых

величин. Поэтому на начальной части шкалы СИ измерения, как правило, недопустимы.

Из формулы относительной погрешности  $\delta = \Delta / x$  очевидно, что ее значение растет обратно пропорционально  $x$  и изменяется по гиперболе (рис. 3.8), т.е. относительная погрешность равна классу СИ  $d_0$  лишь на последней отметке шкалы ( $x = x_k$ ). При  $x \rightarrow 0$  величина  $d \rightarrow \infty$ . При уменьшении измеряемой величины до значения  $x_{\min}$  относительная погрешность достигает 100%. Такое значение измеряемой величины называется порогом чувствительности. Эта величина ограничивает снизу полный диапазон  $D_{\text{п}}$  измеряемых величин. Верхняя граница  $D_{\text{п}}$  ограничена пределом измерения  $x_k$ .

Отношение  $D_{\text{п}} = x_k / x_{\min}$  называют еще полным динамическим диапазоном измерения.

Тогда, задаваясь некоторым значением относительной погрешности  $\delta_3$  (например  $\delta_3 = 5, 10$  и  $20\%$ ), можно ограничить снизу рабочий диапазон  $D_{\text{р}}$  (см. рис. 3.8), т.е. величина  $D_{\text{р}}$  назначается достаточно произвольно.

Резюмируя изложенное, следует сказать, что если класс точности СИ установлен по наибольшему допускаемому приведенному значению погрешности (формула (2.7)), а для оценки погрешности конкретного измерения необходимо знать значение абсолютной или относительной погрешности в данной точке, то в этом случае выбор СИ, например, кл. 1 ( $\gamma = 1\%$ ) для измерения с относительной погрешностью  $\pm 1\%$  будет правилен, если верхний предел  $x_N$  СИ равен изме-

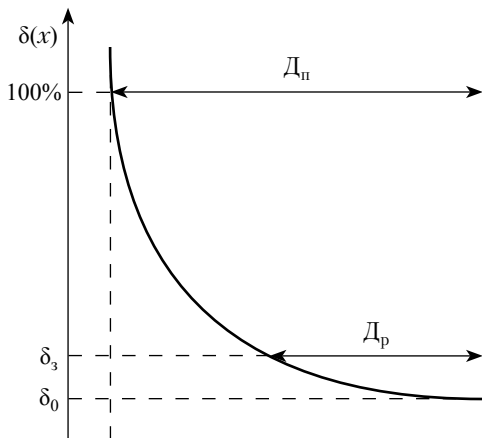


Рис. 3.8. Оценка порога чувствительности



ряемому значению  $x$  величины. В остальных случаях относительную погрешность измерения необходимо определять по формуле

$$\delta_{\text{изм}} = \gamma \frac{x_N}{x}. \quad (3.8)$$

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  $D_p$  занимает последние две трети ее длины (рис. 3.9, *a*), 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  $L_{\text{н.з}} = 0$ .

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

$$\delta(x) = \frac{x_{\text{min}}}{x} + \delta_3 + \frac{x}{x_k}, \quad (3.9)$$

где  $x_{\text{min}}$  и  $x_k$  — порог и предел чувствительности;  $\delta_3$  — 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

$$10^2 - 10^4 \text{ Ом} - 0,5\%; 5 - 10^5 \text{ Ом} - 1\%;$$

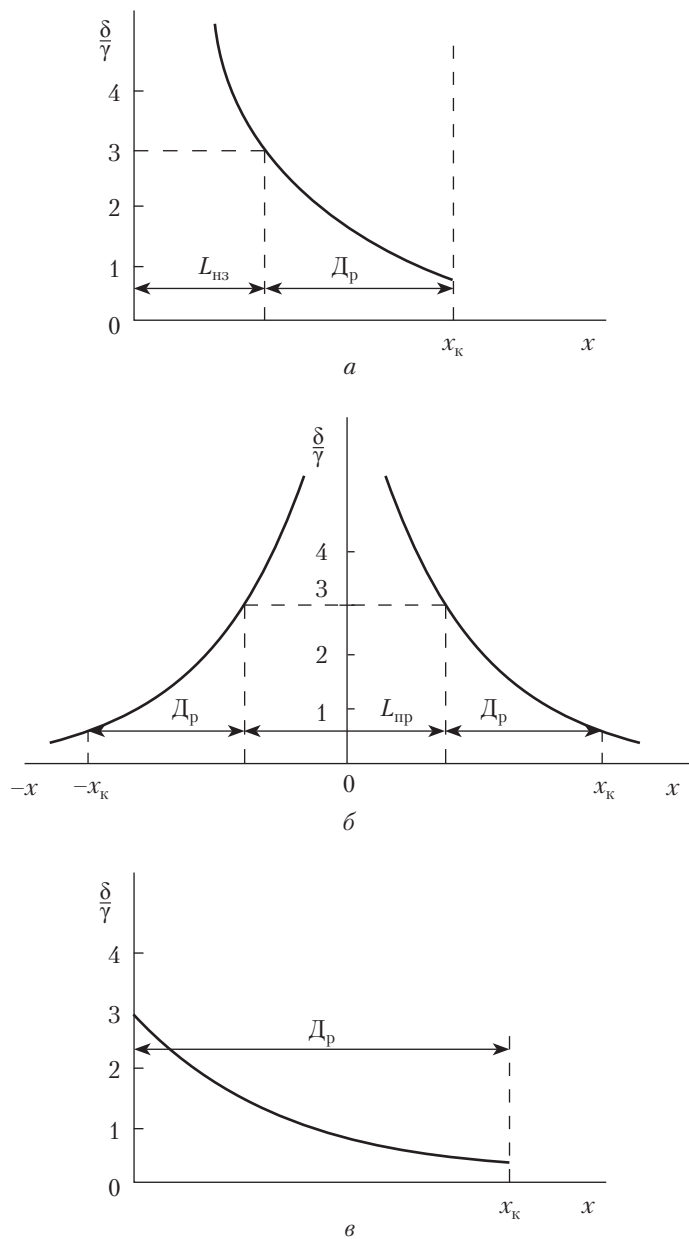


Рис. 3.9. Оценка рабочей зоны СИ

$0,5-10^6 \text{ Ом} - 5\%$ ;  $0,2-2 \cdot 10^6 \text{ Ом} - 10\%$  и  $0,1-4 \cdot 10^6 \text{ Ом} - 20\%$ .

При  $\delta_3 = 0,5\%$   $x_{\min} = 0,02 \text{ Ом}$  и  $x_k = 20 \cdot 10^6 \text{ Ом}$  для любого  $x$  относительная погрешность составит

$$\delta(x) = [0,02/x + 0,5/100 + x/20 \cdot 10^6] \cdot 100\%.$$

Обозначения классов точности в документах и на приборах приведены в табл. 3.3.

**Пример 3.1.** Отсчет по шкале прибора с пределами измерений  $0-50 \text{ А}$  и равномерной шкалой составил  $25 \text{ А}$ . Пренебрегая другими видами погрешности измерения, оценить пределы допускаемой абсолютной погрешности этого отсчета при использовании различных СИ класса точности:  $0,02/0,01$ ;  $(0,5)$  и  $0,5$ .

*Решение.* 1. Для СИ класса точности  $0,02/0,01$

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

Так как  $x = 25$ ,  $x_k = 50$ ,  $c = 0,02$ ,  $d = 0,01$  и  $\delta$  дано в процентах, то

$$\Delta = \pm \left[ 0,02 + 0,01 \left( \frac{50}{25} - 1 \right) \cdot 25 \cdot 0,01 \right] = \pm 0,27 \text{ А}.$$

2. Для СИ класса точности  $(0,5)$

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x}; \quad \Delta = \pm 0,01 \cdot 25 \cdot 0,5 = \pm 0,125 \text{ А}.$$

3. Для СИ класса точности  $0,5$

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N}, \text{ где } x = 50, \text{ тогда } \Delta = \pm 0,01 \cdot 50 \cdot 0,05 = \pm 0,25 \text{ А}.$$

### 3.4. Расчет погрешности измерительной системы

Измерительная система по определению, приведенному в параграфе 3.1, предназначена для восприятия, переработки и хранения измерительной информации в общем случае разнородных физических величин по различным измерительным каналам (ИК). Поэтому расчет погрешности измерительной системы сводится к оценке погрешностей ее отдельных ИК.

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	$\Delta = \pm a$ $\Delta = \pm(a + bx)$	$\Delta = \pm 0,2A$	Класс точности <i>N</i> или класс точности III	<i>N</i> III	Меры То же
Относительная	(3.5)	$\delta = \pm 0,5\%$	Класс точности 0,5	(0,5)	Мосты, счетчики, делители, измерительные трансформаторы
	(3.6)	$\delta = \pm[0,02 + 0,01 \frac{ x_0 }{x} - 1], \%$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01	Цифровые СИ, маг-зины емкостей (сопротивлений)
	(3.9)	$\delta(x) = \left[ \frac{0,02}{x} + \frac{0,5}{100} + \frac{x}{10^6} \right] \cdot 100\%$	Класс точности С или класс точности II	С II	Цифровые частотомеры, мосты сопротивлений
Приведенная	(3.7)	а) при $x_N = x_k; \gamma = \pm 1,5\%$  б) $x_N$ – длина шкалы или ее части (мм); $\gamma = \pm 0,5\%$	Класс точности 1,5	1,5	Аналоговые СИ; если $x_N$ – в единицах величины
			Класс точности 0,5	0,5	Омметры; если $x_N$ определяется длиной шкалы или ее части

В соответствии с формулой (3.6) результирующая относительная погрешность ИК будет

$$\delta_{\text{ИК}}(x) = \pm \left[ \delta_{\text{к}} + \delta_{\text{н}} \left( \left| \frac{x_{\text{п}}}{x} \right| - 1 \right) \right], \quad (3.10)$$

где  $x$  — текущее значение измеряемой величины;  $x_{\text{п}}$  — предел данного диапазона измерения канала, при котором относительная погрешность минимальна;  $\delta_{\text{н}}$ ,  $\delta_{\text{к}}$  — относительные погрешности, вычисленные соответственно в начале и конце диапазона.

Поскольку ИК есть цепь различных воспринимающих, преобразовательных и регистрирующих звеньев, то для определения  $\delta_{\text{ИК}}(x)$  необходимо прежде всего оценить СКО погрешностей этих  $m$  звеньев  $\sigma_j$ . Тогда результирующая СКО погрешности ИК будет

$$\sigma_{\text{ИК}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^m \sigma_{\text{идоп}}^2}, \quad (3.11)$$

где  $\sigma_{\text{идоп}}$  — дополнительные погрешности от  $n$  влияющих факторов;  $\sigma_j = \delta_j/k_j$ ;  $\delta_j$  — границы допускаемой основной погрешности;  $k_j$  — квантильный коэффициент, определяемый законом 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<sub>Р<sub>л</sub></sub>, Пр<sub>И<sub>л</sub></sub> — преобразователи соответственно мощности и тока; К — коммутатор; АЦП — аналого-цифровой преобразователь. Исходные данные: относительная погрешность ТТ, приведенная к началу диапазона измерения, составляет  $\delta_{\text{ТТН}} = 0,1\%$ , а к концу —  $\delta_{\text{ТТК}} = 0,5\%$ ; относительная погрешность ТН  $\delta_{\text{ТН}} = 0,5\%$ ; 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

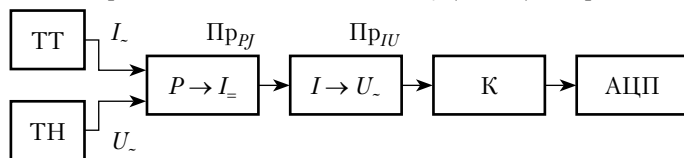


Рис. 3.10. Канал для измерения мощности

колебания напряжения питания (0,1%) и от колебаний температуры окружающей среды (0,6%),  $\cos\phi = 0,85$ ;  $\delta_{\text{И}} = 0,06\%$  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 на 127 закрытых ключом каналов (0,13%) и пульсации несущей частоты (0,06%);  $\delta_{\text{КАЦП}} = 0,2\%$ ,  $\delta_{\text{кАЦП}} = 0,3\%$ .

*Решение.* 1. Учитывая, что закон распределения погрешности неизвестен, примем его равномерным ( $k = 1,73$ ) и по формуле (3.11) находим  $\delta_{\text{ТТК}} = 0,06\%$  и  $\delta_{\text{ТТН}} = 0,29\%$ .

2. Для трансформатора напряжения  $\delta_{\text{ТНН}} = \delta_{\text{ТНК}} = 0,5\%$ . Принимая предыдущие условия,  $\sigma_{\text{ТНН}} = \sigma_{\text{ТНК}} = 0,29\%$ .

3. Для преобразователя мощности  $\delta_{\text{Pи}} = \delta_{\text{Pк}} = \delta_{\text{Pл}}$ .

$$\text{Тогда } \sigma_{\text{Pл}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = \sqrt{I^2 + 0,2^2 + 0,15^2 + 0,1^2} = 1,06\% .$$

Здесь не учтена погрешность от колебаний окружающей температуры, так как эта погрешность жестко коррелирована ( $\rho = 1$ ) с погрешностью преобразователя  $\text{ПР}_{\text{И}}$ , для которого она составляет  $\sigma_{\text{И}} = 0,06\%$ . В этом случае СКО погрешностей складываются алгебраически и  $\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{\text{Pл}} + \sigma_{\text{И}} = 0,66\%$  и учитываются уже в суммарной погрешности этих преобразователей.

Поскольку  $\text{ПР}_{\text{И}}$  не имеет других погрешностей, то общая погрешность преобразователей

$$\sigma_{\text{ПР}} = \sqrt{\sigma_{\text{Pл}}^2 + \sigma_{\text{доп}}^2} = \sqrt{1,06^2 + 0,66^2} = 1,3\% .$$

4. Для коммутатора, приняв условия п. 1,

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{1}{1,73} \sqrt{0,4^2 + 0,13^2 + 0,06^2} = 0,24\% .$$

При этом  $\sigma_{\text{к}} = \sigma_{\text{кИ}} = \sigma_{\text{кК}}$ .

5. Относительные погрешности АЦП заданы. Полагая закон их распределения равномерным, получим

$$\sigma_{\text{АЦП}_{\text{н}}} = 0,2/1,73 = 0,13\%; \quad \sigma_{\text{АЦП}_{\text{к}}} = 0,3/1,73 = 0,17\% .$$

6. Окончательно СКО ИК для конца диапазона составит

$$\sigma_{\text{ИК}_{\text{к}}} = \sqrt{0,06^2 + 0,29^2 + 1,30^2 + 0,24^2 + 0,13^2} = 1,37\% ,$$

а для начала —

$$\sigma_{\text{ИК}_{\text{н}}} = \sqrt{0,29^2 + 0,29^2 + 1,30^2 + 0,24^2 + 0,17^2} = 1,71\% .$$

7. Приняв квантильный коэффициент  $k = 1,95$  для доверительной вероятности  $P = 0,95$ , окончательно для начала

и конца диапазона намерений ИК получим  $\delta_k = 1,95 \cdot 1,37 = 2,66\%$  и  $\delta_n = 1,95 \cdot 1,71 = 3,32\%$ .

Тогда с учетом округлений по ряду (3.4)

$$\delta_{\text{ИК}}(x) = \pm \left[ 2,5 + 3 \left( \left| \frac{x_n}{x} \right| - 1 \right) \right].$$

Это расчетное значение погрешности следует умножить на коэффициент запаса, учитывающий старение элементов ИК. Обычно для рассмотренных звеньев ИК скорость старения не превосходит 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 используются 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).

С целью упрощения на схеме рис. 3.11 не показаны блоки синхронизации, управления, памяти и другие блоки и устрой-

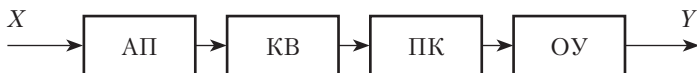


Рис. 3.11. Блок-схема ЦСИ

ства 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 по времени и кодирование. Сущность квантования по уровню заключается в том, что бесконечному множеству точек сигнала  $x_{\text{вх}}$  в рассматриваемом диапазоне от  $x_{\text{н}}$  (нижнее) до  $x_{\text{в}}$  (верхнее значение) ставится в соответствие конечное и счетное множество выходных кодов (квантов) [84].

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

$$y = qU, \quad (3.12)$$

где  $q$  — шаг (квант, ступень) квантования в единицах измеряемой величины.

Константа  $q$  — важнейшая метрологическая характеристика ЦСИ, устанавливающая связь между измеряемой величиной  $x$  и выходным кодом и определяющая чувствительность ЦСИ ( $S = 1/q$ ).

Величину  $q$  называют еще номинальной ценой единицы наименьшего (младшего) разряда кода. Обычно  $q = k \cdot 10^m$ , где  $k = 1, 2$  или  $5$ ;  $m$  — любое целое число (положительное или отрицательное) или нуль.

Такое название связано с тем, что обычно при  $k = 1$  размер номинальной ступени квантования  $q = \mu$ , где  $\mu$  — цена единицы наименьшего (младшего) разряда выходного кода  $N$ .



Например, при  $k = 2$  в младшем десятичном разряде числа, выражающего результат измерения, индицируются только четные цифры и нуль. Если  $k = 5$  — индицируются только 0 или 5. При  $k = 5$  квант в пять раз больше значения единицы младшего разряда ( $q = 5\mu$ ).

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  $N_{\max}$ , которое может индицироваться на ОУ, при трех разрядах составляет 999, при четырех — 9999 и т.д. По аналогии со стрелочными СИ число  $N_{\max}$  называют длиной цифровой шкалы.

Количество квантов  $N_q$  совпадает с  $N_{\max}$  при  $k = l$ . В общем случае  $N_q = N_{\max}/k$  и число  $N_q$  называют разрешающей способностью ЦСИ, которую обозначают в виде отношения, например, 1 : 999.

Величина  $N_{\max}$  определяется разрядностью ЦСИ и при полном использовании старшего разряда  $N_{\max} = c^n - 1$ , где  $c$  — основание системы счисления;  $n$  — число разрядов. Например, при  $c = 10$  и  $n = 4$   $N_{\max} = 10\,000 - 1 = 9999$ .

При заданной верхней границе  $x_{\max}$  диапазона измерений

$$N_{\max} = \frac{1}{q} x_{\max}.$$

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, к примеру частотного спектра изменений  $x_{\text{вх}}$ , 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.

### 3.5.2. Статические погрешности цифровых средств измерений

Основная метрологическая характеристика линейного ЦСИ — номинальная функция преобразования

$$y = k_S x \quad (3.13)$$

ИЛИ

$$y = y_{\min} + k_S x, \quad (3.14)$$

где  $k_S = \text{const}$  — номинальный коэффициент преобразования.

Ступенчатая линия рис. 3.12 описывается формулой, соответствующей (3.13)

$$y = k_S x \text{Int} [x/q + 0,5 \text{sign} x], \quad (3.15)$$

а рис. 3.13 — формулой, соответствующей уравнению (3.14)

$$y = y_{\min} + k_S q \text{Int} [(x - x_{\min})/q + 0,5 \text{sign} (x - x_{\min})], \quad (3.16)$$

где  $\text{Int} [A]$  означает целую часть  $A$ ;  $\text{sign} A$  — функция числа  $A$  ( $\text{sign} A = 1$  при  $A \geq 0$  и  $\text{sign} A = -1$  при  $A < 0$ ).

Почти все ЦСИ выполняют так, что  $k_S = 1$ , и в идеальном случае функция ЦСИ (3.15) или (3.16) стремится к идеальной функции преобразования аналогового СИ  $y = k$  в виде

$$y = q \text{Int} \left[ \frac{x}{q} + 0,5 \text{sign} x \right]. \quad (3.17)$$

Поскольку у ЦСИ как квантователя всегда  $q \neq 0$ , то даже идеальные ЦСИ обладают погрешностью, обусловленной наличием  $q$ .

Как и для аналоговых СИ, в случае ЦСИ основная статическая погрешность  $\Delta$  есть сумма систематической и случайной составляющих ( $\Delta = \Delta_c + \Delta$ ). Для раскрытия их структуры ниже 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 значащих цифр от полученных чисел). 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

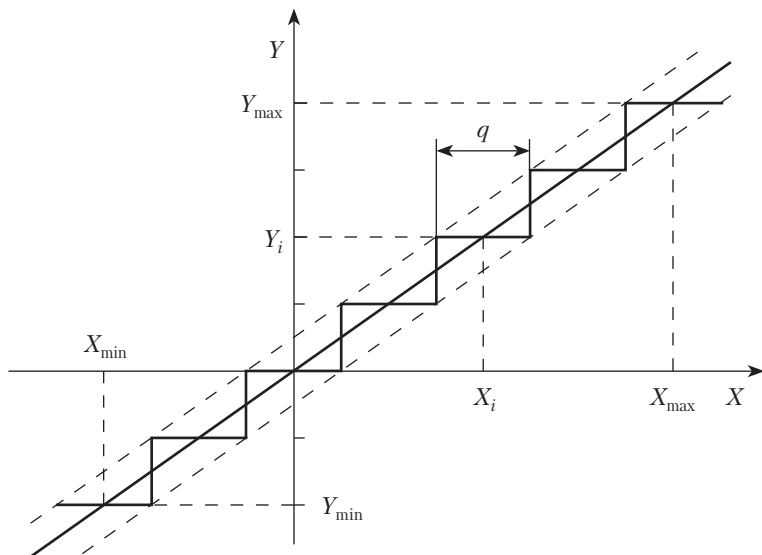


Рис. 3.12. Номинальная функция преобразования ЦСИ

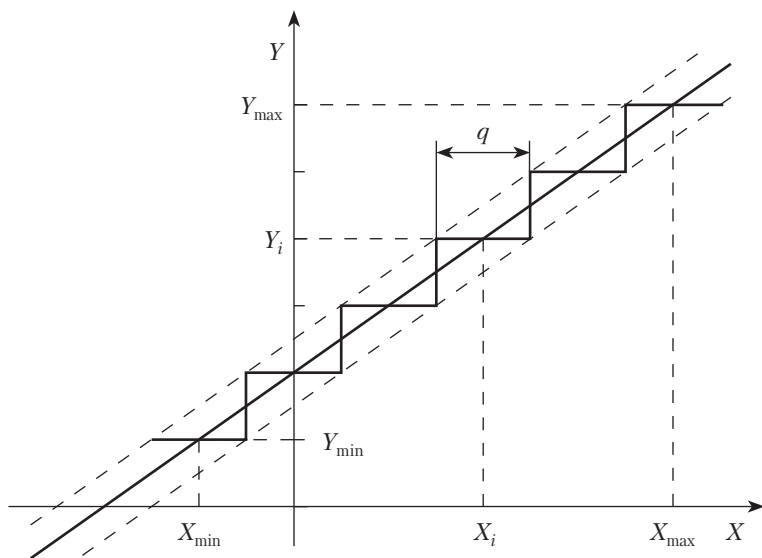


Рис. 3.13. Формирование реальной погрешности ЦСИ

квантование сигнала путем сравнения его с определенным уровнем. Таким образом, линейное ЦСИ есть квантователь непрерывной измеряемой величины и его номинальная характеристика преобразования имеет вид

$$N = \text{Int} \left( \frac{x + 0,5q}{q} \right),$$

где  $N$  — значение выходной величины ЦСИ (целое число);  $x$  — значение измеряемой величины.

При квантовании число  $N$  должно быть таким, чтобы выполнялось неравенство

$$(N - 0,5q) \leq x \leq (N + 0,5q),$$

означающее, что любое значение  $x$ , попавшее в этот интервал, округляется до значения  $N$ .

Абсолютная погрешность квантования, приведенная ко входу, составит  $\Delta_k = Nq - x$ , а к выходу —  $\Delta'_k = \frac{\Delta_k}{q} = N - \frac{x}{q}$ .

Графически функция  $\Delta_k = f(x)$  приведена на рис. 3.14, а. Поскольку  $x$  — величина случайная, то и  $\Delta_k$  — 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  $[\Delta_k] = 0,5q$  и СКО

$$\sigma_{\text{кв}} = \sqrt{q^2/12} = \frac{\Delta_k}{\sqrt{3}} = \frac{q}{2\sqrt{3}} = 0,29q.$$

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

$$\delta_k = \frac{\Delta_k}{x} = \frac{\Delta_k}{Nq},$$

а приведенная погрешность квантования

$$\gamma_k = \frac{\Delta_k}{N_{\text{max}}q} = \frac{0,5q}{N_{\text{max}}q} = \frac{0,5}{c^n}.$$

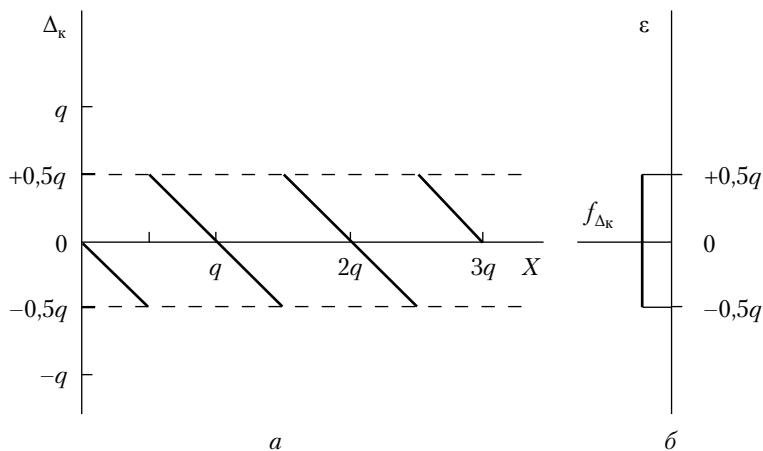


Рис. 3.14. Погрешность квантования ЦСИ

Отсюда можно получить выражение для определения необходимого числа разрядов

$$n \geq \log c \left( \frac{0,5}{\gamma_k} \cdot 100\% \right).$$

Например, для ЦСИ с десятичным отсчетом при  $\gamma_k = 0,5, 0,05$  и  $0,005\%$  необходимо иметь соответственно 2, 3 и 4 десятичных разряда, а для двоичного ЦСИ — 7 ( $2^7 = 128$ ), 10 ( $2^{14} = 1024$ ) и 14 ( $2^{14} = 16\,384$ ) 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 за интервал времени. При измерении интервала времени  $T_x$  образцовой является частота  $f_0$  импульсов, а при измерении частоты  $f_0$  образцовым является интервал времени  $T_0$  (рис. 3.15).

Время несинхронизации  $t_k$  — 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  $0 \leq t_n \leq 1/f_0$ , а при измерении частоты  $f_x$  —  $0 \leq t_n \leq 1/f_k$ .

Синхронизация в цифровых СИ может быть организована по-разному. Если она вообще не предусмотрена, то  $t_n$  — случайное время, а следовательно, и погрешность несинхрони-

зации — случайная величина. Введением синхронизации эта погрешность либо исключается, либо становится систематической.

При измерении интервала времени  $T_x$  функция преобразования ЦСИ

$$N = \text{Int} \left( \frac{T_k - 0,5q}{q} \right).$$

Поскольку в таких СИ  $q = \frac{1}{f_0} = T_0$ , то

$$N = \text{Int} \left( \frac{T_k - 0,5T_0}{T_0} \right).$$

Очевидно, что если время  $t_n = 0,5T_0$ , то погрешность несинхронизации  $\Delta_t = 0$  и методическая погрешность будут иметь только одну составляющую — погрешность квантования (см. рис. 3.14, а).

При синхронизации без задержки  $t_n = 0$  и  $\Delta_t = -0,5q = -0,5T_0$ . В этом случае методическая погрешность  $\Delta_m = \Delta_k + \Delta_t$  (рис. 3.16, а) с равномерной плотностью  $f_{\Delta_{\text{ин}}}(\xi)$  распределения (рис. 3.16, б).

При отсутствии синхронизации время  $t_n$  и погрешность  $\Delta_k$  становятся случайными величинами и  $\Delta_m$  расположена в границах (заштрихованы), показанных на рис. 3.17, а.

Поскольку  $t_n$  — случайная величина с равномерной плотностью и погрешность квантований  $t_k$  — тоже случайная величина с равномерной плотностью, то их композиция дает треугольный закон (Симпсона) с предельным значением погрешности  $\Delta_m = q$  и СКО  $\sigma_t = 0,41q$ .

При цифровом измерении частоты  $f_x$

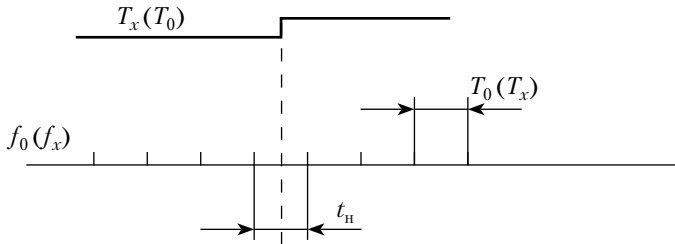


Рис. 3.15. Погрешность несинхронизации ЦСИ

$$N = \text{Int} \left( \frac{f_x + 0,5q}{q} \right).$$

Так как  $q = 1/T_0$  ( $T_0$  — предел образцовой частоты  $f_0$ ), то

$$N = \text{Int} \left( \frac{T_0 + 0,5T_x}{T_x} \right).$$

Для обеспечения округления необходимо вводить задержку при синхронизации на значение  $t_n = 0,5T_x$ . Если в СИ предусмотрена такая регулируемая задержка, то  $\Delta t = 0$ .

При синхронизации (когда  $t_n = 0$ ) показание, например, частотомера может быть только заниженным, а погрешность  $\Delta t = -0,5q = -0,5q$  является систематической. Методическая погрешность соответствует рис. 3.16, а. При отсутствии синхронизации возникает случайная погрешность несинхронизации — и методическая погрешность будет иметь вид, как на 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

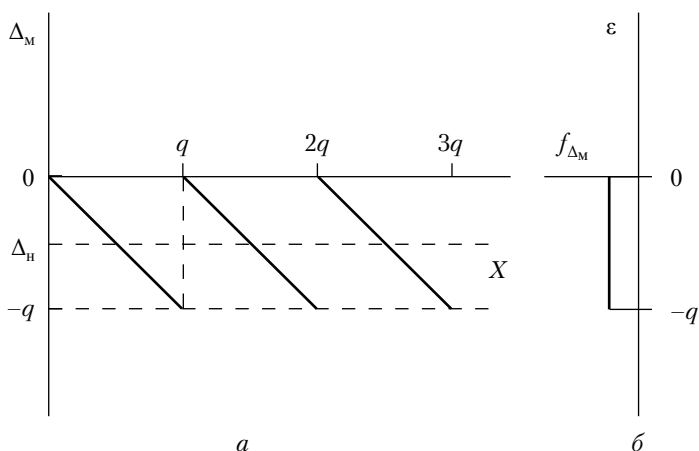


Рис. 3.16. Погрешность квантования при отсутствии погрешности несинхронизации ЦСИ

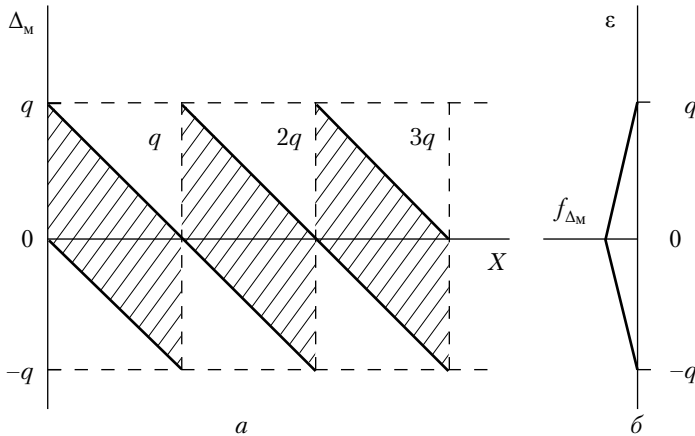


Рис. 3.17. Методическая погрешность ЦСИ при отсутствии синхронизации

номинальному значению  $q$  (верхняя часть рис. 3.18, *a*). Цифровому значению соответствует некоторая область (так как реально число округляется) значений измеряемой величины  $x$ . Эта область находится между уровнями  $(h - 0,5)q$  и  $(h + 0,5)q$ . Считаем, что  $h$ -й точке квантованной шкалы соответствует значение измеряемой величины, равное  $(h + 0,5)q$ .

В реальном квантователе (нижняя часть рис. 3.18, *a*) значения ступеней квантования могут не только отличаться от номинального  $q$ , но и быть неравными между собой. Тогда действительные значения уровня  $h$ -й точки шкалы (рис. 3.18, *б*)

$$Wh = 0,5q_0 + \sum_{i=1}^h q_i,$$

где  $q_0, q_i$  — действительные значения ступеней квантования в точках 0 и  $i$  соответственно.

Таким образом, разность между действительным и номинальным значениями рассмотренных уравнений есть инструментальная погрешность

$$\Delta_{\text{и}} = (h + 0,5)q - W_h. \quad (3.18)$$

Графическая интерпретация суммирования методической и инструментальной погрешностей ЦСИ приведена на рис. 3.19, *a*, а функции погрешности — на рис. 3.19, *б*.



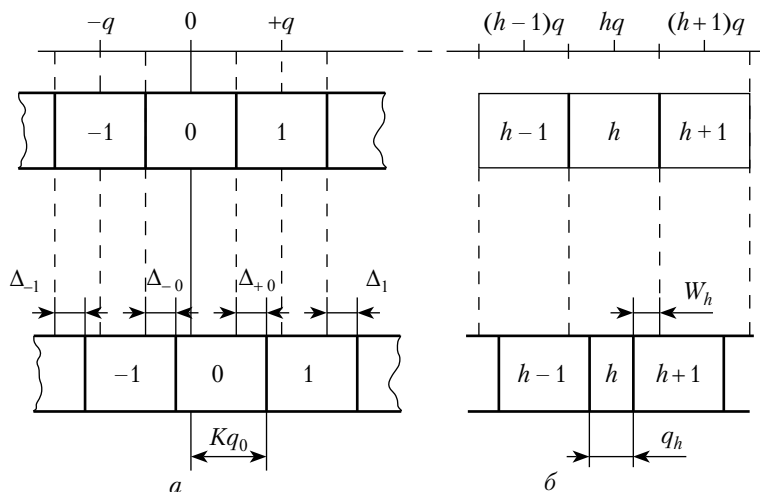


Рис. 3.18. К оценке инструментальной погрешности ЦСИ

Составляющая погрешности из-за квантования пренебрежительно мала, если предел допускаемой основной погрешности  $(\Delta_{0p}/q) \geq 3,3$ .

Для сравнения следует принять во внимание, что при использовании аналоговых приборов квантование по уровню происходит при считывании показаний человеком-оператором. Считывание показаний производится с погрешностью  $0,2-0,3$  от предела допускаемой основной погрешности. Поэтому при  $\Delta_{0p} > (3-5)q$  метрологическое различие между аналоговым и цифровым СИ стирается.

При оценке инструментальной составляющей возможна вариация  $H$  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  $\Delta_H$  гистерезиса  $H$  (рис. 3.20). Тогда составляющая статическая систематическая погрешность  $\Delta_{ст}$  принимается равной в реальном ЦСИ систематической составляющей его инструментальной погрешности, выраженной через вариацию со СКО  $\sigma_H = 0,29H$  по формуле

$$\Delta_{ст} = \frac{H}{2} = \frac{\Delta_H + \Delta_B}{2}, \quad (3.19)$$

где  $\Delta_H$  и  $\Delta_B$  — нижнее и верхнее значения погрешности.

Вариация учитывается лишь в случае, если  $H^2 > 0,1q^2$  или  $H_{0P} > 0,62q$ .

Случайная составляющая основной статической погрешности

$$\Delta_{ст} = \Delta_{кв} + \Delta_t + \Delta_H + \overset{\circ}{\Delta}_и$$

или

$$\sigma_{\Delta_{ст}} = \sqrt{\sigma_{кв}^2 + \sigma_t^2 + \sigma_H^2 + \sigma_{\overset{\circ}{\Delta}_и}^2} \approx \quad (3.20)$$

$$\approx \sqrt{(0,29q)^2 + (0,41q)^2 + (0,29H)^2 + \sigma_{\overset{\circ}{\Delta}_и}^2}.$$

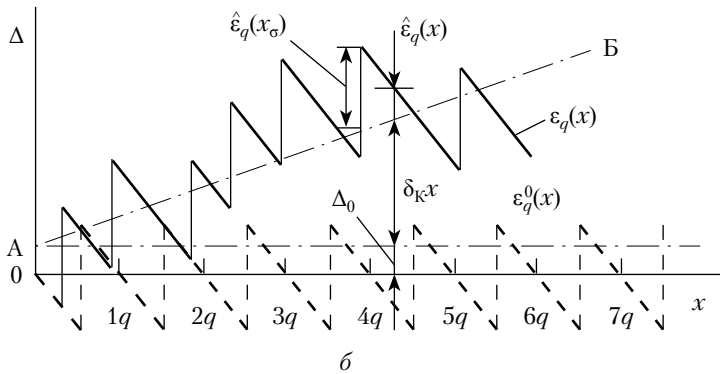
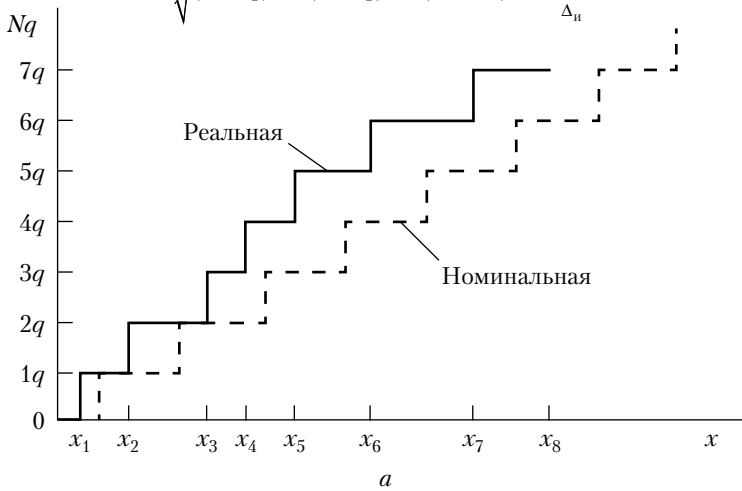


Рис. 3.19. Нормальная и реальная функции преобразования (а) и функция погрешности (б) АЦП

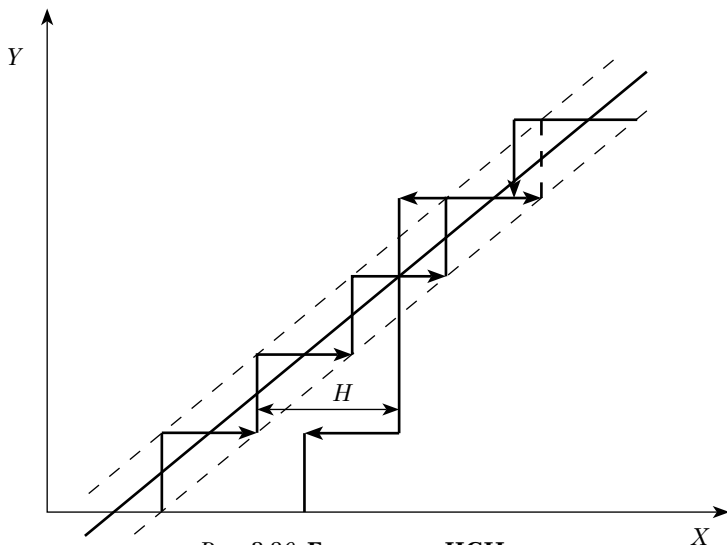


Рис. 3.20. Гистерезис ЦСИ

Величину СКО случайной составляющей  $\sigma_{\Delta_{\text{и}}}^2$  инструментальной погрешности найдем следующим образом. Пусть при нормальном законе ее распределения  $\Delta_{\text{и}} = 3\sigma_{\Delta_{\text{и}}}$ . С другой стороны, известно, что  $\Delta_{\text{и}} = q\sqrt{\left(\frac{\sigma_{\Delta_{\text{и}}}}{q}\right)^2 + 0,29^2}$ . Тогда  $3\sigma_{\Delta_{\text{и}}} = q\sqrt{0,1 + \left(\frac{\sigma_{\Delta_{\text{и}}}}{q}\right)^2}$ , откуда  $\sigma_{\Delta_{\text{и}}} = 0,1q$ .

Таким образом, с учетом формулы (3.20)

$$\sigma_{\Delta_{\text{ст}}} = \sqrt{0,17q^2 + 0,01H^2}.$$

Вообще случайная составляющая учитывается, если  $\sigma_{\Delta} > 0,1\sqrt{q^2 + H^2}$  или  $\sigma_{\Delta} > 0,18q$ . Тогда окончательно интервал, в котором с заданной вероятностью  $P$  находится основная статическая погрешность  $\Delta_{\text{ст}}$  ЦСИ, определяется неравенством

$$\Delta_{\text{ст}} - K_P\sigma_{\Delta} \leq \Delta \leq \Delta_{\text{ст}} + K_P\sigma_{\Delta}. \quad (3.21)$$

Соответственно для  $P = 0,99; 0,95$  и  $0,90$  коэффициент  $K_P = 2,57; 1,96$  и  $1,65$ .

В качестве примера рассмотрим оценку погрешности аналого-цифрового преобразователя (АЦП), используемого при виброакустической диагностике. Среди АЦП можно выделить: погрешность квантования; погрешность смещения нуля; погрешность коэффициента передачи; погрешность, вызываемую нелинейностью характеристики квантования; температурную погрешность.

Из динамических погрешностей следует учитывать погрешности, обусловленные частотой дискретизации и апертурным временем — интервалом временной неопределенности задержки момента отсчета.

Результирующая погрешность  $\Delta_{\Sigma}$  АЦП представляет собой сумму статических  $\Delta_{\text{ст}}$  и динамических  $\Delta_g$  погрешностей:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{ст}} + \Delta_g$$

а ее дисперсия равна

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{\text{ст}}^2 + \sigma_g^2.$$

Шаг квантования определяется как

$$q = (x_{\text{max}} - x_{\text{min}})/2^n,$$

где  $x_{\text{max}}$ ,  $x_{\text{min}}$  — максимальная и минимальная амплитуда сигнала;  $n$  — число разрядов АЦП.

Погрешность квантования с равномерным шагом принимается равной  $\Delta_k = q/2$ .

Энергетический спектр шума квантования в интервале частот входного сигнала  $0 \dots f_i$  определяется по формуле

$$W_{\text{кв}}(\omega) = q^2/12fi, 0 < f < f_1,$$

где  $f_i$  — частота дискретизации.

Основными компонентами результирующей статической погрешности являются высокочастотная и низкочастотная компоненты. Высокочастотной компонентой является центрированная составляющая результирующей погрешности, характеризующаяся взаимно независимыми значениями. Низкочастотной компонентой является математическое ожидание результирующей погрешности с высокой степенью корреляции ее значений между собой.

Основной характеристикой высокочастотной погрешности является ее СКО  $\sigma$ , а низкочастотная погрешность  $\Delta$  является функцией параметров входного вибросигнала  $x$  и внешних возмущений  $W$ .

Оценка значений  $\Delta$  и  $\sigma$  в каждой точке пространства сигнала и воздействий производится по формулам:

$$\Delta = M - x_0;$$

$$\sigma = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m Y_j^2 - M^2,$$

где  $M$  — математическое ожидание приведенной ко входу АЦП результирующей погрешности;  $x_0$  — образцовое значение преобразуемого вибросигнала;  $Y_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) — выборка значений выходной координаты АЦП при входном сигнале  $x$ .

Погрешность  $\delta_x$  установки значения  $x_0$  прецизионным АЦП должна удовлетворять условию

$$\Delta \gg \delta_x.$$

Искомое значение  $\Delta$  в данной точке пространства аргументов  $x$ ,  $\omega$  находится как среднее значение  $\Delta_i$  по всем  $i$ -м точкам

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i$$

Среднее квадратичное значение оценки погрешности определяется как

$$\sigma_{\Delta} = \sigma_{\Delta_i} \sqrt{n},$$

где  $\sigma_{\Delta_i} = \sqrt{\sigma_o^2 + \frac{\sigma^2}{m}}$ ;  $\sigma_o^2$  — дисперсия образцового сигнала;  $m$  — объем выборки.

Численные значения параметров  $\delta_x$ ,  $\sigma_o$  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

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{1}{12,2^2} + \frac{\sigma_x^2 T_{np}^2}{9} = \frac{1}{3} \left( \frac{2}{2^{2m+2}} + \frac{\alpha_T^2 T_{np}^2}{3} \right), \quad (3.22)$$

где  $\sigma_x^2 = \left| \ddot{R}_x(\tau) \right|_{\tau=0}$  — дисперсия производной процесса;  $\ddot{R}_x(\tau)$  — вторая производная корреляционной функции процесса  $x(t)$ ;  $T_{np}$  — время преобразования;  $\alpha = \left[ \sqrt{1 + \sqrt{2}} \right] 2\pi F_{\max}$ ;  $F_{\max}$  — максимальная частота входного сигнала.

При неизвестной корреляционной функции значение дисперсии динамической погрешности АЦП для вибросигнала с нормальным распределением определяется по формуле

$$\sigma_d^2 = \frac{\sigma_x^2}{9} (2\pi F_{\max} T_{\text{пр}})^2.$$

Значение дисперсии динамической погрешности для случайного сигнала с равномерным распределением следует определять как

$$\sigma_d^2 = \left[ (2\pi F_{\max} T_{\text{пр}})^2 (x_{\max} - x_{\min})^2 \right] / 36.$$

Максимальная величина погрешности датирования равна

$$\Delta_{\text{пр}}^{\max} = x_{\max} F_{\max} t_{\text{ап}},$$

где  $t_{\text{ап}}$  — апертурное время.

В наихудшем 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

$$R_x(\tau) = \sigma_x^2 (1 + \alpha|\tau|) e^{-\alpha|\tau|}, \quad (3.23)$$

где  $\sigma_x^2$  — дисперсия входного вибросигнала, выполняется условие

$$\alpha|\tau| \leq (an2^{n+1})^{-1},$$

где  $a$  — время преобразования для одного разряда (быстродействие);  $n$  — число разрядов.

Параметры выходных сигналов АЦП должны соответствовать требованиям ГОСТ 26.201—80.

**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 быстрой родействии  $a = 10^{-7}$  с.

*Решение.* Для последовательного АЦП  $T_{\text{пр}} = an$ . Тогда по формуле (3.22) находим

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \frac{1}{3} \left\{ \frac{1}{2^{2 \cdot 7 + 2}} + \frac{\left[ (\sqrt{1 + \sqrt{2}}) \cdot 2\pi \cdot 500 \cdot 10^{-7} \cdot 7 \right]^2}{3} \right\} = 0,2\%.$$

### 3.6. Нормирование динамических погрешностей средств измерений

Нормированные динамические характеристики (ДХ) СИ должны позволять проводить оценивание погрешностей измерений при любых изменениях сигналов. При этом необходимо, чтобы все эти характеристики экспериментально определялись, проверялись 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.

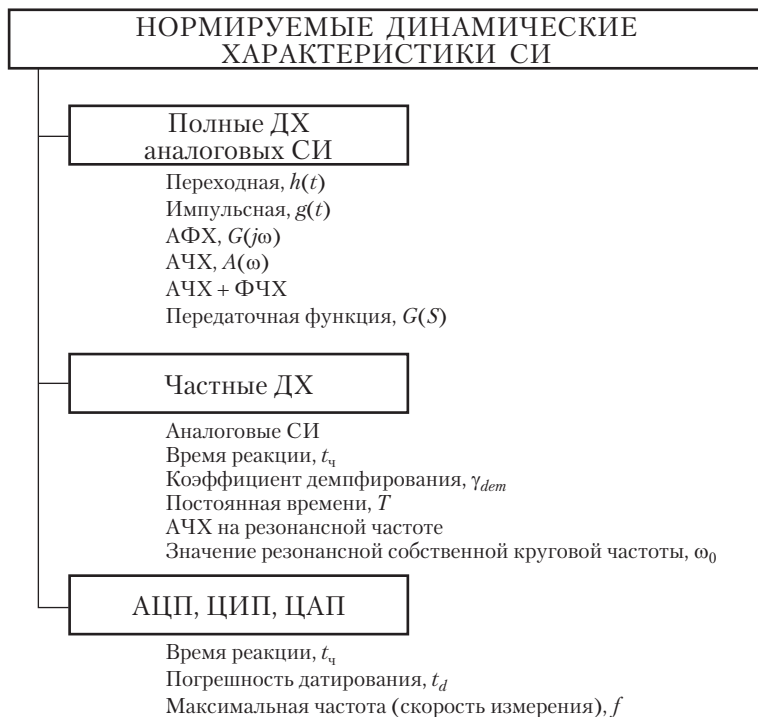
Динамические свойства СИ не только влияют на динамическую составляющую погрешности измерений, но и могут изменять и статические погрешности, например, измерительных систем, если СИ входят в их комплект.

ГОСТ 8.009–84 устанавливает комплекс полных и частных нормируемых ДХ (рис. 3.21). Для СИ, которые могут рассматриваться как линейные, в качестве полных ДХ выбирается одна из

числа следующих: переходная  $h(t) = \int_0^t g(\tau) d(\tau)$ ; импульсная  $g(t) = dh(t)/dt$ ; амплитудно-фазовая  $G(j\omega) \int_0^{\infty} g(t) e^{-j\omega t}$  или ампли-

тудно-частотная  $A(\omega) = G^{-1}(j\omega) \times \exp [j\psi(\omega)]$  характеристики;

передаточная функция  $G(S) = \int_0^{\infty} g(t) \exp(-St) dt$ .



**Рис. 3.21. Нормируемые динамические характеристики СИ**

Поскольку все эти характеристики взаимосвязаны между собой однозначно, то в каждом конкретном случае нормируют ту из них, которую проще получить и контролировать. Наиболее просто эти 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 их описания.

Косвенные методы позволяют получить аналитические выражения для нормируемой ДХ. Например, импульсная переходная характеристика по известным аппроксимациям



входного  $x(\tau)$  и выходного  $y(\tau)$  сигналов может быть определена из уравнения

$$y(t) = \int_0^t g(t-\tau)x(\tau)d\tau. \quad (3.24)$$

Однако решение этого уравнения неустойчиво: при малых значениях сигналов  $x(\tau)$ , даже при малой погрешности в их определении погрешность оценки  $g(t)$  может быть существенной. Поэтому оценка импульсной функции используется в основном лишь при цифровом моделировании путем приближенного вычисления по формуле (3.24).

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 формуле табл. 2.5. Это же относится и к АФХ.

Определение импульсной переходной характеристики ИС при последовательном соединении СИ осуществляется по уравнению свертки, а при параллельном — 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  $T_{пр}$ , время задержки запуска (время переходного процесса во входных устройствах)  $t_z$ , время цикла кодирования. 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)  $T_{\text{пр}}$  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 фиксации 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  $t_{3,0}$ , которая, наряду со скоростью изменения сигнала, в ряде случаев определяет значение погрешности, вызванной изменением сигнала. Время  $t_{3,0}$  в большинстве случаев зависит от диапазона и скорости изменения входного сигнала; его целесообразно нормировать комплексом двух характеристик: систематической составляющей (аналог поправки)  $t_c$ , 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 этой погрешности изображен на рис. 3.22. Здесь  $x(t)$  — измеряемая величина, изменяющаяся во времени;  $t_1, \dots, t_n$  — момент запуска ЦСИ. Вследствие погреш-

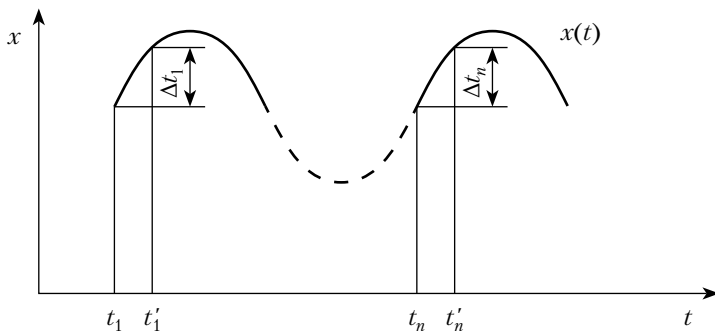


Рис. 3.22. Формирование погрешности датирования

ности датирования отсчета происходят в моменты времени  $t'_1, t'_2, \dots, t'_n$ , что приводит к погрешности измерений  $\Delta_1, \dots, \Delta_n$ .

$$\Delta_1 = |x(t) - x(t'_1)|; \dots; \Delta_n = |x(t) - x(t'_n)|.$$

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  $\omega_3 > 1/T_{\text{пр}}$ . Тогда  $t_{3.0}$  характеризует интервал времени между заданным  $t_0$  и действительным  $t'_0$  моментами отсчета (см. рис. 3.22). Динамическая погрешность  $\delta_d$  — это изменение сигнала за указанный период:

$$\delta_d \leq \frac{t_d x(t_0)}{x(t_0) + \Delta_{\text{п}}} 100\%,$$

где  $x(t_0)$  — сигнал в момент времени  $t_0$ ;  $\Delta_{\text{п}}$  — поправка на систематическую задержку;

$$\Delta_{\text{п}} = t_{3.c} \cdot \dot{x}(t_0).$$

Если известны  $x_{\text{max}}$  — максимальное значение  $x(t)$  входного сигнала и  $\omega_c = 2\pi f_c$  — частота среза спектральной плотности функции  $x(t)$ , то

$$\delta_d \leq \frac{\omega_c t_d |x_{\text{max}}|}{x(t_0) + \omega_0 t_{3.c} |x_{\text{max}}|} 100\%.$$

Приведенные формулы используются, если мала динамическая погрешность  $\Delta A$  за счет фильтрующего действия анало-

гового элемента на высоких частотах. Для учета  $\Delta A$  вводится понятие погрешности амплитуды в определенном диапазоне частот  $f_0 - f_1$ , где нелинейности кодирующего элемента не сказываются. Обычно эта погрешность определяется в моменты  $t_0$ , кратные  $T/4$  (рис. 3.23). Поэтому результат измерения  $x_d$  в худшем случае будет принадлежать моменту

$$t_0 = \frac{T}{4} + 0,5t_d,$$

где

$$x_d = A_m \sin \frac{\pi}{2} \left( 1 - 2 \frac{t_d}{T} \right).$$

Тогда возникает погрешность датирования

$$\Delta_d = A_m - x_d \leq \Delta_c,$$

где  $\Delta_c$  — основная погрешность преобразования, или

$$A_m = \left[ 1 - \sin \frac{\pi}{2} \left( 1 - 2 \frac{t_d}{T} \right) \right] \leq \Delta_0,$$

откуда

$$f_{t_d} = \frac{1}{\pi t_d} \arccos \frac{A_m - \Delta_c}{A_m}. \quad (3.25)$$

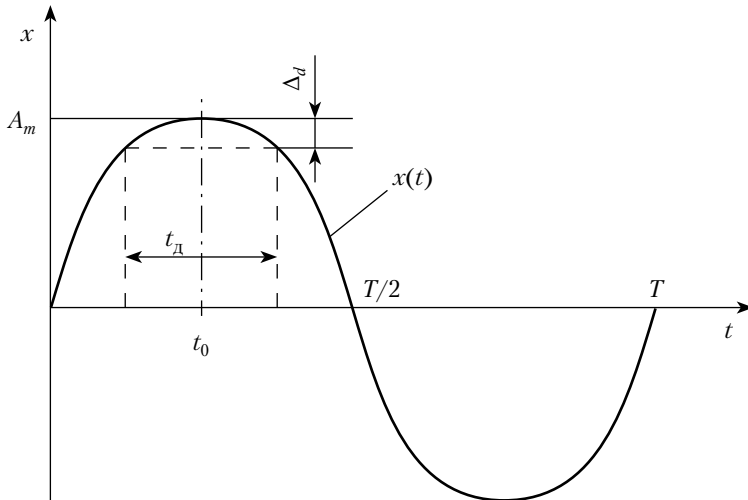


Рис. 3.23. Погрешность амплитуды

То есть  $\Delta A_f$  как неравномерность АЧХ характеризует динамические свойства входных линейных устройств в диапазоне частот

$$f_0 \leq f_x \leq f_{t_d}.$$

Формула (3.25) 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.

### 3.7. Точность и неопределенность измерений

#### 3.7.1. Основные понятия и определения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725-1—6—2002

Постановлением Госстандарта РФ от 23.04.2002 № 161-СТ с целью гармонизации отечественных принципов оценки точности измерений с международными правилами с 1 ноября 2002 г. введен комплекс стандартов ГОСТ Р ИСО 5725.

ГОСТ Р ИСО 5725 состоит из шести частей под общим названием «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Фактически это методические пособия по оценке метрологических характеристик на базе международных принципов.

Названный комплекс стандартов направлен на освоение международных правил планирования и проведения экспериментов по оценке показателей точности результатов измерений (испытаний), в том числе при разработке, аттестации и стандартизации методик выполнения измерений (МВИ) и оценке компетентности лабораторий в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000. Естественно, терминология данных документов несколько отличается от используемой в СССР и принятой в Российской Федерации.

Прежде всего следует обратить внимание на термин «опорное значение» параметра.

Опорное значение параметра служит для сравнения и может быть получено как:

- а) теоретическое значение, базирующееся на научных принципах;
- б) приписанное или аттестованное значение, базирующееся только на экспериментальной основе;
- в) согласованное, базирующееся на расчетно-экспериментальных работах специальной научной или инженерной группы;
- г) математическое ожидание (среднее значение) совокупности результатов измерений в случае недоступности (невыполнимости) п. «а», «б», «в».

Опорное значение иногда называют «условным значением», «приписанным значением», «наилучшей оценкой значения» и считают условно истинным значением параметра. Классическое опорное значение — реперная точка, например, температурной шкалы. При использовании шкал реперные точки играют роль эталона.

Таким образом, принятым опорным значением может быть как эталонное, так и среднее значение измеряемой характеристики. При этом усреднение должно быть как минимум двойным. Например, если изучают среднее значение величины, измеряемой в отдельной лаборатории, то в отсутствие эталонов принятым опорным значением может быть значение, полученное усреднением подобных средних значений по представительному множеству лабораторий.

Используемый в ИСО 5725 термин «лаборатория» является в значительной степени условным. При описании межлабораторных экспериментов в ИСО 5725 под этим термином, как правило, подразумевается сочетание таких факторов, как оператор, оборудование и место выполнения измерений,

что не совпадает с традиционным представлением о лаборатории прежде всего как о здании или помещении, где по данной методике могут работать на различном оборудовании несколько операторов. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-2—2002 лабораторией является даже оператор, командированный на место измерений вместе со своим оборудованием (например, в случаях, когда измеряемые объекты — такие, как резервуар для хранения нефти, — нетранспортабельны). Однако в ряде других случаев, например, в ГОСТ Р ИСО 5725-3—2002, этот термин должен трактоваться традиционным образом. Но и в этой трактовке есть нюанс, поскольку лабораториями называются не все, а лишь некоторые соответствующим образом аттестованные объекты (вместе с персоналом), в которых выполняются измерения.

В ИСО 5725 для описания точности метода измерений используются два термина: «правильность» и «прецизионность». Термин «правильность» характеризует степень близости среднего арифметического значения большого числа результатов измерений к истинному или принятому опорному значению, термин «прецизионность» — степень близости результатов измерений друг к другу.

Необходимость рассмотрения прецизионности возникает из-за того, что измерения, выполняемые предположительно на одинаковых объектах и в идентичных условиях, не дают, как правило, единых результатов. Это объясняется неизбежными случайными погрешностями, присущими каждой измерительной процедуре. Как правило, факторы, оказывающие влияние на результат измерения, не поддаются полному контролю. Тем не менее при практической интерпретации данных измерений эта изменчивость должна учитываться.

На изменчивость результатов измерений, выполненных по одному методу, помимо различий между предположительно идентичными образцами, могут влиять многие различные факторы, в том числе:

- а) оператор;
- б) используемое оборудование;
- в) калибровка оборудования;
- г) параметры окружающей среды (температура, влажность, загрязнение воздуха и т.д.);
- д) интервал времени между измерениями.

Различия между результатами измерений, выполняемых разными операторами и (или) с использованием различного оборудования, как правило, будут больше, чем между резуль-

татами измерений, выполняемых в течение короткого интервала времени одним оператором с использованием одного и того же оборудования.

Прецизионность является общим термином всех видов случайной погрешности и для выражения точности и изменчивости повторяющихся измерений, которая характеризуется повторяемостью и воспроизводимостью измерений. В условиях повторяемости (сходимости) факторы а) — д), перечисленные выше, считают постоянными, и они не влияют на изменчивость, в то время как в условиях воспроизводимости все эти факторы переменны и влияют на изменчивость результатов испытаний. Таким образом, повторяемость и воспроизводимость представляют собой два крайних случая прецизионности, где первый характеризует минимальную, а второй — максимальную изменчивость результатов. Прочие промежуточные условия между этими двумя экстремальными условиями прецизионности допустимы, когда один или несколько факторов а) — д) могут изменяться. Прецизионность, как правило, выражают через стандартные отклонения.

Правильность метода измерений имеет смысл в случаях, когда можно прямо или косвенно представить истинное значение измеряемой величины. Хотя для некоторых методов измерений истинное значение не может быть известно точно, его можно заменить принятым опорным значением измеряемой величины.

Правильность — степень близости результата измерений к истинному или условно истинному (действительному) значению измеряемой величины или, в случае отсутствия эталона измеряемой величины, степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений (или результатов испытания) к принятому опорному значению.

В частях 1—5 стандарта ИСО 5725 обсуждаются подходы и приводятся методы оценки прецизионности (выраженной через стандартные отклонения повторяемости и воспроизводимости) и правильности (выраженной через различные составляющие систематической погрешности) измерений, выполняемых стандартным методом. Таким образом, показателем правильности (смещения) обычно является значение систематической погрешности.

Понятия «систематическая погрешность», «систематическая погрешность лаборатории» и «систематическая



погрешность метода (методики) измерений» определяются как разности между принятым опорным значением и соответственно математическим ожиданием результатов измерений, математическим ожиданием результатов в отдельной лаборатории и математическим ожиданием результатов измерений, усредненных по лабораториям, применяющим данный метод (методику).

Очевидно, что если в качестве принятого опорного значения используется среднее значение измеряемой характеристики, систематическая погрешность метода (методики) измерений равна нулю. Введено также понятие «лабораторная составляющая систематической погрешности» — разность между систематической погрешностью лаборатории и систематической погрешностью метода (методики) измерений.

Термины «правильность» и «прецизионность» в отечественных нормативных документах по метрологии до внедрения ИСО 5725 не использовались.

Прецизионность определена как степень близости друг к другу независимых результатов измерений, произведенных в конкретных регламентированных условиях. Эта характеристика зависит только от случайных факторов и не связана с истинным или условно истинным значением измеряемой величины. Мера прецизионности обычно вычисляется как стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений, выполненных в определенных условиях. Количественные значения мер прецизионности существенно зависят от заданных условий. Экстремальные показатели прецизионности — повторяемость, сходимостъ и воспроизводимостъ регламентируются и в отечественных нормативных документах, в том числе в большинстве государственных стандартов на методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

«Условия повторяемости (сходимости)» — условия, при которых независимые результаты измерений получаются одним и тем же методом на идентичных объектах испытаний, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени. «Условия воспроизводимости» — условия, при которых сохраняется идентичность метода (методики) и объектов испытаний, а все остальное непременно должно быть разным. Соответственно «повторяемость (сходимость)» и «воспроизводимостъ» представляют собой прецизионность в условиях повторяемости и в условиях воспроизводимости. Очевидно, между условиями

повторяемости и условиями воспроизводимости существует целый ряд условий, называемых «промежуточными условиями прецизионности».

В качестве мер повторяемости, воспроизводимости для различных типов промежуточной прецизионности в ИСО 5725 используются «стандартные отклонения», а также дисперсии результатов измерений, полученных в соответствующих условиях. Аналогично для крайних и промежуточных типов условий выполнения измерений можно ввести понятия пределов, в частности, «предел повторяемости (сходимости)» и «предел воспроизводимости» — значения, которые на множестве возможных пар результатов измерений, полученных в условиях соответственно повторяемости и воспроизводимости, с доверительной вероятностью 95% не превышаются абсолютной величиной разности результатов двух измерений, входящих в пару.

Термины «повторяемость» и «сходимость» становятся синонимами (повторяемость (сходимость)) и относятся к измерениям, выполняемым в течение короткого промежутка времени, одним исполнителем, на одном и том же оборудовании, с использованием одних и тех же реактивов и т.д. (в условиях повторяемости). Мерой повторяемости (сходимости) является дисперсия повторяемости  $s_r^2$ . Другими словами, это минимально возможная для методики измерений случайная погрешность.

Термин «воспроизводимость» однозначно связан с межлабораторным разбросом результатов измерений, мерами ее являются межлабораторная дисперсия воспроизводимости  $s_r^2$  и дисперсия воспроизводимости  $s_R^2 = s_L^2 + s_r^2$ . Таким образом, в применении к внутрилабораторному контролю термин «воспроизводимость» вообще использоваться не должен: для отдельно взятой лаборатории соответствующий эффект уже не является случайным, он вырождается в систематическую погрешность этой лаборатории.

В стандартах ГОСТ Р ИСО 5725 под термином «метод» понимают методику выполнения измерений (МВИ), а под результатом — значение характеристики, полученное выполнением регламентированного (стандартизированного) метода измерений. И хотя стандарт затрагивает проблемы оценки качества результатов измерений и применения этих результатов на практике, а также оценки компетентности испытательных лабораторий, все это относится только к измерениям,

выполняемым по МВИ. Таким образом, эти стандарты распространяются:

- на разработку, аттестацию, стандартизацию и применение методик выполнения измерений по ГОСТ Р 8.563—96;
- способы экспериментальной оценки точности (правильности и прецизионности) методов (МВИ) и результатов измерений;
- применение показателей правильности и прецизионности при контроле и оценке качества результатов измерений и испытаний;
- оценку компетентности лабораторий в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000;
- оценку технического уровня разрабатываемых и действующих стандартов на методы контроля (измерений, испытаний, анализа) продукции.

Понятие «лаборатория» в стандартах ГОСТ Р ИСО 5725 необычно: одним и тем же термином «лаборатория» обозначаются два понятия: одно — традиционная лаборатория и второе — некое рабочее место, представляющее собой совокупность конкретного оператора и конкретного экземпляра оборудования, функционирующих в соответствующих условиях. Понятие «межлабораторный эксперимент» может относиться именно ко второму понятию.

В качестве подготовки к внедрению стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 можно предложить выполнить «квазимежлабораторный» эксперимент в пределах одного структурного подразделения организации (предприятия), результаты которого могут характеризовать работу традиционной лаборатории в целом и входящих в нее нетрадиционных лабораторий в отдельности.

При этом в стандартах ГОСТ Р ИСО 5725 не делается различий между измерениями и испытаниями. Под измеряемой величиной здесь понимают свойство явления, материала или вещества, которое можно различить качественно и определить количественно. В отличие от принятого в российской практике тезиса о том, что измерению подлежат только физические величины, здесь допускается измерение и нефизических параметров. Например, рейтинговые, экспертные оценки (величины) и др. Поэтому само измерение определено как совокупность операций, имеющих целью найти значения величины. Здесь нет никакого упоминания о техническом средстве, хранящем единицу измеряемой величины, и о сравнении с единицей.

В стандартах ИСО 5725 впервые формализовано и количественно определено понятие «точность измерений».

Когда говорят о количественных характеристиках точности измерений, то часто имеют в виду дисперсии или пределы без указания, от чего зависит точность измерений дисперсий, стандартных отклонений, средних значений. Понятие «точность измерения точности измерений» необходимо для оценки достоверности измерений.

В математической статистике существуют такие аналитические соотношения, которые позволяют, не проводя специального эксперимента, судить о том, насколько велика относительная погрешность оценки дисперсий и других показателей точности при применении того или иного множества измерений, или что нужно сделать, чтобы эти дисперсии измерялись с требуемой точностью. А ведь значение погрешности измерений дисперсий позволяет их сравнивать объективно. Это важное свойство измерений в том смысле, что можно объективно сравнивать качество работы отдельных лабораторий, операторов, работу разных измерительных установок. Это особенно важно при аккредитации и сертификации.

Под испытанием понимают техническую операцию, заключающуюся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой.

Расширено основополагающее понятие истинного значения — оно трансформировано в принятое опорное значение, к которому следует «привязывать» результаты измерений.

В стандартах ИСО 5725 нет даже упоминания о прослеживаемости измерений. Они не затрагивают проблемы формирования единиц измеряемых величин и эталонов и передачи размеров единиц. Хотя широко используются термин и понятие стандартного образца, однако процедура создания стандартных образцов (СО) и присвоения им аттестованных значений не входит в предмет и содержание стандарта — СО как бы привносятся извне.

Правильность и прецизионность характеризуют качество результата измерения в целом. О возможности оценки погрешности расчетными методами не упоминается. Методология основана только на статистическом анализе ряда наблюдений. С учетом изложенного рассмотрение измерения и испытания как адекватных понятий оправданно.

Под правильностью понимают способность метода (т.е. МВИ) дать верный результат. Правильность метода измере-

ний имеет смысл в случаях, когда можно прямо или косвенно представить истинное значение измеряемой величины.

На практике часто встречается ситуация, когда МВИ разрабатываются с единственной целью — сопоставить свойства или характеристики объектов на основании результатов измерений, выполненных в различных лабораториях. В этом случае сама измеряемая величина формируется при выполнении предусмотренных в методике операций. Задача получения оценки истинного значения не ставится. Тем не менее на основании таких измерений принимаются ответственные решения не только на национальном, но и на международном уровне.

В ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 (п. 5.1.1.1—2) при описании статистической модели эта ситуация разъяснена следующим образом: в технике очень часто уровень измерений определяется исключительно методом измерений. В этом случае понятие независимого истинного значения не применяют. Более того, при исследовании расхождений между результатами измерений, полученными одним и тем же методом, систематическая погрешность метода не будет оказывать никакого влияния и ею можно пренебречь. Поэтому оценка смещения (т.е. систематической погрешности) относится к работе лаборатории, а не к методу измерений (анализа).

Можно выделить следующие основные новшества, вводимые в ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 и ГОСТ Р ИСО 5725-6—2002 и существенные для внутрилабораторного контроля качества измерений:

- изменяются термины, используемые для обозначения компонент случайной погрешности и условий их появления;
- изменяются алгоритмы оценки составляющих систематической погрешности, признается возможность появления достоверных систематических погрешностей;
- различные варианты контрольных карт становятся основным инструментом контроля стабильности результатов измерений как в условиях повторяемости, так и в условиях промежуточной прецизионности;
- при контроле стабильности измерений в большинстве случаев вместо нормативов за основу берутся результаты, накопленные данной конкретной лабораторией (что, конечно, не исключает периодической оценки соответствия реальных метрологических характеристик нормативным требованиям).

Новое направление в деятельности лабораторий при внедрении стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 связано с выполнением эксперимента по установлению систематической погрешности лаборатории при реализации конкретной МВИ.

Используется и понятие «неопределенность» (о неопределенности см. ниже). Если придерживаться правила, что за каждым термином должна стоять процедура, то неопределенность — это характеристика, полученная путем расчета.

Подход в стандарте к расчету показателей прецизионности, основанный на традиционном способе оценки погрешности и оперирующий только значениями измеряемой величины, позволяет автоматически учитывать влияющие факторы (в том числе неизвестные) и «тратить» измерения не на отдельные факторы, а на их совокупности, характеризующие те или иные условия проведения измерений.

Стандарт также содержит:

- методики оценки числа измерений и лабораторий, необходимых для получения различных показателей точности с заданной достоверностью;

- методики сопоставления (по различным количественным показателям) лабораторий и методов (методик) выполнения измерений, на основе которых при необходимости можно проводить также сопоставление операторов и экземпляров оборудования;

- методики определения выбросов в множестве результатов измерений или данных их первичной обработки;

- детальную классификацию понятия прецизионности (неопределенности) в зависимости от степени совпадения условий при выполнении данного множества измерений;

- детальное описание различных типов экспериментов по оценке показателей точности.

Таким образом, в ГОСТ Р ИСО 5725 содержатся процедуры установления приписанных характеристик составляющих погрешности (случайной и систематической) МВИ и результатов измерений. Приписанные (установленные) характеристики составляющих погрешности в соответствии с требованиями ИСО указываются в стандартах и других документах на МВИ с указанием совокупности условий, для которых эти характеристики приняты. Суммарную погрешность измерений в этих условиях устанавливают, если это необходимо, расчетным путем.

Характеристики случайной составляющей погрешности по ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 адаптированы к условиям

получения результатов измерений: условиям повторяемости и условиям воспроизводимости.

В стандартах ИСО 5725 установлены те же, что и в МИ 1317–2004 и РМГ 29–99, составляющие систематические погрешности измерений (неисключенная систематическая погрешность, погрешность градуировки применяемого средства измерений и т.п.). Вместе с тем в ИСО 5725 наряду с систематической погрешностью измерений впервые стандартизированы понятия «систематическая погрешность лаборатории при реализации конкретной МВИ» (метода измерения), «систематическая погрешность метода измерений» и «лабораторная составляющая систематической погрешности метода измерений». Значение систематической погрешности лаборатории при реализации конкретной МВИ и стабильность этого значения в течение определенного периода времени являются одним из основных показателей компетентности лаборатории в международной практике.

С принятием стандартов ИСО 5725 в Российской Федерации, наконец, стандартизованы термины «повторяемость (сходимость) результатов измерений», «воспроизводимость результатов измерений» и показатели, их характеризующие, — «предел повторяемости», «предел воспроизводимости».

Установлены правила представления в стандартах на методы испытаний и других документах на МВИ стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости, пределов повторяемости и воспроизводимости, систематической погрешности метода (раздел 7 ГОСТ Р ИСО 5725-1–2002). Значение систематической погрешности всегда представляется вместе с описанием принятого опорного значения, относительно которого оно определялось. Значения стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости представляются с указанием условий эксперимента, в результате которого они были получены (число участвующих лабораторий, контролируемые значения измеряемой величины — уровни в диапазоне измерения метода, наличие выбросов в данных отдельных лабораторий).

### 3.7.2. Концепция погрешности и неопределенности измерений

Постановлением Госстандарта РФ от 26 марта 2003 г. № 96-ст с 1 июля 2003 г. введено Руководство по выраже-

нию неопределенности измерений РМГ 43—2001 (далее — Руководство). Цель Руководства:

— обоснование нормативов для международного сопоставления результатов измерений, в частности сличения национальных эталонов;

— разработка универсального метода для выражения и оценивания неопределенности измерений, применимого ко всем видам измерений.

Понятие «неопределенность измерений» введено в ГСИ стандартом ГОСТ Р 8.000—2000 «ГСИ. Основные положения».

Существуют два подхода к оцениванию параметров (характеристик) точности измерений. Один подход основан на понятиях и терминах, применяемых в основополагающих нормативных документах Государственной системы обеспечения единства измерений (НД ГСИ) в области метрологии, другой — на концепции неопределенности, вводимой Руководством.

Целью измерений является получение оценки истинного значения измеряемой величины. Понятие погрешности измерений как разности между результатом измерений и истинным (действительным) значением измеряемой величины используется для описания точности измерений в НД ГСИ по метрологии.

Неопределенность измерений понимают как неполное знание значения измеряемой величины и для количественного выражения этой неполноты рассматривают распределение вероятностей возможных (обоснованно приписанных) значений этой величины. Таким образом, параметр этого распределения (также называемый неопределенностью) количественно характеризует точность результата измерений. Обычно основанием для введения неопределенности считают непознаваемость истинного значения физической величины. Поэтому весьма важно установить общность и различие в понятиях неопределенности и погрешности. В Руководстве неоднократно подчеркивается, что понятие неопределенности измерений коренным образом отличается от традиционного понятия погрешности. Действительно, неопределенность как параметр, характеризующий дисперсию измеряемой случайной величины, не может совпадать с погрешностью, определяющей не только дисперсию, но и смещение результатов измерения относительно истинного значения.



Терминология концепции неопределенности пока еще не устоялась, но один из вариантов гласит: неопределенность измерений — это оценка, характеризующая рассеяние значений результатов измерений, в пределах которого находится истинное значение измеряемой величины.

В концепции неопределенности величина — это информация, а цель измерения — определение этой информации статистическим методом.

В Руководстве сказано, что слово «неопределенность» означает «сомнение». Тогда неопределенность измерения — это сомнение в полученных результатах измерения. Поэтому измерение как процесс в концепции неопределенности отличается от взгляда на этот процесс в концепции погрешности: в концепции погрешности присутствует виртуальное истинное значение величины, а в концепции неопределенности оно отсутствует. Можно сказать, что рассматриваемые концепции — это два разных способа оценки качества измерений. Концепция погрешности направлена на получение максимально точного результата, а концепция неопределенности — на получение максимально действительного результата.

Таким образом, результаты измерений, полученные на основе данных концепций, нельзя сравнивать.

Сходными же для обоих подходов являются последовательности действий при оценивании характеристик погрешности и вычислении неопределенности измерений:

- анализ уравнения измерений;
- выявление всех источников погрешности (неопределенности) измерений и их количественное оценивание;
- введение поправок на систематические погрешности (эффекты), которые можно исключить.

Методы вычисления неопределенности, так же как и методы оценивания характеристик погрешности, основаны на математической статистике. Однако при этом используются различные интерпретации закона распределения вероятностей случайных величин.

Различие двух подходов проявляется также в трактовке неопределенности и характеристик погрешности, основанной на разных интерпретациях вероятности: частотной и субъективной. В частности, доверительные границы погрешности (откладываемые от результата измерений) накрывают истинное значение измеряемой величины  $y$  с заданной доверительной вероятностью  $P$  (частотная интерпретация вероятности). В то же время аналогичный интервал трактуется

в Руководстве как интервал, содержащий заданную долю распределения значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Руководство по выражению неопределенности измерения не запрещает использовать и понятие погрешности измерения. Например, если неопределенность эталона и метода сравнения невелики при поверке средств измерений, то в качестве меры точности может использоваться и погрешность измерений.

Оценка неопределенности методики выполнения измерений (МВИ) и средства измерений невозможна. Оценить можно только неопределенность измерений, выполненных по данной методике, и, например, неопределенность поверки или калибровки средства измерений.

Средства измерений получают значения величин, хранимые их шкалами, от эталонов величин через процедуру калибровки — прямого сравнения значений, хранимых эталоном, и значений, хранимых шкалой средства измерений. Поскольку в рамках концепции неопределенности понятия «значение величины» и «истинное значение величины» — одно и то же, а эталоны калибруются с оценкой неопределенности, можно считать, что в результате калибровки средства измерений мы получаем смещение его шкалы относительно истинного значения. Это смещение в дальнейшем может учитываться в результате измерения и, следовательно, погрешностью считаться не может.

Понятие «размер» как некоторая количественная определенность (протяженность, интервал) величины применительно к концепции неопределенности теряет свое смысловое содержание, так как для реализации измерений на основе концепции неопределенности нет необходимости в понятии «размер единицы величины». Даже в том случае, если измеряемая величина имеет размерность, размер, представляющий измеряемую величину, сравнивается не с размером единицы величины, а с размерами, составляющими шкалу средства измерений. Размер в этом случае должен рассматриваться не как количественная, а как качественная определенность величины. В связи с этим в концепцию неопределенности легко вписываются измерения безразмерных величин, в то время как при принятии за основу концепции погрешности возможность называть такие «измерения» измерениями вызывает внутренний протест.

Введенный в стране ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 [22] также не исключает концепции погрешности. Наоборот, в нем фигу-

рируют и «погрешность», и «истинное значение», например, при определении систематической погрешности:

«3.8. Систематическая погрешность (*bias*): разность между математическим ожиданием результатов измерений и истинным (или в его отсутствии принятым опорным) значением».

Таким образом, если понятие неопределенности рассматривать как характеристику результата измерений, т.е. измеренного, а не истинного значения измеряемой величины, то оно не противоречит и не нарушает концепцию погрешности измерения, а лишь дополняет ее, являясь более логичной характеристикой погрешностей, неизвестных по размеру и знаку. Представляется, что можно очертить области эффективного применения этих концепций.

Термин «погрешность» удобно применять в случаях, когда надо оценить разность между измеренным и истинным значением как качественную характеристику; когда речь идет о систематической составляющей погрешности, преобладающей в результате или подлежащей исключению; когда необходимо найти предел допускаемой погрешности средства измерений и т.п.

Однако когда речь идет о разности между измеренным и истинным значением, размер и знак которой нам неизвестны, определение начинает вступать в противоречие с логикой. Действительно, измерив параметры средством измерений, имеющим предел допускаемой погрешности, например,  $\pm 0,1$  мм, мы не можем сказать, что результат имеет погрешность  $0,1$  мм, поскольку мы не знаем, какова была разность между результатом и истинным значением, знаем лишь, что она не превышает  $0,1$  мм. В этом случае на вопрос о погрешности измерения размера логичнее ответить, что он измерен с неопределенностью  $\pm 0,3$  мм.

Неопределенностью измерений удобнее характеризовать измерения и результаты, выполненные на пределе разрешающей способности метода или когда основной составляющей является случайная составляющая погрешности. В последнем случае приходится окончательный результат многократных измерений вычислять как среднееарифметическое значение и характеризовать уровнем возможных погрешностей, имеющим явно размытые границы, зависящие от числа выполненных измерений и принимаемой вероятности.

Принятие концепции неопределенности призвано, с одной стороны, обосновать возможность измерения безразмерных

и нефизических величин, расширить в целом рамки возможного применения метрологии в различных областях деятельности, а с другой стороны, повысить качество выполняемых измерений.

До настоящего времени на основании концепции погрешности не удается убедительно доказать прямую связь Закона об обеспечении единства измерений с требованиями по аттестации испытательного оборудования и средств допускового контроля, характеристики которых нормированы, а следовательно, являются величинами. Дело в том, что испытательное оборудование хранит различные величины условий испытаний, но не предназначено для передачи или получения размера единицы величины и, следовательно, в рамках применения концепции погрешности оно не имеет измерительных функций. Между тем в рамках применения концепции неопределенности оно с очевидностью предстает как объект, в отношении которого должен осуществляться метрологический контроль и надзор. То же самое можно сказать и о средствах допускового контроля.

Как показано выше, очень важно, что неопределенность, как и погрешность, — показатель качества измерений, несущий ту же информацию, а привычные характеристики погрешности могут быть выражены через неопределенность.

Качество, отражающее пригодность результата измерения для достижения конкретной цели, можно описать некоторой мерой доверия к результату. Эта мера должна характеризовать степень совпадения результата измерения с другими результатами измерений того же объекта независимо от метода, а также возможность проследить связь этого результата с определенным эталоном.

Такой мерой является погрешность, которую используют как универсальный показатель качества измерений, позволяющий полностью охарактеризовать результат и возможности его практического использования. Изначально погрешность определена как отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Однако в существующей метрологической практике слово «погрешность» употребляют как универсальную характеристику качества измерений вне всякой связи с приведенным определением. Различные названия (случайная, систематическая, суммарная, полная и т.п.) употребляют для оценки различных факторов, влияющих на результат измерений.

Неудобство и неоднозначность такой терминологии очевидны. Это один из серьезных аргументов в пользу появления

термина «неопределенность». Логика рассуждения, предложенная проф. В. И. Колмановским [32], такова.

Сущность процесса измерений — это сравнение с мерой. В практике используют два приема оценки качества измерений, две разных процедуры:

- 1) прямое сравнение результата измерения с мерой (т.е. с условно-истинным (действительным) значением, воспроизводимым с помощью эталона или стандартного образца);
- 2) оценка путем расчета, основанного на знании некоторых характеристик метода, объекта, средств и условий измерений.

В сложившейся практике и то и другое называют погрешностью.

Вполне естественно ввести для них разные термины. Это и сделано в концепции неопределенности. Результат прямой оценки качества измерений путем сравнения с мерой по-прежнему называют погрешностью измерений. Результат же оценки качества измерений путем расчета называют неопределенностью измерений.

Расчет заключается, естественно, в оценке отдельных составляющих, влияющих на результат измерения, и последующем построении их суперпозиции. Оценка составляющих основана на представлении, что любое влияние на результат измерения должно быть описано не числом, а функцией распределения (которая может быть и неизвестна).

В отличие от принятого деления погрешностей на случайные и систематические на основе анализа их источников или причин возникновения составляющие неопределенности группируют в две категории в соответствии с методами их оценки. Это связано с тем, что в зависимости от методики выполнения измерений одна и та же погрешность может проявляться как случайная либо как систематическая.

Многочисленное повторение измерений и математическая обработка полученной совокупности измеренных значений названа оценкой неопределенности типа А. Это обычная и хорошо знакомая процедура оценки стандартного отклонения ряда наблюдений. Для удобства найденное таким образом стандартное отклонение иногда называют стандартной неопределенностью типа А.

Все другие оценки, основанные на использовании априорной информации об объекте, методе и условиях измерений, о применяемых образцовых и рабочих средствах измерений и (возможно) других сведений, называют оценкой неопреде-

ленности типа В. Эти оценки также должны быть выражены в виде стандартного отклонения, характеризующего некоторую предполагаемую (априорную) функцию распределения возможных результатов измерения.

Подобный прием много лет применяют при оценке систематических погрешностей в соответствии с ГОСТ 8.2—76. Если известны симметричные границы систематической погрешности, связанной с фактором  $i$ , равные  $\theta_i$ , то предполагают, что это границы симметричного равномерного распределения.

Отсюда вытекает форма представления показателей неопределенности — это параметр функции распределения результата измерения как случайной величины. Если в качестве этого параметра выбрано стандартное отклонение, то его называют стандартной неопределенностью. Если выбран доверительный интервал, то его называют расширенной неопределенностью. В общем случае неопределенность — это оценка, характеризующая диапазон значений, в пределах которого находится истинное значение измеряемой величины. Форма представления и численные значения показателей неопределенности не отличаются от привычных характеристик погрешности — это те же стандартные отклонения и доверительные интервалы, но описанные другими словами.

В категорию неопределенностей типа В органически входят и неопределенности установления связи результата измерения с соответствующими эталонами, и неопределенности самих принятых значений эталонов. Существенное внимание уделяют и прослеживаемости, которую понимают как процесс установления размера единицы, в которой выражен результат измерений, путем установления неразрывной цепи сличений с эталоном (единицы СИ) либо стандартным образцом. Неопределенность результата, который является прослеживаемым к определенному эталону, представляет собой неопределенность этого эталона плюс неопределенность измерений относительно этого эталона. Следовательно, прослеживаемость не может быть установлена, если неопределенность не оценена количественно.

Правила сложения неопределенностей отличаются от правил сложения погрешностей тем, что все слагаемые рассматриваются одинаково. Эти правила заключаются в том, что дисперсия результата равна сумме дисперсий слагаемых с учетом закона распространения неопределенностей и возможной корреляции между слагаемыми (ковариации). Правила

применяются вне зависимости от того, получены ли оценки по типу А или по типу В.

Наиболее важным является тот факт, что полученные оценки стандартной и расширенной неопределенности практически совпадают с оценками характеристик суммарной погрешности (стандартное отклонение и границы погрешности), если во внимание принимаются одни и те же источники.

Основной вывод из изложенного состоит в том, что получение результатов в терминах и показателях неопределенности не требует коренной ломки сложившейся системы взглядов. Исходные положения, методы расчетов и правила оценки погрешности и неопределенности очень близки. Отличаются только правила сложения составляющих (в сторону упрощения) и (частично) форма представления результатов. Важно, что понятия погрешности и неопределенности не исключают друг друга.

Тем не менее нельзя не учитывать недостатки метода оценки неопределенности, предложенного Руководством, к которым относятся:

- неприменимость к прямым измерениям;
- невозможность оценки дисперсии воспроизводимости;
- игнорирование влияющих факторов, которые либо нельзя представить в виде измеримых величин, либо они действуют неформализуемым образом, либо неизвестны;
- неравноправность уровней в модели измерений;
- практическая непримиримость в случаях взаимозависимости определяющих величин и при существенной нелинейности модели;
- необходимость получения данных о дисперсиях и ковариациях всех определяющих величин;
- претензии на универсальность.

Директивное введение неопределенности потребовало бы некоторой корректировки действующей нормативно-технической документации и дополнительного обучения персонала. Нечто подобное сопровождало введение Международной системы единиц (СИ), системы ЕСКД. Поэтому целесообразно говорить о постепенном переходе. Это наиболее актуально для методик выполнения измерений со сложными моделями и большим числом влияющих факторов, как, например, в количественном химическом анализе.

В вопросах практической реализации следует отметить, что неопределенность чрезвычайно удачно дополняет оценки точности методов и результатов измерений, выполненные в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725. Этот стандарт построен целиком на статистической обработке рядов наблюдений, т.е. на оценках типа А. По объективным причинам эти оценки страдают неполнотой и не могут быть исчерпывающими.

Ни один из указанных выше недостатков Руководства не относится к ГОСТ Р ИСО 5725.

Считается, что неопределенность можно сравнивать лишь с прецизионностью. В трактовке ГОСТ Р ИСО 5725 понятие прецизионности шире, чем понятие случайной погрешности, отнесенное лишь к условиям сходимости (повторяемости). Прецизионность характеризует разброс результатов измерений в более общем случае, а именно — измерений, выполненных при неучтенном воздействии меняющихся влияющих факторов, т.е. речь идет о сопоставлении неопределенности со случайной погрешностью. Однако приводимая мотивация справедлива и для сопоставления неопределенности с прецизионностью: достаточно лишь представить, что оно осуществляется в условиях промежуточной прецизионности любого типа (см. ГОСТ Р ИСО 5725-3—2002).

При этом установлено:

- случайные величины  $u$  и  $v$ , описывающие неопределенность и прецизионность, совпадают по модулю и противоположны по знаку;

- законы распределения этих случайных величин являются зеркальными отражениями друг друга относительно оси ординат;

- употребляющиеся в метрологии меры разброса — дисперсии, стандартные отклонения, пределы — для случайных величин  $u$  и  $v$  совпадают; другие характеристики, не зависящие от знака случайной величины, также совпадают; для симметричных (относительно центральной оси) законов распределения совпадают все характеристики (моменты распределений).

Важнейшим следствием совпадения понятий неопределенности и прецизионности является возможность оценки дисперсии неопределенности как выборочной дисперсии результатов измерений.

В ГОСТ Р ИСО 5725 [ч. 4, п. 4.2.1.4] прямо указано, что при оценке систематической погрешности метода не следует принимать во внимание возможное различие между аттестованным и истинным значением, выраженным через неопределенность



стандартного образца, определяющего принятое опорное значение. Этого действительно не требуется при оценке систематической погрешности метода, так как все лаборатории, применяющие метод, используют одно и то же принятое опорное значение. Однако вклад возможного смещения этого значения в погрешность результата остается неучтенным.

Кроме того, в стандарте не рассматриваются отдельные источники погрешностей и правила суммирования отдельных составляющих. Поэтому для оценки суммарной погрешности МВИ целесообразно дополнительно использовать правила оценки неопределенности по типу В и суммарной стандартной неопределенности. Подход в стандарте к расчету показателей прецизионности, основанный на традиционном способе оценки погрешности и оперирующий только значениями измеряемой величины, позволяет автоматически учитывать влияющие факторы (в том числе неизвестные) и «тратить» измерения не на отдельные факторы, а на их совокупности, характеризующие те или иные условия проведения измерений.

При сопоставлении дисперсий, характеризующих неопределенность и прецизионность косвенных измерений, необходимо следить за тем, чтобы они относились к одной и той же измеряемой величине. В Руководстве принято, что результат измерений получают усреднением по  $n$  повторным наблюдениям, а в ИСО 5725 принято единичное измерение, т.е. в теории это две разные величины, и при независимых наблюдениях первая из них на множестве повторов имеет в  $n$  раз меньшую дисперсию, чем вторая. При дополнительном усреднении на каком-либо ином множестве (например, на множестве экземпляров СИ) усреднение по повторам не играет роли. По этой причине увеличением числа повторов все дисперсии типа А в Руководстве могут быть сделаны сколь угодно малыми по сравнению с дисперсиями типа В.

В дальнейшем будем полагать измерение единичным, имея в виду, что последующее усреднение единичных результатов на множестве повторов уменьшает как систематическую, так и случайную погрешности.

С точки зрения учета влияющих факторов при экспериментальной оценке дисперсии единичные результаты косвенных измерений не отличаются от результатов прямых измерений; оценивать и использовать статистические характеристики определяющих величин при этом нет необходимости.

В ГОСТ Р ИСО 5725-3–2002 предложена система укрупнения и классификации влияющих факторов, основанная на

их приписывании четырем компонентам измерительного процесса, определяющим внешние и «внутренние» условия измерений: время (продолжительность эксперимента), оператор, оборудование (средство измерений) и калибровка. В отличие от определяющих величин, влияние этих групп факторов невозможно представить в аналитической форме, и это обстоятельство предопределяет экспериментальный характер оценки дисперсии, реализованный в стандарте. Виды промежуточной прецизионности (неопределенности) соответствуют различным сочетаниям «включаемых» групп. При этом включение означает переход от фиксации факторов, входящих в группу, к их многообразию, проявляющемуся в реальных условиях измерений. Укрупнение факторов не приводит к уменьшению оценок дисперсии измеряемой величины: включение группы означает учет всех входящих в нее факторов, а количество измерений, необходимое для надлежащего учета всей группы, не будет расти пропорционально числу отдельных факторов.

Существенно, что указанные группы влияющих факторов независимы и каждой из них соответствует свое множество, на котором может проводиться усреднение при расчете выборочных дисперсий: множество операторов, экземпляров СИ (для факторов «оборудование» и «калибровка») и внешних условий выполнения измерений.

В ГОСТ Р ИСО 5725-2—2002 укрупнение влияющих факторов доведено до одной группы: «лаборатория». Правда, это название в данном случае не очень удачно и вносит путаницу, так как оно присвоено понятию, которое относится не только к месту выполнения измерений, но и к конкретному экземпляру СИ и конкретному оператору. При формировании дисперсий измеряемой случайной величины такое укрупнение позволило усреднение только по одному множеству — «нетрадиционным» лабораториям. Заметим, что в интерпретации ГОСТ Р ИСО 5725-2—2002 множеству внешних условий измерений соответствует не промежуток времени выполнения измерений, а та «часть» понятия «нетрадиционная лаборатория», которая относится к ее местоположению. Стандарт требует выполнения лабораториями только по одной серии повторов на каждом уровне измерений. Это означает, что влияние внешних условий измерений можно моделировать как множеством мест, так и продолжительностью выполнения измерений.

Важность этого утверждения вытекает из исключительной роли дисперсии (стандартного отклонения, предела) воспроизводимости и из трудностей финансирования и организации

межлабораторных экспериментов по ее оценке, регламентированных в ИСО 5725. Дисперсия воспроизводимости (точнее, межлабораторная дисперсия) — это основа определения пределов рассогласований при подтверждении соответствия продукции, возникновения спорных ситуаций между поставщиком и получателем, аккредитации, сопоставлении и подтверждении соответствия лабораторий, аттестации и стандартизации методик выполнения измерений.

Предлагаемый способ оценки дисперсии воспроизводимости основан на возможности ее представления в виде суммы максимальной дисперсии внутрилабораторной прецизионности и дисперсии систематических погрешностей (неисключенных систематических погрешностей) на множестве находящихся в эксплуатации экземпляров СИ данного типа. Оценка первого слагаемого основывается на проведении эксперимента в условиях естественного многообразия всех влияющих факторов, кроме оборудования. Эксперимент выполняется по возможности большим числом операторов на единственном экземпляре СИ в течение длительного времени, что соответствует максимальному разнообразию внешних условий, включая их сезонные изменения. За это время выполняется большое количество серий повторных измерений, которые в данном способе определения воспроизводимости соответствуют лабораториям — участницам межлабораторного эксперимента.

Второе слагаемое дисперсии воспроизводимости можно оценить расчетным путем подобно тому, как описано в МИ 2552—99 применительно к составляющим неопределенности типа В, т.е. на основе знания границ отклонения значений погрешности от среднего (например, знания допустимых погрешностей при поверке СИ).

Помимо сравнительной простоты и меньшей стоимости организации и проведения эксперимента, преимуществом «длительного внутрилабораторного» способа оценки воспроизводимости перед «коротким межлабораторным», описанным в стандарте, является большая надежность оценок воспроизводимости с точки зрения достаточности данных. При этом имеется в виду не только общий объем экспериментальных результатов и более полный учет внешних условий, но и статистика систематических погрешностей на множестве эксплуатируемых СИ, которое во втором способе представлено лишь множеством лабораторий-участниц.

Однако данный способ ни в коем случае не следует трактовать как замену подхода, изложенного в ИСО 5725. Лучше

его рассматривать как дополнение или альтернативу, расширяющую возможности выбора множества, на котором формируется дисперсия, отображающая влияние внешних условий измерения.

Основным количественным выражением неопределенности измерений является стандартная неопределенность  $u$ . Если результат определяют через значения других величин, то основным количественным выражением неопределенности измерений становится суммарная стандартная неопределенность  $u_c$ .

При необходимости вычисляют расширенную неопределенность  $U$  по моделям, приведенным в работах [22, 23].

### Контрольные вопросы и задания

1. Назовите виды средств измерений (СИ).
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 различие метрологических характеристик аналоговых и цифровых СИ?
8. Как осуществляется нормирование динамических погрешностей СИ?
9. Что такое опорное значение параметра?
10. Дайте понятие «лаборатория» по ГОСТ Р ИСО 5725.
11. Дайте понятия «правильность» и «прецизионность» измерений.
12. Дайте характеристику системы стандартов ИСО 5725.
13. Что такое прослеживаемость измерений?
14. Дайте характеристику пределам повторяемости и воспроизводимости.
15. В чем заключается контроль стабильности результатов измерений в пределах лабораторий?
16. В чем смысл неопределенности измерений?
17. Сравните неопределенность и погрешность.
18. Сравните неопределенность и прецизионность.
19. Что такое стандартная неопределенность по типу А?
20. Что такое стандартная неопределенность по типу В?

## 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  $MX$  средства измерений. Эти отказы носят главным образом явный характер, проявляются внезапно и могут быть обнаружены без проведения поверки.

**Метрологическим** называется отказ, вызванный выходом  $MX$  из установленных допустимых границ. Как показывают проведенные исследования [58], метрологические отказы происходят значительно чаще, чем неметрологические.

**Внезапным** называется отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одной или нескольких  $MX$ . 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 свою 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 [37, 58, 68].

Надежность СИ характеризует его поведение с течением времени и является обобщенным понятием, включающим в себя стабильность, безотказность, долговечность, ремонтно-пригодность (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 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 регулировки 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 независимо от того, используется ли СИ или оно хранится на складе. Свойство СИ сохранять значения пока-

зателей 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 о изменениях погрешности  $\Delta(t)$ , 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, 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 хранится 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 [58] 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, экстраполирую-



щей полученные результаты на большой интервал времени. Поскольку изменение МХ во времени — случайный процесс, то основным инструментом построения математических моделей является теория случайных процессов.

Изменение погрешности СИ во времени представляет собой случайный нестационарный процесс. Множество его реализации показаны на рис. 4.1 в виде кривых  $D$ -модулей погрешности. В каждый момент  $t$  они характеризуются некоторым законом распределения плотности вероятности  $p(\Delta, t_i)$  (кривые 1 и 2 на рис. 4.1, а). В центре полосы (кривая  $\Delta_{cp}(t)$ ) 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  $t_i$  необходимо знать оценки математического ожидания  $\Delta_{cp}(t_i)$  и СКО  $\sigma_{\Delta}(t_i)$  отдельных реализации  $\Delta_i$ . Значение погрешности на границах в каждом сечении  $t_i$  равно  $\Delta_r(t_i) = \Delta_{cp}(t) \pm k \sigma_{\Delta}(t_i)$ , где  $k$  — 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 [37] использовать общее для высокоэнтропийных симметричных законов распределения свойство, состоящее в том, что при доверительной вероятности  $P = 0,95\%$  и 95%-ные квантили отстоят от центра распределения  $\Delta_{cp}(t)$  на  $\pm 1,6 \sigma_{\Delta}(t_i)$ . 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  $\Delta_{0,95}(t) = \Delta_{cp}(t) \pm 1,6 \sigma_{\Delta}(t_i)$ .

Метрологический отказ наступает при пересечении кривой  $\Delta_i$  прямых  $\pm \Delta_{пр}$ . Отказы могут наступать в различные

моменты времени в диапазоне от  $t_{\min}$  до  $t_{\max}$  (см. рис. 4.1, а), причем эти точки являются точками пересечения 5%- и 95%-ного квантилей с линией допустимого значения погрешности. При достижении кривой  $\Delta_{0,95}(t)$  допустимого предела  $\Delta_{\text{пр}}$  у 5% приборов наступает метрологический отказ. Распределение моментов наступления таких отказов будет характеризоваться плотностью вероятности  $P_n(t)$ , показанной на 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.

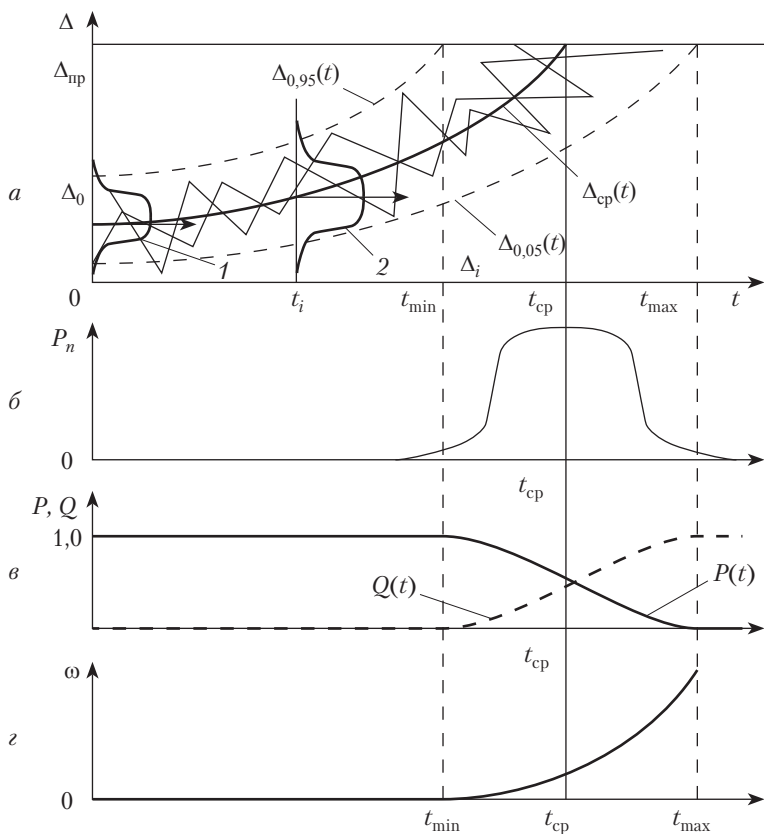


Рис. 4.1. Модель изменения погрешности во времени (а), плотность распределения времени наступления метрологических отказов (б), вероятность безотказной работы (в) и зависимость интенсивности метрологических отказов от времени (г)

Показатели точности, метрологической надежности и стабильности СИ соответствуют различным функционалам, построенным на траекториях изменения его МХ  $\Delta_i(t)$ . 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  $t$ . 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  $\Delta_{0,95}(t)$  может быть представлена в виде  $\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + F(t)$ , где  $\Delta_0$  — начальная погрешность СИ;  $F(t)$  — случайная для совокупности СИ данного типа функция времени, обусловленная физико-химическими процессами постепенного износа и старения элементов и блоков. Получить точное выражение для функции  $F(t)$  исходя из физических моделей процессов старения практически не представляется возможным. Поэтому, основываясь на данных экспериментальных исследований изменения погрешностей во времени, функцию  $F(t)$  аппроксимируют той или иной математической зависимостью.

Простейшей моделью изменения погрешности является линейная:

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + vt, \quad (4.1)$$

где  $v$  — скорость изменения погрешности. Как показали проведенные исследования [51], 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 пря-

мой линией 1 показано изменение 95%-ного квантиля при линейном законе.

При метрологическом отказе погрешность  $\Delta_{0,95}(t)$  превышает значение  $\Delta_{\text{пр}} = \Delta_0 + \Delta_3$ , где  $\Delta_3$  — 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  $\Delta_0$ . По прошествии времени  $T_p = t_i - t_{i-1}$  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

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + n \Delta_3, \quad (4.2)$$

где  $n$  — число отказов (или ремонтов) СИ. Если число отказов считать целым, то это уравнение описывает дискретные точки на прямой 1 (см. рис. 4.2, а). Если же условно принять, что  $n$  может принимать и дробные значения, то формула (4.2) будет описывать всю прямую 1 изменения погрешности  $\Delta_{0,95}(t)$  при отсутствии отказов.

Частота метрологических отказов увеличивается с ростом скорости  $v$ . Она столь же сильно зависит от запаса нормируемого значения погрешности  $\Delta_3$  по отношению к фактическому значению погрешности средства измерений  $\Delta_0$  на момент изготовления или окончания ремонта прибора. Практические возможности воздействия на скорость изменения  $v$  и запас погрешности  $\Delta_3$  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  $\Delta_0$  на момент изготовления, то частота метрологических отказов будет малой. Если же при ремонте лишь обеспечивается выполнение условия  $\Delta_0 \approx (0,9-0,95) \Delta_{\text{пр}}$ , 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 метрологиче-

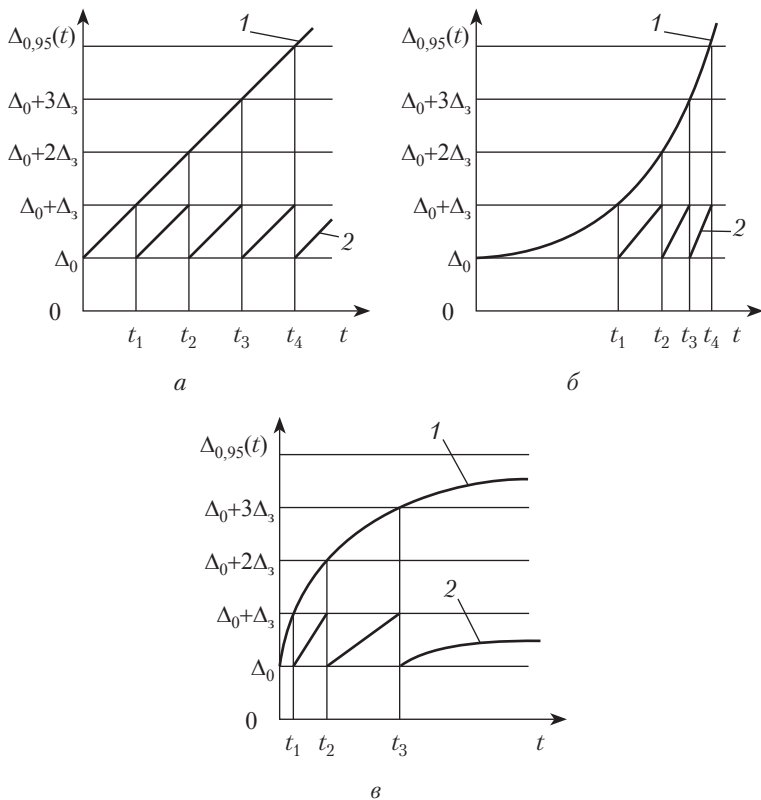


Рис. 4.2. Линейный (а) и экспоненциальный (б, в) законы изменения погрешности

ской исправности средства измерений является обеспечение достаточно большого запаса  $\Delta_3$ , нормируемого по отношению к пределу  $\Delta_{пр}$ .

Постепенное непрерывное расходование этого запаса обеспечивает на некоторый определенный период времени метрологически исправное состояние СИ. Ведущие приборостроительные заводы обеспечивают  $\Delta_3 = (0,4-0,5) \Delta_{пр}$ , что при средней скорости старения  $v = 0,05 \Delta_{пр}/\text{год}$  позволяет получать межремонтный интервал  $T_p = \Delta_3/v = 8-10$  лет и частоту отказов  $\omega = 1/T_p = 0,1-0,125 \text{ год}^{-1}$ .

При изменении погрешности СИ в соответствии с формулой (4.1) все межремонтные интервалы  $T$  будут равны между собой, а частота метрологических отказов  $\omega = 1/T$  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  $\omega(t)$  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  $\omega_0$  — частота метрологических отказов на момент изготовления средства измерений (т.е. при  $t = 0$ ),  $\text{год}^{-1}$ ;  $a$  — положительное или отрицательное ускорение процесса метрологического старения,  $\text{год}^{-1}$ .

Число отказов  $n(t)$  определяется через частоту отказов  $\omega(t)$  и при ее экспоненциальном изменении согласно формуле (4.3) рассчитывается как

$$n(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau = \int_0^t \omega_0 e^{a\tau} d\tau = \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1).$$

Тогда изменение во времени погрешности СИ с учетом формулы (4.2) имеет вид

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + n(t)\Delta_3 = \Delta_0 + \Delta_3 \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1). \quad (4.4)$$

Указанная зависимость показана кривыми 1 на рис. 4.2, б и в.

Практическое использование формулы (4.4) требует знания четырех параметров: начального значения погрешности ( $\Delta_0$ ), абсолютного запаса погрешности ( $\Delta_3$ ), начальной частоты метрологических отказов ( $\omega_0$ ) при  $t = 0$  и ускорения ( $a$ ) процесса старения. Уравнения для определения назван-

ных параметров, получаемые из (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

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + \Delta_3 \omega_0 t + \Delta_3 \omega_0 a t^2 / 2 = \Delta_0 + vt + a_{\Delta} t^2 / 2, \quad (4.5)$$

где  $v$  — начальная скорость возрастания погрешности, %;  $a_{\Delta}$  — абсолютное значение ускорения изменения погрешности, %. В частном случае, когда  $a = 0$ , выражение (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  $a_{\Delta}$ , а по ним рассчитать параметры уравнения (4.4) в виде  $\omega_0 = v/\Delta_3$  и  $a = a_{\Delta}/(\Delta_3 \omega_0)$ .

Расчет времени наступления метрологического отказа сводится к определению моментов пересечения кривой  $\Delta_{0,95}(t)$  постоянных уровней  $\Delta_0 + \Delta_3$ ,  $\Delta_0 + 2\Delta_3$ , ...,  $\Delta_0 + n\Delta_3$ . 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

$$t_n = \frac{1}{a} \ln \left( \frac{an}{\omega_0} + 1 \right); \quad T_n = \frac{1}{a} \ln \left( 1 + \frac{1}{\omega_0/a + n} \right). \quad (4.6)$$

**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  $T_{\text{сл}}$  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 [5] относительной глубиной ремонта  $c = c_p/c_n$ . Срок службы СИ

$$T_{\text{сл}} = 1/\sqrt{c\omega_0 a}. \quad (4.7)$$

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  $c = 0,3-0,4$ ; частота метрологических отказов на момент изготовления и  $\omega_0 \approx 0,11 \text{ год}^{-1}$ , ускорение процесса старения  $a \approx 0,19 \text{ год}^{-1}$ . Определите срок службы таких приборов и общее число отказов.

*Решение.* Срок службы прибора рассчитывается по формуле (4.7)

$$T_{\text{сл}} = 1/\sqrt{0,3 \cdot 0,11 \cdot 0,19} = 12,63 \text{ года.}$$

Уравнение для расчета общего числа отказов имеет вид

$$n_{\Sigma} = \frac{\omega_0}{a} \left[ \exp\left(a/\sqrt{a \cdot c \cdot \omega_0}\right) - 1 \right].$$

Подставив в него все числовые данные, получим

$$n_{\Sigma} = \frac{0,11}{0,19} \left[ \exp\left(0,19/\sqrt{0,19 \cdot 0,3 \cdot 0,11}\right) - 1 \right] = 0,579(e^{5,8} - 1) = 5,8.$$

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  $n_{\Sigma}$  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

$$n_{\Sigma} = n_{\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} n(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1) = \frac{\omega_0}{a}.$$

Погрешность СИ стремится к пределу, равному, согласно (4.4),

$$\Delta_{0,95}(\infty) = \Delta_0 - \frac{\omega_0}{a} \Delta_3 = \Delta_0 + n_{\infty} \Delta_3. \quad (4.8)$$

Экспоненциальная модель процесса старения позволяет описать изменения погрешности СИ при увеличении его возраста от года и практически до бесконечности. Однако дан-



ная модель имеет ряд недостатков. Для СИ с отрицательным ускорением процесса старения она прогнозирует при  $t \rightarrow \infty$  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 из недостатков экспоненциальной модели старения удастся устранить при использовании так называемой **логистической модели**, а также полиномиальными и диффузионными марковскими моделями или моделями на основе процессов авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего [78].

В технике используется большое число показателей надежности, которые приведены в стандарте ГОСТ 27.002–89 «Надежность в технике. Термины и определения». 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  $t = T_{\text{зад}}$ , где  $T_{\text{зад}}$  — заданное время восстановления. **Средним временем восстановления** работоспособного состояния называется математическое ожидание времени восстановления, определяемое до его функции распределения.

### Контрольные вопросы и задания

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, ремонтпригодности 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.

## 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 выборе СИ заключается в том, что сам процесс измерения не сопровождается 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  $\delta_n$  (например, методами, предложенными в гл. 2) относительная погрешность СИ  $\delta_{СИ}$  должна быть на 25–30% ниже, чем  $\delta_n$  (т.е.  $\delta_{СИ} = 0,7 \delta_n$ ). Если известна приведенная погрешность  $\gamma_n$  измерения, то приведенная погрешность СИ

$$\gamma_{СИ} = \gamma_n \frac{x}{x_n},$$

где  $x$  и  $x_n$  — результат измерения и нормированное значение шкалы СИ по табл. 3.3.

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 потребуется 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:

1) 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;

2) цена деления шкалы должна выбираться с учетом заданной точности измерения. Например, если размер нужно контролировать с точностью до 0,01 мм, то и СИ нужно 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 ввиду удорожания СИ. При контроле технологических процессов должны использоваться СИ с ценой деления не более  $\frac{1}{6}$  допуска на изготовление;

3) поскольку качество измерения определяется величиной относительной погрешности  $\delta = \pm (\Delta/x) \cdot 100\%$ , т.е. с умень-

шением  $x$  величина  $\delta$  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; 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.

В пределах рабочего участка шкалы наибольшая возможная абсолютная погрешность равновероятна на всех отметках. Таким образом, при выборе СИ важно определить рабочий участок шкалы и ее цену деления. Последняя зависит от класса точности СИ и числа  $n_{\text{ш}}$  делений шкалы.

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  $n_{\text{ш}} = 100/2\gamma$ .

Исходя из требований удобства считывания показаний, допускается использование более крупных делений шкалы, но обязательно кратных  $n_{\text{ш}}$  (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:

- 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 выбирают 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 соотношении 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—91). 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. Под *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 разра-*

*ботки 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, описывающим 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 из них получают информацию о фактическом состоянии некоторого объекта, признаках и показателях его свойств. Эта информация называется *первичной*. На втором — первичная информация сопоставляется с заранее установленными требованиями, нормами, критериями. При этом выявляется соответствие или несо-

ответствие фактических данных требуемым. Информация о 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; операции воспроизведения уставок контроля; операции сравнения; определения 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, применяются для проверки состояния изделий, параметры которых заданы, 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 проверка средств измерений, в процессе которой исследуется попадание погрешностей средства измерений в допускаемые пределы.

По расположению зоны контролируемого состояния различают допусковый контроль состояний:

- ниже допускаемого значения  $X < X_{\text{н}}$ ;
- выше допускаемого значения  $X > X_{\text{в}}$ ;
- между верхним и нижним допускаемыми значениями  $X_{\text{н}} < X < X_{\text{в}}$ .

Результатом контроля является не число, а одно из взаимоисключающих утверждений:

- «контролируемая характеристика (параметр) находится в пределах допускаемых значений», результат контроля — «годен»;
- «контролируемая характеристика (параметр) находится за пределами допускаемых значений», результат контроля — «не годен» или «брак».

Для определенности примем, что решение «годен» должно приниматься, если выполняется условие  $X_{\text{н}} \leq X \leq X_{\text{в}}$ , где  $X$ ,  $X_{\text{в}}$ ,  $X_{\text{н}}$  — истинное значение и допускаемые верхнее и нижнее значения контролируемого параметра. На самом же деле с допускаемыми значениями  $X_{\text{н}}$  и  $X_{\text{в}}$  сравнивается не истинное значение  $X$  (поскольку оно неизвестно), а его оценка  $X_0$ , полученная в результате измерений. Значение  $X_0$  отличается от  $X$  на величину погрешности измерения:  $X = X_0 + A$ . Решение «годен» при проведении контроля принимается в случае выполнения неравенства  $X_{\text{н}} \leq X \leq X_{\text{в}}$ . Отсюда следует, что при допусковом контроле возможны четыре исхода.

1. Принято решение «годен», когда значение контролируемого параметра находится в допускаемых пределах, т.е. имели место события  $X_{\text{н}} \leq X \leq X_{\text{в}}$  и  $X_{\text{н}} \leq X_0 \leq X_{\text{в}}$ . Если известны плотности вероятностей законов распределения  $f(X)$  контролируемого параметра  $X$  и погрешности его измерения  $f(A)$ , то при взаимной независимости этих законов и заданных допустимых верхнем и нижнем значениях параметра вероятность события «годен»

$$P_{\Gamma} = \int_{X_{\text{H}}}^{X_{\text{B}}} f(X) \left[ \int_{X_{\text{H}}-X}^{X_{\text{B}}-X} f(\Delta) d\Delta \right] dX.$$

2. Принято решение «брак», когда значение контролируемого параметра находится вне пределов допускаемых значений, т.е. имели место события  $X < X_{\text{H}}$  или  $X > X_{\text{B}}$  и  $X_0 < X_{\text{H}}$  или  $X_0 > X_{\text{B}}$ . При оговоренных допущениях вероятность события «негоден» или «брак»

$$P_{\text{НГ}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{B}}} f(X) \left[ \int_{-\infty}^{X_{\text{B}}-X} f(\Delta) d\Delta + \int_{X_{\text{H}}-X}^{\infty} f(\Delta) d\Delta \right] dX + \int_{X_{\text{H}}}^{\infty} f(X) \left[ \int_{-\infty}^{X_{\text{B}}-X} f(\Delta) d\Delta + \int_{X_{\text{H}}-X}^{\infty} f(\Delta) d\Delta \right] dX.$$

3. Принято решение «брак», когда истинное значение контролируемого параметра лежит в пределах допускаемых значений, т.е.  $X_0 < X_{\text{H}}$  или  $X_0 > X_{\text{B}}$  и  $X_{\text{H}} \leq X \leq X_{\text{B}}$ , и забракован исправный объект. В этом случае принято говорить, что имеет место ошибка I рода. Ее вероятность

$$P_{\text{I}} = \int_{X_0}^{X_{\text{H}}} f(X) \left[ \int_{-\infty}^{X_{\text{H}}-X} f(\Delta) d\Delta \right] dX + \int_{X_0}^{X_{\text{H}}} f(X) \left[ \int_{X_0-X}^{X_{\text{H}}-X} f(\Delta) d\Delta \right] dX.$$

4. Принято решение «годен», когда истинное значение контролируемого параметра лежит вне пределов допускаемых значений, т.е. имели место события  $X < X_{\text{H}}$  или  $X > X_{\text{B}}$  и  $X_{\text{H}} \leq X_0 \leq X_{\text{B}}$ , и неисправный объект признан годным. В этом случае говорят, что произошла ошибка II рода, вероятность которой

$$P_{\text{II}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{B}}} f(X) \left[ \int_{X_{\text{H}}-X}^{X_{\text{B}}-X} f(\Delta) d\Delta \right] dX + \int_{X_{\text{H}}}^{\infty} f(X) \left[ \int_{X_{\text{H}}-X}^{X_{\text{B}}-X} f(\Delta) d\Delta \right] dX.$$

Очевидно, что ошибки I и II родов имеют разное значение для изготовителей и потребителей (заказчиков) контролируемой продукции. Ошибки I 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 II 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  $P_{\Gamma}$ ,  $P_{\text{нг}}$ ,  $P_1$  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  $P_{\Gamma} + P_{\text{нг}} + P_1 + P_2 = 1$ .

Достоверность результатов допускового контроля описывается различными показателями, среди которых наибольшее распространение получили вероятности ошибок I ( $P_1$ ) и II ( $P_2$ ) родов и риски изготовителя и заказчика (потребителя):

$$R_{\text{изг}} = \frac{P_1}{P_1 + P_{\text{н}}}; R_{\text{зак}} = \frac{P_2}{P_2 + P_{\Gamma}}.$$

Одна из важнейших задач планирования контроля — выбор оптимальной точности измерения контролируемых параметров. При завышении допускаемых погрешностей измерения уменьшается стоимость средств измерений, 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, увеличивает 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 I и II родов ( $P_1$  и  $P_2$ ) или соответствующих рисков. Этот поиск производится путем численного или графического интегрирования. Следовательно, для рационального выбора точностных характеристик средств измерений, используемых при проведении контроля, в каждом конкретном случае должны быть заданы допускаемые значения  $P_1$  и  $P_2$ .

## 5.2. Принципы выбора средств измерений

### 5.2.1. Выбор СИ по коэффициенту уточнения

Это самый простой способ, предусматривающий сравнение точности измерения и точности изготовления (функционирования) объекта контроля. Здесь предусматривается введение коэффициента уточнения  $K'_T$  (коэффициента закона точности) при известном допуске  $T$  и предельном значении  $[\Delta_{\text{изм}}]$  погрешности измерения

$$K'_T = T/2[\Delta_{\text{изм}}].$$

Величину, обратную  $K'_T$ , называют относительной погрешностью метода измерения  $A_{\text{мет}} = 1/K'_T$ .

В соответствии с ГОСТ 8.051–81 значения пределов допускаемых погрешностей  $[\Delta_{\text{изм}}]$  для линейных размеров задаются в зависимости от допусков и качества (табл. 5.1) как

$$[\Delta_{\text{изм}}] = (0,20-0,35)T = \rho T.$$

Для линейных размеров указанное соотношение между  $[\Delta_{\text{изм}}]$  и  $T$  от 20 до 35% соответствует  $K'_T = 2,5-1,4$ . При выборе СИ по величине  $K'_T$  необходимо иметь соответствующие справочные данные о погрешностях конкретных СИ (например, табл. 5.2). Тогда если измеряемый размер попадает в стандартизованный ГОСТом 8.051–81 интервал 0–500 мм, то используют среднее значение  $K'_{T,\text{ср}}$ , а предел основной допускаемой погрешности СИ находят как

$$\Delta_g = \frac{T/2}{1,3K'_{T,\text{ср}}} \geq \Delta_{\text{СИ}} \quad (5.1)$$

и из табл. 5.2 выбирают ближайшее СИ с такой погрешностью.

Таблица 5.1

#### Зависимость диапазона допусков от качества

Квалитет	2–5	6–7	8–9	10–16
Средний коэффициент $\rho$	0,35	0,30	0,25	0,20
Диапазон допусков, мкм	0,8–2,7	6–63	14–155	40–4000
Диапазон $[\Delta_{\text{изм}}]$ , $\pm$ мкм	0,25–10,00	2–19	3,5–39,0	8–800

Таблица 5.2

**Предельные погрешности наиболее распространенных универсальных средств измерения**

Измерительные средства	Предельные погрешности измерения $[\Delta_{\text{изм}}]$ , мкм							
	для интервалов размеров, мм							
	до 10	11–50	51–80	81–120	121–180	181–260	261–360	361–500
Оптиметры, измерительные машины (при измерении наружных размеров)	0,7	1,0	1,3	1,6	1,8	2,5	3,5	4,5
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
Штангенциркуль 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
0,10 мм	150	150	160	170	190	200	210	230

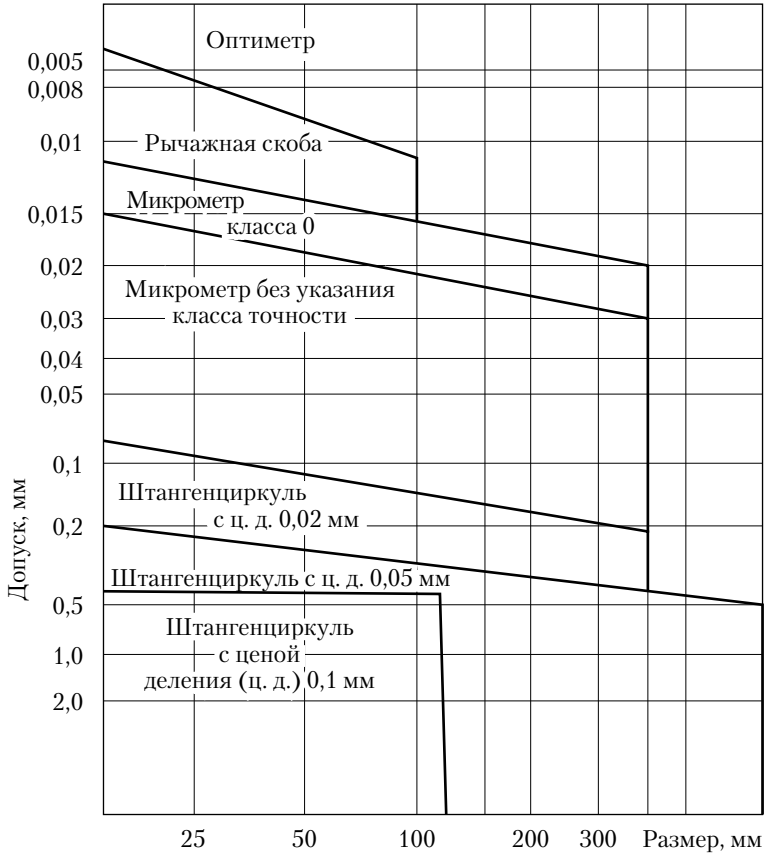


Рис. 5.1. Номограмма для выбора СИ валов

**Пример 5.1.** Для контроля вала диаметром  $\varnothing = 45_{-0,025}$  мм выбрать СИ.

*Решение.* Половина допуска размера  $T/2 = 25/2 = 12,5$  мкм. Среднее значение  $K'_{т.ср} = (2,5 + 1,4)/2 = 1,95$ . Тогда по формуле имеем

$$\Delta_{СИ} = \frac{12,5}{1,3 \cdot 1,95} = 4,9 \text{ мкм.}$$

Из табл. 5.2 очевидно, 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.

**Пример 5.2.** Выбрать СИ для контроля коренной шейки коленчатого вала двигателя ЗИЛ-130  $\varnothing = 75,0_{-0,02}$ .

*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.

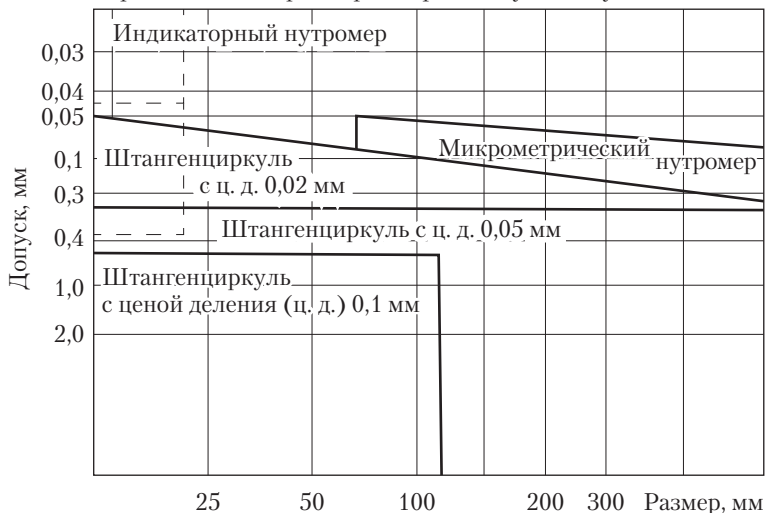


Рис. 5.2. Номограмма для выбора СИ отверстий

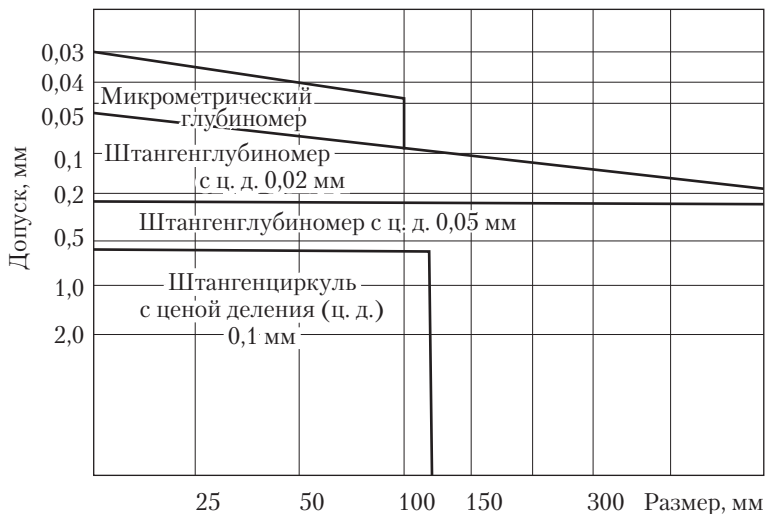


Рис. 5.3. Номограмма для выбора СИ глубины и высоты

Уточняем СИ. Для этого по ГОСТ 25347–82 находим, что при допуске  $T = 20$  мкм и размере от 50 до 80 мм  $\Delta_{\text{изм}} = 5$  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  $0=54,8$  Н12 ступицы шестерни постоянного зацепления коробки передач.

*Решение.* По ГОСТ 25347–82 находим допуск указанного размера диаметра, выполненного по 12-му качеству. Он составит  $T = 300$  мкм. По рис. 5.2 ориентировочно выбираем штангенциркуль.

Уточняем СИ. Для этого на основании табл. 5.1 находим  $\Delta_{\text{изм}} = 0,2T = 60$  мкм. По табл. 5.2 определяем штангенциркуль с ценой деления 0,02 мм, имеющий в диапазоне измерений 51–80 мм предельную погрешность 45 мкм.

### 5.2.2. Выбор СИ по принципу безошибочности контроля

Этот выбор предполагает предварительную оценку вероятностей ошибок I и II рода. Схема выбора СИ включает следующие этапы.

1. Оценивают (или обоснованно задают) законы распределения контролируемого параметра и погрешности измерения.
2. Задаются соответствующие вероятности ошибок I и II рода (или отдельно  $P_I$  и  $P_{II}$ ).
3. По табл. 5.3 находят соответствующее значение коэффициента уточнения  $K'_T$ .

Таблица 5.3

### Вероятности $P_I$ и $P_{II}$ при контроле по размерным параметрам

Коэффициент уточнения $K'_T$	Закон распределения контролируемых параметров							
	нормальный				существенно положительных величин			
	Закон распределения погрешности измерения							
	нормальный		равномерный		нормальный		равномерный	
	$P_I$	$P_{II}$	$P_I$	$P_{II}$	$P_I$	$P_{II}$	$P_I$	$P_{II}$
10,4	0,4	0,37	0,75	0,7	0,25	0,15	0,5	0,4
5,5	0,9	0,87	1,30	1,2	0,70	0,60	0,9	0,7
3,3	1,7	1,60	2,25	2,0	1,25	1,20	1,5	1,5
2,1	2,8	2,60	3,70	3,4	2,20	1,90	2,8	2,4



Окончание табл. 5.3

Коэффициент уточнения $K'_T$	Закон распределения контролируемых параметров							
	нормальный				существенно положи- тельных величин			
	Закон распределения погрешности измерения							
	нормаль- ный		равномер- ный		нормаль- ный		равномер- ный	
	$P_I$	$P_{II}$	$P_I$	$P_{II}$	$P_I$	$P_{II}$	$P_I$	$P_{II}$
1,7	3,5	3,10	4,75	4,5	2,75	2,50	3,8	3,2
1,4	4,1	3,75	5,80	5,4	3,25	3,00	4,2	3,5
1,04	5,4	5,00	8,25	7,8	4,35	3,90	5,5	5,2

*Примечание.* В таблице значения вероятности  $P_I$  и  $P_{II}$  умножены на 100.

4. При известном допуске на параметр выбирают СИ по таблицам, аналогичным табл. 5.2, как показано в предыдущем разделе.

**Пример 5.4.** При контроле вала диаметром  $\varnothing = 18_{-0,06}$  мм вероятность пропуска брака не должна превышать  $P_{II} = 0,045$ . 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  $K'_T = 1,7$ , а по формуле (5.1) имеем, что при  $T/2 = 16/2 = 8$  мкм.

$$\Delta_k = \frac{8}{1,3 \cdot 1,7} = 3,63 \text{ мкм.}$$

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  $K'_T$ .

Если при эксплуатации ТС задано допускаемое отклонение параметра и соотношение  $R = \Delta_{\Sigma} / \sigma_{СИ}$ , то, используя соответствующие номограммы рис. 5.4–5.7, находят  $\Delta_{СИ} \leq 0,7\Delta_{\Sigma}$  и выбирают СИ по табл. 5.4.

### 5.2.3. Выбор СИ с учетом безошибочности контроля и его стоимости

Он осуществляется как метод оптимизации по критериям точности (классу точности  $\gamma$  или абсолютной предельной

Таблица 5.4

## Расчетные значения вероятностных показателей

Показатель	Класс точности $\gamma$	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ , кгМ	$\Delta_{\text{изм}}/2T$	Вероятность неверного заключения $P_{\text{н.з}}$	$P_{\text{н.з}}/P_{\text{н.з}0}$	Стоимость СИ С, руб.	$C/C_0$	Целевая функция $G$
РП-1Ц24	0,1	0,045	0,011	0,0025	0,11	2140	1,00	1,11
Преобразователь 1890ПСВ с частотомером	0,2	0,090	0,022	0,0031	0,14	1045	0,49	0,63
Преобразователь СВК с частотомером 43-33	0,5	0,225	0,056	0,0810	0,37	865	0,40	0,77
ИРГМ-7	1,5	0,675	0,168	0,0220	1,00	650	0,30	1,30

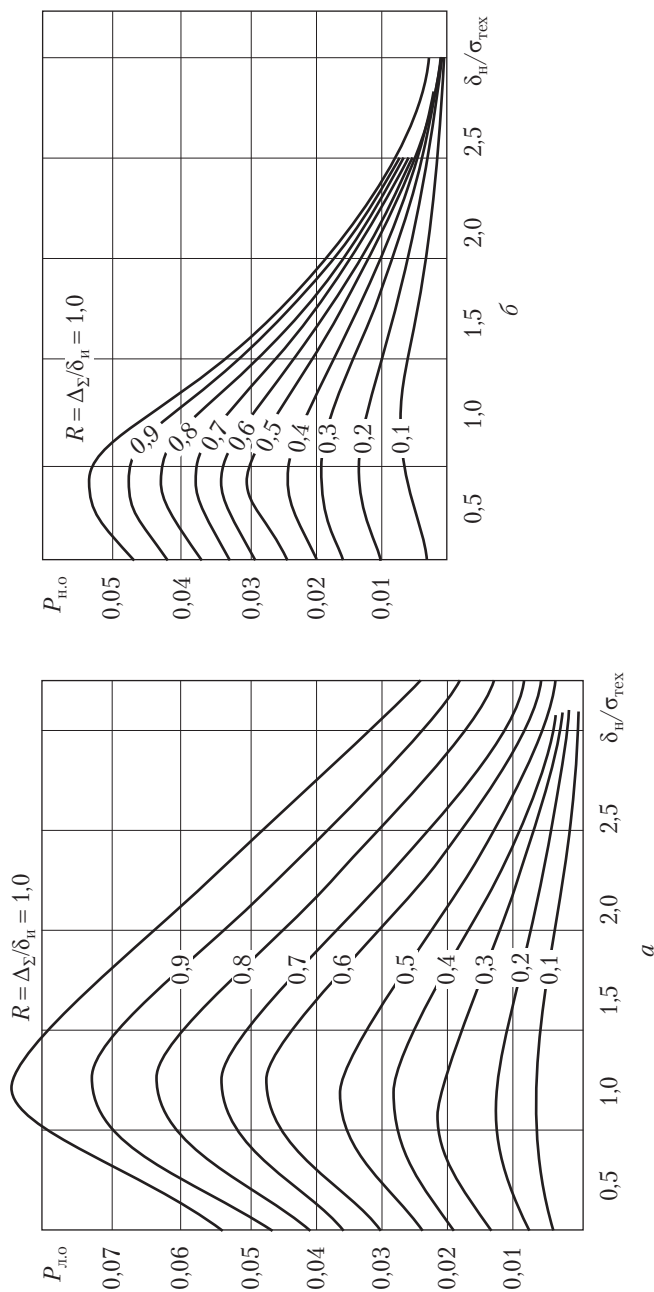


Рис. 5.4. Номограмма для определения  $R = \Delta_{\Sigma}/\delta_n$  по значению вероятности ложного (а) и необнаруженного (б) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра и погрешности измерений по нормальному закону

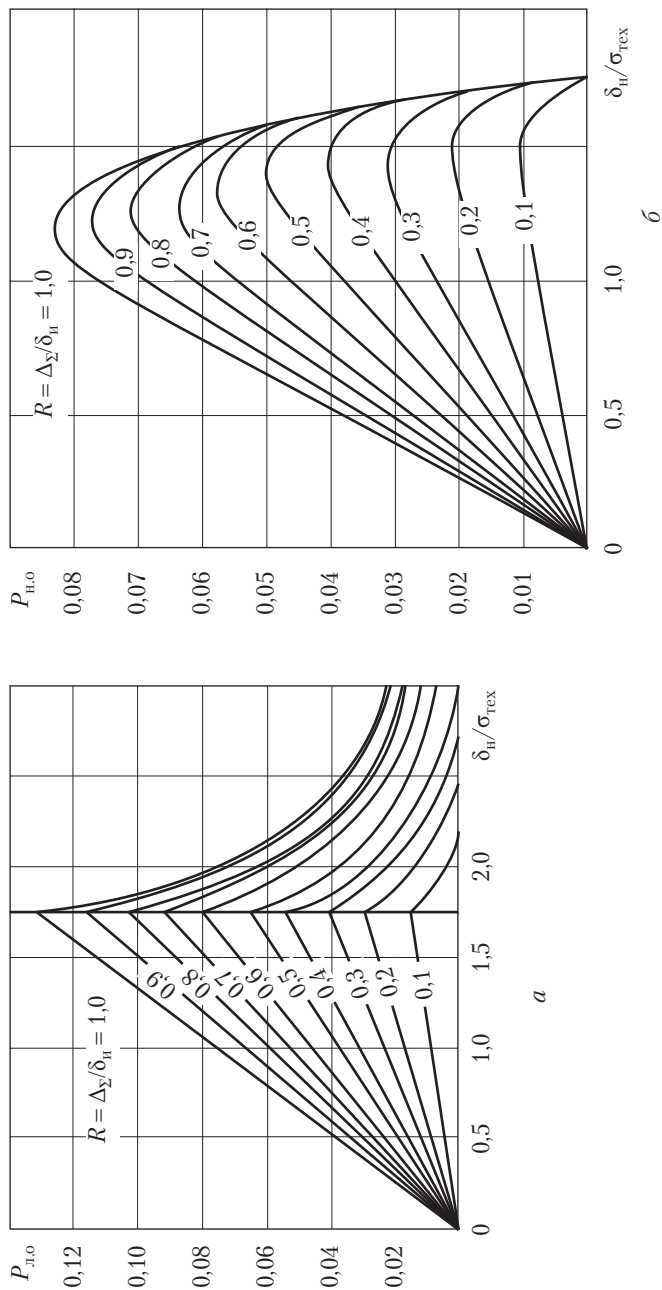


Рис. 5.5. Номограмма для определения  $R = \Delta_{\Sigma} / \delta_{\text{н}}$  по значению вероятности ложного (а) и необнаруженного (б) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра по закону равной вероятности, погрешности измерений – по нормальному закону

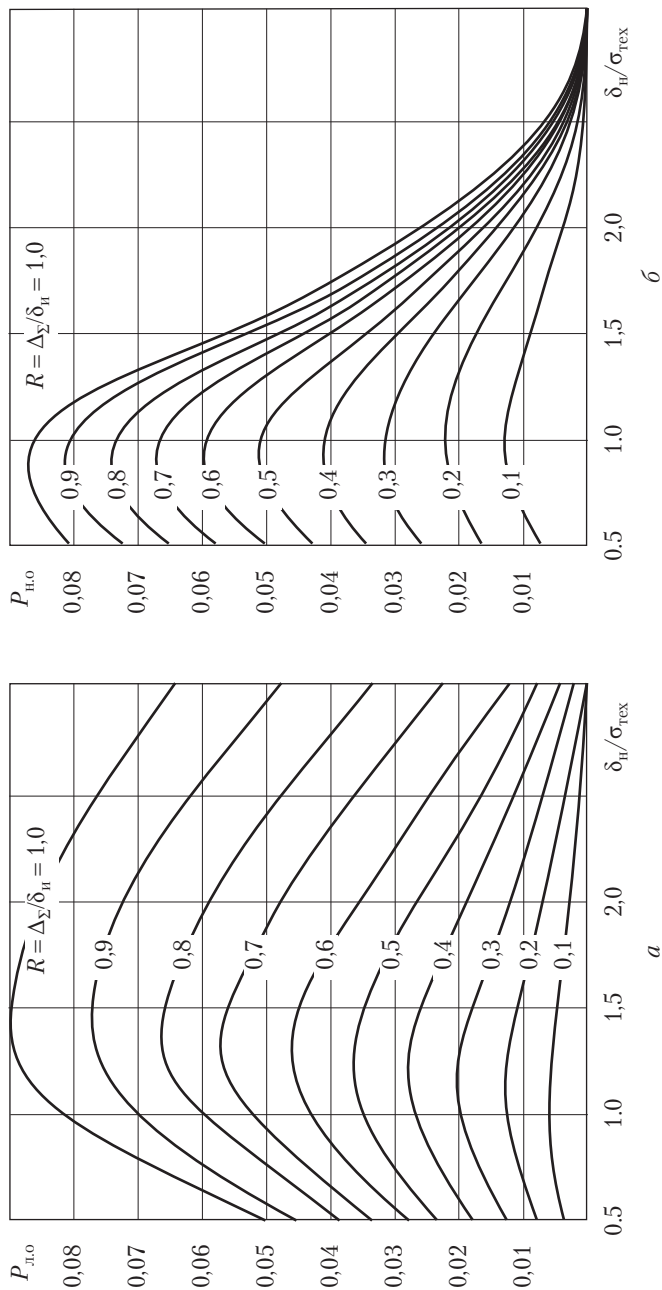


Рис. 5.6. Номограмма для определения  $R = \Delta_Z / \delta_{\text{н}}$  по значению вероятности ложного (а) и необнаруженного (б) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра по нормальному закону, погрешности измерений – по закону равной вероятности

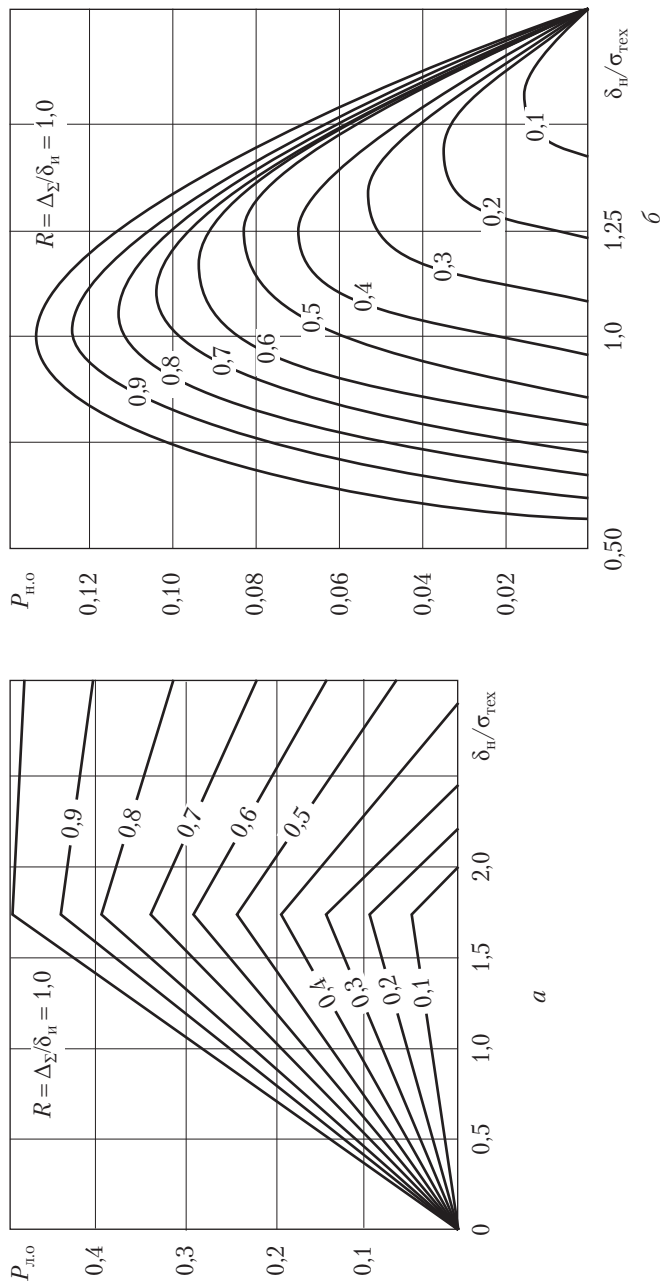


Рис. 5.7. Номограмма для определения  $R = \Delta_{\Sigma}/\delta_{н}$  по значению вероятности ложного ( $a$ ) и необнаруженного ( $b$ ) отказа при распределении отклонения контролируемого параметра и погрешности измерений по закону равной вероятности

погрешности  $\Delta_{СИ}$ ) СИ, его стоимости  $C_{СИ}$  и достоверности измерения. Целевая функция  $G$ , определяющая максимум достоверности (минимум вероятности  $P_{н.з} = P_I + P_{II}$  неверного заключения) и минимум стоимости при оптимальном классе точности, имеет вид

$$G = \min \left[ D/D_0 + C/C_0 \right], \quad (5.2)$$

где  $D/D_0$ ,  $C/C_0$  — относительные значения достоверности измерения и стоимости СИ;  $D = 1 - P_{н.з}$  и  $C_0$  — соответственно максимальные значения достоверности измерения и стоимости СИ.

Или

$$G = \min \left[ P_{н.з}/P_{н.з0} + C/C_0 \right], \quad (5.3)$$

где  $P_{н.з}/P_{н.з0}$ ,  $P_{н.з0}$  — относительная и максимальная вероятности неверного заключения.

Соответственно, для многопараметрического контроля по  $N$  параметрам ( $I=1, 2, \dots, N$ )

$$G = \min \prod_{i=1}^N \left[ D_i/D_{i0} + C_i/C_{i0} \right]. \quad (5.4)$$

$$G = \min \prod_{i=1}^N \left[ P_{н.з_i}/P_{н.з_i}^0 + C_i/C_{i0} \right]. \quad (5.5)$$

**Пример 5.5.** Выбрать СИ для измерения вращающего момента электродвигателя в пределах 15–20 кгм с погрешностью не более 5–10%. Максимальный вращающий момент  $M_{\max} = 45$  кгм.

*Решение.* По условию задачи имеем односторонний допуск  $T = 0,1 \cdot 20 = 2$  кгм. Рассмотрим четыре СИ классов точности:  $y = 0,1; 0,2; 0,5$  и  $1,5$  (см. табл. 5.4), которым будут соответствовать разные погрешности измерения  $\Delta_{изм} = \gamma M_{\max}$ . Оценим отношение  $\mu = \Delta_{изм}/2T$  и по номограмме рис. 5.7 при односторонних допусках найдем значения  $P_I$  и  $P_{II}$  соответственно  $P_{н.з}$  (см. табл. 5.4). Эти значения определим для максимальных (наихудших) значений кривых  $\Delta_{изм}/2T$ , так как действительные значения технологического рассеяния ( $\sigma_{изг}$ ) неизвестны. Затем охарактеризуем отношения  $P_{н.з_i}/P_{н.з0}$ ,  $C_i/C_0$ ,  $G = \sum_4 (P_{н.з_i}/P_{н.з0} + C_i/C_0)$  и построим график  $G = f(\gamma)$  (рис. 5.8).

Таблица 5.4

## Расчетные значения вероятностных показателей

Показатель	Класс точности $\gamma$	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ кгМ	$\Delta_{\text{изм}}/2\Gamma$	Вероятность неверного заключения $P_{\text{н.з}}$	$P_{\text{н.з}}/P_{\text{н.з0}}$	Стоимость СИ $C$ , руб.	$C/C_0$	Целевая функция $G$
РП-1Ц24	0,1	0,045	0,011	0,0025	0,11	2140	1,00	1,11
Преобразователь 1890ПСВ с частотомером ЧЗ-33	0,2	0,090	0,022	0,0031	0,14	1045	0,49	0,63
Преобразователь СВК с частотомером 43-33	0,5	0,225	0,056	0,0810	0,37	865	0,40	0,77
ИРГМ-7	1,5	0,675	0,168	0,0220	1,00	650	0,30	1,30

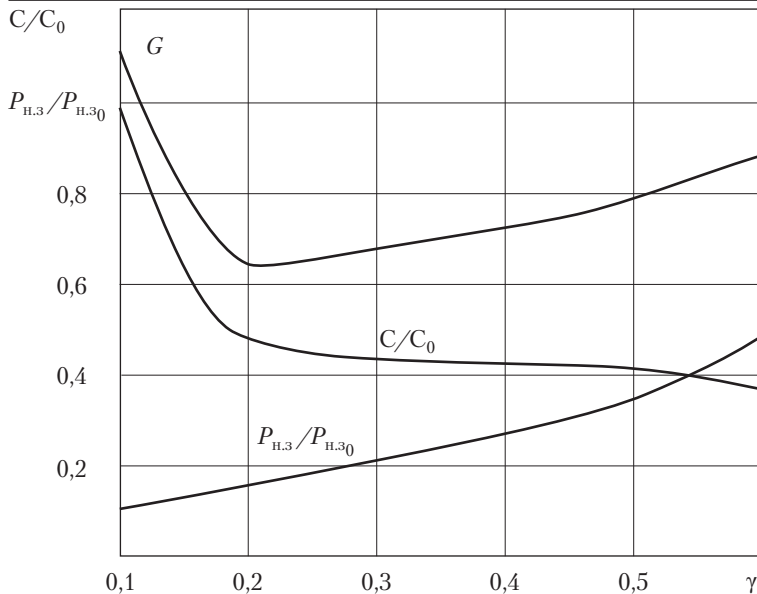


Рис. 5.8. Оптимизация выбора СИ

Из графика очевидно, что оптимальное (минимальное) значение точности прибора соответствует кл. 0,2, т.е. выбор останавливается на преобразователе 1890ПСВ с частотомером ЧЗ-33.



#### 5.2.4. Выбор СИ по технико-экономическим показателям

Он предпочтителен 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

$$G(\sigma) = \min [B(\sigma) + C(\sigma)], \quad (5.6)$$

где  $G(\sigma)$  — 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;  $C(\sigma)$  — средние дополнительные издержки за один межконтрольный период на предупредительное восстановление и устранение последствий отказа в зависимости от СКО погрешности измерения  $\sigma$ ;  $B(\sigma)$  — суммарные издержки на измерение параметра состояния в зависимости от СКО погрешности измерения  $\sigma$ .

Слагаемое  $B(\sigma)$  с достаточным приближением можно выразить гиперболической зависимостью

$$B(\sigma) = b + (L / \sigma), \quad (5.7)$$

где  $b$  и  $L$  — коэффициенты, определяемые эмпирическим путем (с использованием метода наименьших квадратов) по ряду значений  $B(\sigma)$  в результате анализа выбранных средств, отличающихся издержками и погрешностями измерений.

При законе нормального распределения погрешностей измерения дополнительные издержки  $C(\sigma)$  за межконтрольный период в зависимости от СКО погрешности определяют по формуле

$$C(\sigma) = 0,26\gamma C\sigma^2 \cdot 10^4, \quad (5.8)$$

где  $\gamma$  — 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.

Номограммы на рис. 5.9 предполагают известными значения  $t_0$ ,  $A_0$  и  $v$ . Для этого в соответствии с техническими условиями и заводскими чертежами, а также ГОСТ 21571–76 устанавливают средний ресурс  $T_{cp}$  (моточасы, часы, км) составной части ТС по данному параметру и коэффициент вариации  $v$  ее ресурса. По нормативно-технической документации (НТД) определяют среднюю межконтрольную наработку  $t_m$  (моточасы, часы, км) контролируемой части ТС и находят отношение  $t_0 = T_{cp}/t_m$ .

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. Экономические характеристики  $N$  и  $C$  определяют согласно методике, приведенной в приложении к ГОСТ 21571–76, и находят отношение  $A_0 = \frac{N}{C}$ . В частности, показатель, характеризующий дополнительные удельные издержки за межконтрольный период от выбора неоптимального (в результате погрешности измерений) допускаемого отклонения параметра, может быть представлен как

$$\beta = \gamma^{-1} C^{-1} 10^4.$$

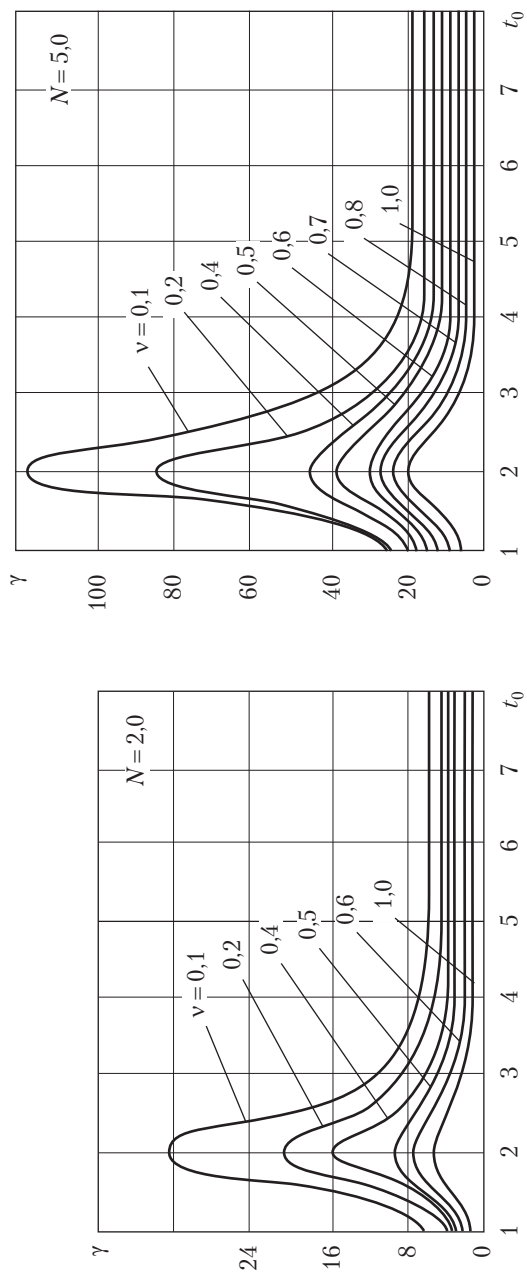
С учетом формул (5.7) и (5.8) целевая функция (5.6) принимает вид

$$C(\sigma) = \min \left[ 0,265\gamma C\sigma^2 \cdot 10^4 + b + (L/\sigma) \right]. \quad (5.9)$$

Приравняв первую производную по  $\sigma$  к нулю, получим оптимальное значение СКО погрешности измерений:

$$\sigma_{\text{опт}} = \left( \frac{10^4 L}{0,53\gamma C} \right)^{\frac{1}{3}} = \left( \frac{L}{0,53\beta} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

Для определения постоянной  $L$  необходимо выбрать известные СИ, используемые для контроля рассматриваемого параметра. Пусть  $n$  — число таких СИ. По технической документации на выбранные СИ устанавливают относительную (абсолютную) основную  $\delta_{0ij}(\Delta_{0ij})$  и дополни-

Рис. 5.9. Номограммы для определения показателя  $\gamma$

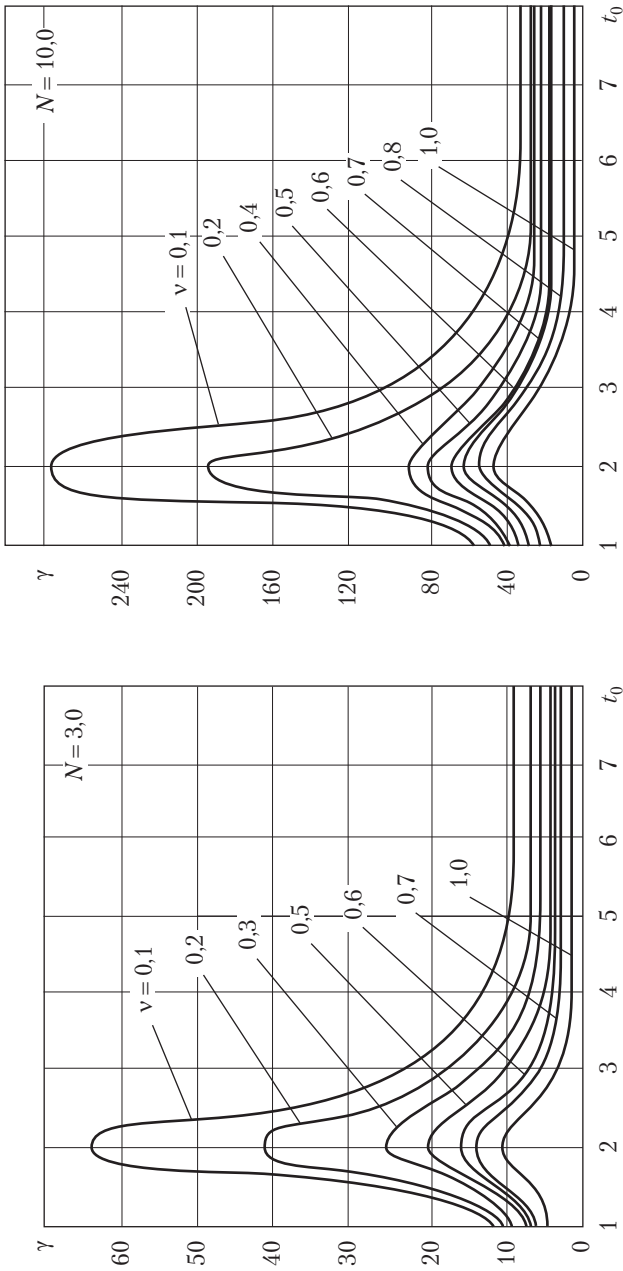


Рис. 5.9 (окончание)

тельную  $\delta_{ij}(\Delta_{ij})$  погрешности. Далее вычисляют суммарную предельную погрешность  $\delta_i(\Delta_i)$  каждого средства с учетом составляющих дополнительных погрешностей в реальных условиях:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_{0ij}^2 + \sum_{i=1}^m \sigma_{ij}^2}$$

или

$$\Delta_i = \sqrt{\Delta_{0ij}^2 + \sum_{i=1}^m \Delta_{ij}^2}$$

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  $\sigma_i$  следует вычислять по формуле

$$\sigma_i = 100\Delta_i / 3(x_2 - x_1),$$

где  $x_1 - x_2$  — 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  $T_1$  на ТО (поверку и калибровку) и ТР средства измерения; капитальные затраты  $K_1$  (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  $O_i$ .

Вычисляют приведенную цену  $\Pi_i$  диагностического средства измерения по данному параметру с учетом коэффициента приведения  $\mu_i$  для всех  $i$  по формуле

$$\Pi_i = \mu_i K_i.$$

Физический смысл весового коэффициента  $\mu_i$  заключается в том, что он указывает долю стоимости СИ, приходящуюся на измерение  $i$ -го параметра. Например, если СИ предназна-

чено для измерения одного параметра, то  $\mu_i = 1$ ; если двух, то  $\mu_i = 0,5$ ; если трех, то  $\mu_i = 0,33$  и т.д. То есть если СИ измеряет

$n$  параметров, то  $\mu_i = 1/n$  и  $\sum_1^n \mu_i = 1$ .

*Примечание.* Естественно, более правильно было бы в качестве  $\mu_i$  использовать долю на стоимости СИ в виде стоимости блока (канала), приходящуюся на измерение 1-го 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

$$M_i = m_{1i} m_{2i} m_{3i}, \quad (5.10)$$

где  $m_{1i}$  — парк обслуживаемых ТС;  $m_{2i}$  — среднее число измерений параметра одного ТС за межконтрольный период;  $m_{3i}$  — число однотипных узлов в ТС.

Таким образом, приведенная стоимость измерения параметра  $i$ -го СИ будет

$$Y_i = Z_i + (O_i + T_i + E_i \Pi_i) / M_i.$$

Если имеется несколько диагностических средств различной приведенной стоимости, обладающих одной суммарной погрешностью измерения  $\delta$ , то рассматривают диагностическое средство меньшей приведенной стоимости. Если  $\delta < \delta'$ , то существуют диагностические средства, обладающие суммарной погрешностью измерения  $\delta$  и  $\delta'$  (причем диагностическое средство с суммарной погрешностью измерения  $\delta$  обладает меньшей приведенной стоимостью, чем диагностическое средство с погрешностью измерения  $\delta'$ ). Для дальнейших расчетов диагностическое средство с  $\delta'$  не рассматривают. Зависимость  $\sigma_i(Y_i)$  для  $i = 1, n$  аппроксимируют. Тогда коэффициент удельной стоимости измерения  $L$  в формуле (5.9) с помощью метода наименьших квадратов определяют следующим образом:

$$L = \left[ n \sum_{i=1}^n \frac{y}{\sigma_i} - \sum_{i=1}^n y \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i} \right] / \left\{ n \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\sigma_i} \right)^2 - \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\sigma_i} \right) \right]^2 \right\}. \quad (5.11)$$

Откуда оптимальная относительная погрешность измерения параметра равна

$$\delta_{\text{онт}} = 3\sigma_{\text{онт}}, \%$$

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 (в соответствии с рекомендациями ГОСТ 22631–77). В этом случае предельное значение средней квадратической погрешности устанавливают из зависимости

$$\sigma_{\text{онт}} \leq 0,2(\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{н}}),$$

где  $\Pi_{\text{п}}$  и  $\Pi_{\text{н}}$  — соответственно предельное и номинальное значения параметра.

### 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:

$$D(P)Y = KX + f(Y),$$

где  $D(P)$  — характеристическое уравнение объекта;  $K$  — коэффициент усиления;  $X$  и  $Y$  — соответственно входной и выходной сигналы;  $f(Y)$  — воздействие, вызванное влиянием датчика. При малых отклонениях измеряемой величины эту зависимость можно считать линейной

$$D(P)Y = KX + \left[ \frac{\partial f(Y)}{\partial Y} \right]_{Y_0} Y,$$

где  $\left[ \frac{\partial f(Y)}{\partial Y} \right] = k_B$  — коэффициент влияния.

Если мощность объекта во много раз больше мощности, потребляемой измерительным устройством, то величина  $k_B$  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 табл. 5.5.

Таблица 5.5

### 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	$25$ — $5 \cdot 10^5$ 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  $100\,000 \text{ кгс/см}^2\cdot\text{с}$  ( $\sim 10^{11} \text{ Па/с}$ ), а в топливоподающих трубопроводах дизелей —  $500\,000 \text{ кгс/см}^2\cdot\text{с}$  ( $\sim 5/10^{11} \text{ Па/с}$ ). Поэтому важное значение имеет выбор соответствующей аппаратуры для регистрации этих изменений.

Максимальная амплитуда  $z_{\text{max дин}}$  отклонения системы при приложении к ней постоянной нагрузки в динамическом режиме отличается от статистического  $z_{\text{max ст}}$  на величину амплитудной динамической погрешности измерений

$$M_a = z_{\text{max дин}} / z_{\text{max ст}} = \frac{1}{\sqrt{(\lambda_k^2 - 1) + 4\beta_3^2 \lambda_k^2}}, \quad (5.12)$$

где  $\lambda_k = \omega / \omega_0$  — отношение угловых частот вынужденных  $\omega$  и свободных  $\omega_0$  незатухающих колебаний;  $\beta_3$  — коэффициент затухания (успокоения, демпфирования колебаний).

Фазовая погрешность измерений определяется углом

$$\psi = -\text{arctg} \frac{2\beta_3 \lambda_k}{\lambda_k^2 - 1}. \quad (5.13)$$

Соответствующий график этих погрешностей приведен на рис. 5.10, а, и из формул (5.12) и (5.13) следует, что если  $\lambda_k = 0$ , то, независимо от коэффициента затухания  $\beta_3$ ,  $M_a = 1$ ,  $\varphi = 0$  и динамическая погрешность отсутствует. При  $\lambda_k = 1$  и  $\varphi = 90^\circ$  имеет место резонанс  $M_{\text{рез}} = 1/2\beta_3$ . При малых значениях  $\beta_3$  максимальное значение амплитудной погрешности возникает при резонансе, когда  $\lambda_k = \omega / \omega_0 = 1$ .

В зависимости от величины коэффициента затухания величина амплитудной погрешности может быть как больше, так и меньше статической. В частности, если  $\beta_3 \rightarrow 0$ , то  $M_{\text{рез}} \rightarrow \infty$  и измерительная система может выйти из строя, а при  $\lambda \rightarrow \infty$   $M_{\text{рез}} \rightarrow \infty$  и  $\varphi \rightarrow 180^\circ$ , т.е. подвижная часть измерительной системы просто перестает реагировать на возмущающую силу.

Таким образом, для уменьшения динамических погрешностей измерения частота свободных колебаний  $\omega_0$  подвижной части СИ должна быть возможно более высокой ( $M \rightarrow 1$  при  $\lambda_k \rightarrow 0$ , а  $\lambda_k \rightarrow 0$  при  $\omega_0 \rightarrow \infty$ ). Если же требуется, чтобы СИ не

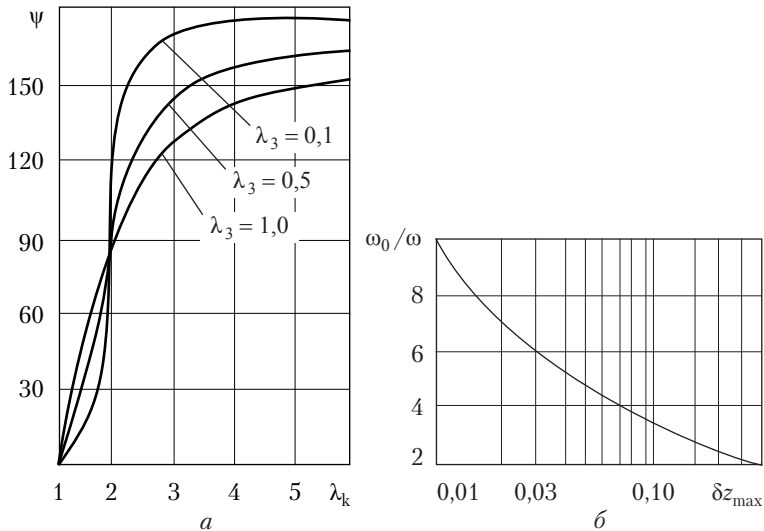


Рис. 5.10. Фазовая (а) и амплитудная (б) динамические погрешности измерений

реагировало на возмущающую силу, частота  $\omega_0$  должна быть возможно низкой ( $M \rightarrow 0$  при  $\lambda_k \rightarrow \infty$ , а  $\lambda_k \rightarrow \infty$  при  $\omega \rightarrow \infty$ ).

Поскольку полностью избавиться от динамических погрешностей невозможно, то измерительную систему подбирают по их допусковой величине. Для этого находят предельную относительную амплитудную погрешность

$$\delta z_{\max} = \frac{\lambda_k^2}{1 - \lambda_k^2}$$

и определяют допусковое соотношение частот

$$\frac{1}{\lambda_k} = \frac{\omega_0}{\omega} = \sqrt{1 - \frac{1}{\delta z_{\max}}}, \quad (5.14)$$

которое приведено на графике рис. 5.10, б.

Из рис. 5.10, б 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 ампли-

тудная погрешность имеет место при коэффициенте затухания  $\beta_3 = 0,6-0,7$ .

Фазовая погрешность  $\varphi$  при  $\beta_3 = 0,6-0,7$  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  $0-0$ . 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.

Для простейших измерительных устройств (мембраны, пружины и т.п.) частоту  $\omega_0$  можно найти расчетным путем, но точность таких расчетов низка из-за трудностей формулирования граничных условий. Для сложных многозвенных измерительных систем расчетные методы вообще малоприменяемы. Поэтому наиболее надежным является опытное опре-

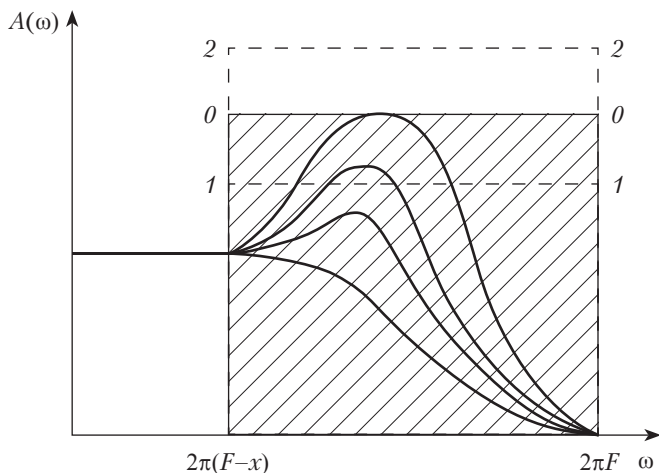


Рис. 5.11. Формирование полосы пропускания СИ

деление частоты  $\omega_0$  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  $\omega'_0$ .

Амплитуда этих колебаний

$$z = z_0 \exp\left(-\frac{2\theta}{T}t\right), \quad (5.15)$$

где  $z_0$  — начальная амплитуда при  $t = 0$ ;  $T$  — период колебаний;  $\theta$  — логарифмический декремент затухания, равный натуральному логарифму отношения двух последовательных максимальных амплитуд, отстоящих на половину периода.

Для повышения точности вычислений при оценке  $\theta$  используют метод трех координат

$$\theta = \ln(z_1 + z_2) - \ln(z_2 + z_3),$$

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

$$\beta_3 = \frac{\theta}{\sqrt{\theta^2 + \pi^2}},$$

а частота свободных колебаний

$$\omega_0 = \frac{\omega'_0}{\sqrt{1 - \beta_3^2}}. \quad (5.16)$$

Здесь  $\omega'_0 = 1/T$  находят по записи типового графика рис. 5.12. Если запись рис. 5.12 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).

Определив для этой характеристики произвольную амплитуду  $z < z_{\text{рез}}$ , находят разность частот  $\Delta\omega$ , соответствующую равенству амплитуд на обеих ветвях резонансной кривой. Тогда коэффициент затухания вычисляется по формуле

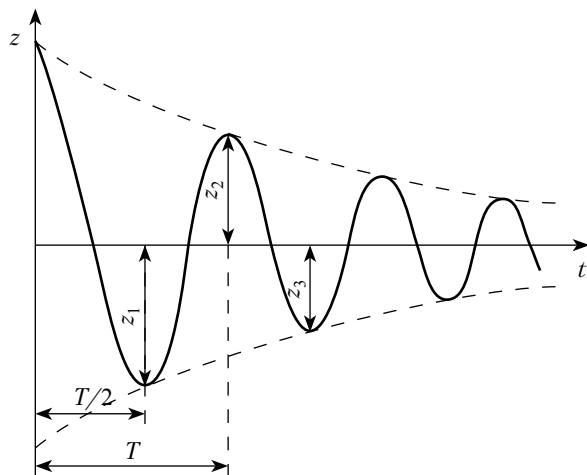


Рис. 5.12. Оценка точности по методу трех координат

$$\beta_3 = \frac{\Delta\omega}{2\omega'_{0\text{рез}}} \sqrt{\frac{z^2}{z_{\text{рез}}^2 - z^2}},$$

а частота свободных колебаний определяется по уравнению (5.16). Второй метод проще, так как позволяет использовать

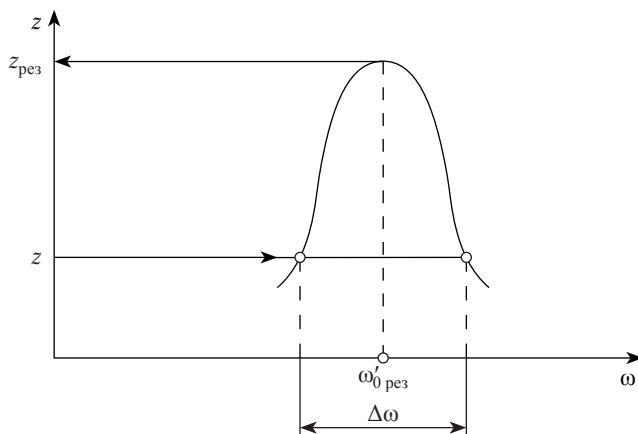


Рис. 5.13. Резонансная характеристика СИ

стандартные генераторы колебаний (электромагнитные, ультразвуковые и др.).

Располагая частотной характеристикой  $\omega_0$  СИ или датчика, можно найти частотную погрешность  $\gamma_\omega$  для любого значения частоты  $\omega$  измеряемого процесса как

$$\gamma_\omega \approx \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \frac{1}{1 - 2\beta_3^2}.$$

При отсутствии успокоения ( $\beta = 0$ ), что характерно для датчиков, частотная погрешность

$$\gamma_\omega = (\omega / \omega_0)^2. \quad (5.17)$$

Если для измерительных апериодических (неколебательных) преобразований (например, термопары, термометра сопротивления и т.п.) известна постоянная времени  $\tau$ , то, вычислив так называемую частоту среза частотной характеристики  $\omega = 1/2\pi\tau$ , частотную погрешность можно оценить как

$$\gamma_\omega = -0,5(\omega / \omega_c)^2 \quad (5.18)$$

или

$$\gamma_\omega = -2(\pi\tau / T)^2, \quad (5.19)$$

где  $T$  — период измеряемого процесса.

**Пример 5.6.** 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  $\gamma_\omega = 5\%$  достигается при  $T = 20$  мин (соответственно при  $T = 30$  мин  $\gamma_\omega = 2\%$ , а при  $T = 60$  мин  $\gamma_\omega = 0,5\%$ ).

Изложенное относится к случаю синусоидальных колебаний. Если колебания несинусоидальные, то, разложив быстропеременный процесс в гармонический ряд и приняв за  $\omega$  частоту наивысшей гармоники процесса, а за  $\gamma_\omega$  — допускаемую амплитудную погрешность ее регистрации, осуществляют подбор аппаратуры по приведенным формулам.

**Пример 5.7.** 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  $\omega = 2000 \text{ мин}^{-1}$  с погрешностью  $\gamma_\omega < 2\%$ .

*Решение.* В случае двухтактного двигателя частота 150-й гармоники составит  $\omega = 150 \cdot \frac{2000}{60} = 5 \text{ кГц}$ . По графику рис. 5.10, б находим, что частота свободных колебаний СИ составит  $\omega_0 = (7-10) \times 5 \times 35 = 50 \text{ кГц}$ .

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  $0-\omega$  можно осуществить, воспроизведя сигнал, имеющий полосу частот  $\omega$ , через интервал времени  $\Delta t = 1/2\omega$ . Если спектр сигнала начинается не с нуля, а находится в диапазоне  $\omega_1-\omega$  (рис. 5.14), то для точного восстановления сигнала необходимо воспроизводить его через интервалы  $\Delta t = 1/2(\omega - \omega_1)$ .

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 очевидно, что наибольшая погрешность при линейной интерполяции входного сигнала  $x(t)$  по точкам регистрации с дискретностью  $\Delta t$  возникает на перегибах кривой (выступах или впадинах), где абсолютная погрешность есть разность между параболой и хордой.

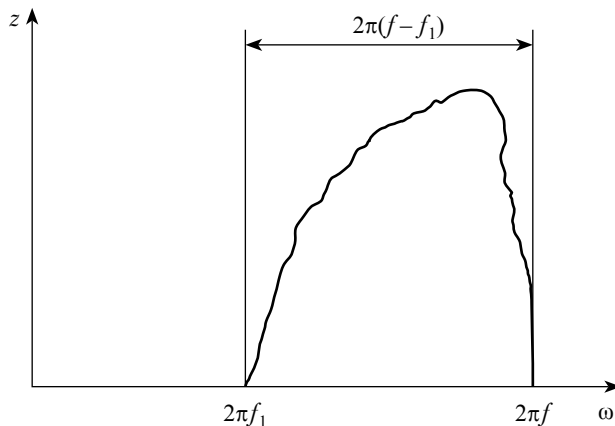


Рис. 5.14. Произвольное расположение спектра сигнала

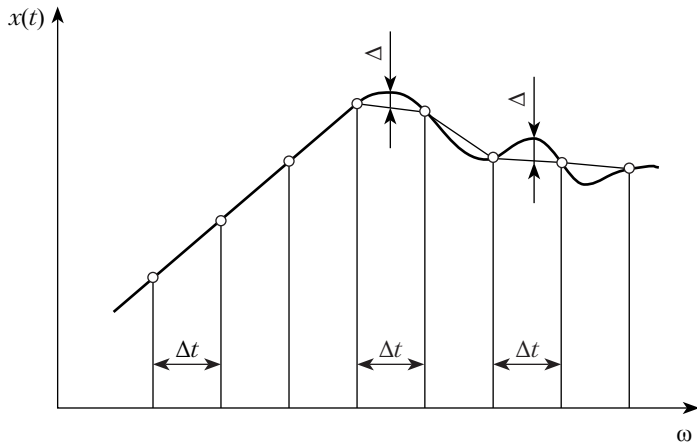


Рис. 5.15. Дискретизация динамической погрешности

Как известно, парабола имеет наибольшее отклонение  $\Delta_m$  от хорды в середине интервала интерполяции

$$\Delta_m = \frac{\ddot{x}(t)\Delta t^2}{8},$$

где  $\ddot{x}(t)$  — вторая производная кривизны  $x(t)$ .

Переходя к приведенному значению погрешности  $\gamma_\omega = \Delta_m / x_k$  (где  $x_k$  — предел измерений), получим максимально допустимый период дискретизации  $\Delta t_0$ , при котором динамическая погрешность восстановления не превысит величины  $\gamma_\omega$

$$\Delta t_0 = \sqrt{\frac{8x_k}{\ddot{x}(t)}\gamma_\omega}.$$

В частности, для синусоидального процесса

$$\Delta t_0 = \frac{T}{2\pi} \sqrt{8\gamma_\omega},$$

а число  $n$  точек регистрации процесса за период  $T$  составит

$$n = \frac{T}{\Delta t_0} \geq \frac{\pi}{\sqrt{2\gamma_\omega}}, \quad (5.20)$$



Из последнего соотношения 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  $\gamma_{\omega}$  разными СИ. Например, время дискретизации стрелочных СИ определяется временем установления показаний ( $\sim 4$  с) и временем их записи ( $\sim 2$  с), т.е.  $\Delta t_0 \approx 6$  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 5.8.** 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 кл. 0,5 (время прохода регистратором всей шкалы составляет 0,5 с) и цифровой вольтметр кл. 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  $\dot{x}_m = 200 \text{ мВ} / 0,5 \text{ с} = 400 \text{ мВ/с}$ . Если абсолютная скорость  $v_c$  изменения поданного на самописец сигнала меньше  $\dot{x}_m$ , то регистрация осуществляется без искажения и динамическая погрешность равна нулю. При  $v_c > \dot{x}_m$  возникают динамические погрешности, так как прибор не будет успевать отслеживать изменения сигнала, т.е.  $\dot{x}_m$  является ограничителем частотного диапазона потенциометра.

При входном синусоидальном сигнале  $x = x_m \sin \omega t$  скорость его изменения  $\dot{x}_m = \omega x_m \cos \omega t$ , а максимальное значение этой скорости  $x_m = \omega x_m = 2\pi F x_m$ . Отсюда граничная частота регистрации

$$F_{\text{гр}} = \frac{\dot{x}_m}{2\pi x_m} = \frac{400}{2\pi \cdot 200} = 0,32 \text{ Гц.}$$

Динамическую погрешность цифрового СИ оценим по дискретным отсчетам согласно формуле (5.20). При периоде дискретизации  $\Delta t = 1/5 = 0,2$  с расчеты будут выглядеть следующим образом:

$T$ , с	20,0	10,0	5,0	3,6	2,0
$f$ , Гц	0,05	0,10	0,20	0,27	0,50
$\gamma$ , %	0,05	0,20	0,80	1,50	5,00

На основании приведенных расчетов очевидно, что при медленных изменениях сигнала ( $T \geq 20$  с) частотная погрешность мала, а при  $T = 3,6$  с она достигает основную погрешность 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  $q$  и времени преобразования  $T_{\text{пр}}$  скорость изменения измеряемой величины не должна превосходить значения

$$v_{\text{max}} \leq 0,5q/T_{\text{пр}}$$

Наличие конечного времени преобразования приводит к смещению 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 конечности времени  $T_{\text{пр}}$  регистрация процесса  $x(t)$  осуществляется с некоторым сдвигом  $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$ , что приводит к возникновению погрешности

$$\Delta x_1 = x(t_1) - x(t_1 + \Delta t_1);$$

$$\Delta x_2 = x(t_2) - x(t_2 + \Delta t_2)$$

и т.д. Естественно, из этих погрешностей интерес представляет лишь  $\Delta x_{\max}$ .

При выборе ЦСИ прежде всего обращают внимание на число уровней квантования (или число двоичных разрядов  $n$ ) и быстродействие, обусловленное временем преобразования  $T_{\text{пр}}$  (или частотой преобразования  $f_{\text{пр}}=1/T_{\text{пр}}$ ).

Величины  $n$  и  $f_{\text{пр}}$  определяют методическую погрешность ЦСИ — погрешность дискретизации сигнала процесса по уровню и времени. Значение  $n|gf_{\text{пр}}$  является характеристикой уровня совершенства ЦСИ.

При использовании ЦСИ должно соблюдаться условие

$$nf_{\text{пр}} \leq c,$$

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  $T_{\text{к}}$ . Тогда с учетом времени задержки запуска  $T_{\text{з.з}}$  должно быть соблюдено условие

$$T_{\text{з.з}} + T_{\text{пр}} \leq T_{\text{к}}.$$

Выбираемые ЦСИ должны отвечать заданному ограничению отношения сигнал/шум. В случае идеальной системы,

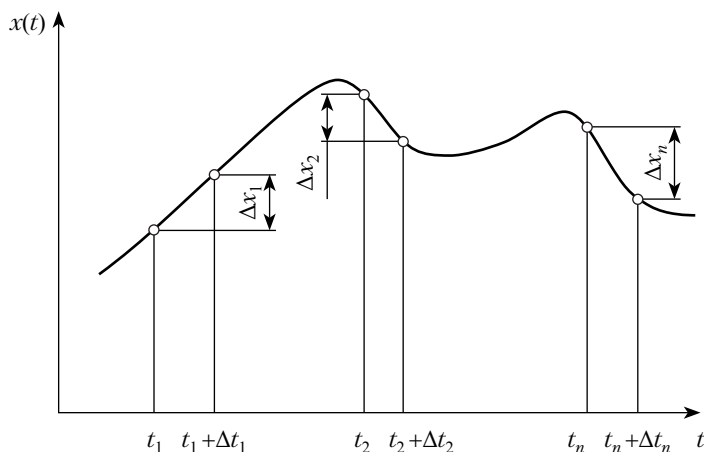


Рис. 5.16. Формирование погрешности датирования

когда отсутствуют внутренние и внешние источники шума, соотношение сигнал/шум определяется по формуле

$$\rho_0 = 10 \lg(D_x/D_q), \text{ дБ}, \quad (5.21)$$

где  $D_x$  — мощность (дисперсия) показного сигнала;  $D_q = q^2/12$  — мощность (дисперсия) шума квантования. В реальных системах

$$\rho = 10 \lg \frac{D_x}{D_q + D_{\text{ш}}},$$

где  $D_{\text{ш}}$  — мощность шума в канале системы до квантователя.

Шум квантования можно снизить, увеличив разрядность ЦСИ. Однако если  $D_{\text{ш}} > D_q$ , то уменьшение  $D_q$  не имеет смысла при наличии соотношения  $\sqrt{D_{\text{ш}}} = K \sqrt{D_q}$ .

Обозначив  $\frac{\sqrt{D_x}}{q} = 2^n - 1$ , получим

$$\rho_0 = 10 \lg \frac{12(2^n - 1)}{K^2 - 1}, \text{ дБ}.$$

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 рис. 5.17, б показывает ухудшение динамического диапазона ЦСИ заданной разрядности при увеличении  $K$ . При значениях  $K$  в интервале 0–1 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 (ЦИУ). При пользовании графиками следует иметь в виду, что если допускаемую погрешность преобразования принять равной  $2q$ , то погрешность датирования отсчетов, полученная по графикам, должна быть увеличена вдвое и т.д.

Дисперсия динамической погрешности для ЦСИ с нормированными граничными значениями погрешности датирования отсчетов  $\tau_{g \text{ min}}$  и  $\tau_{g \text{ max}}$  для сигнала с равномерным спектром частот и верхней граничной частотой  $F_{\text{гр}}$  определяется как

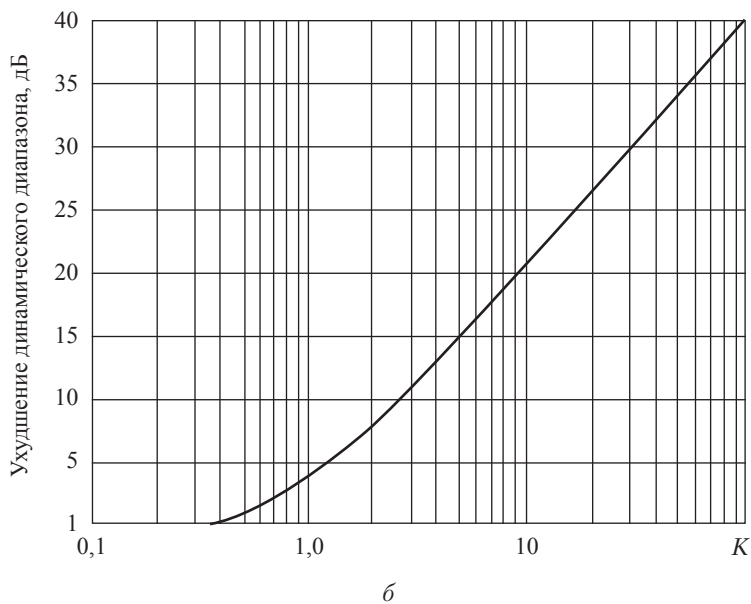
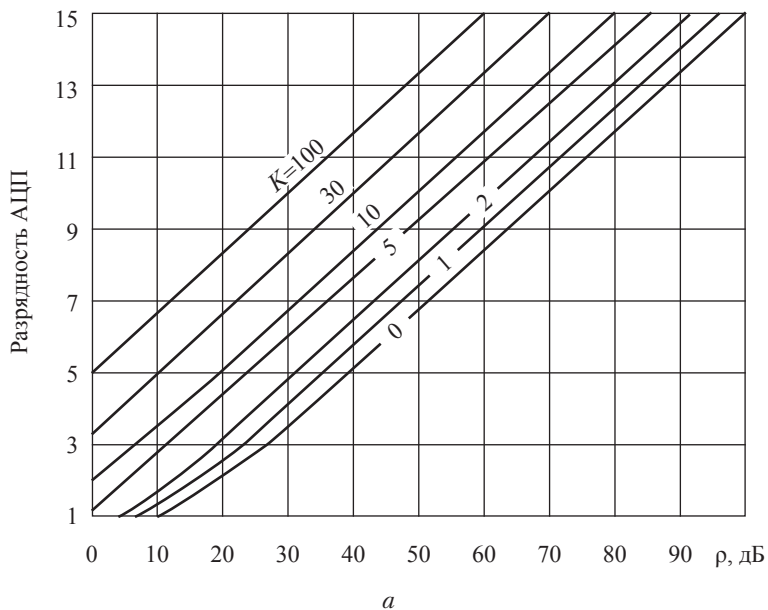
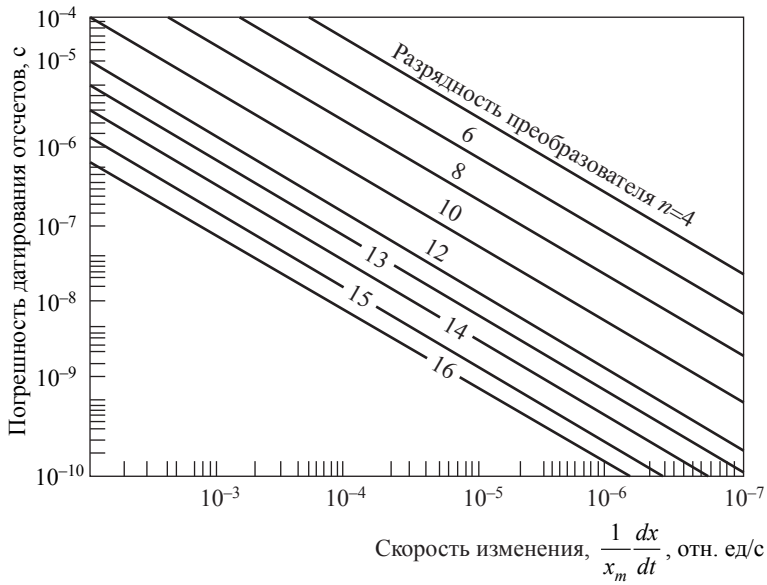
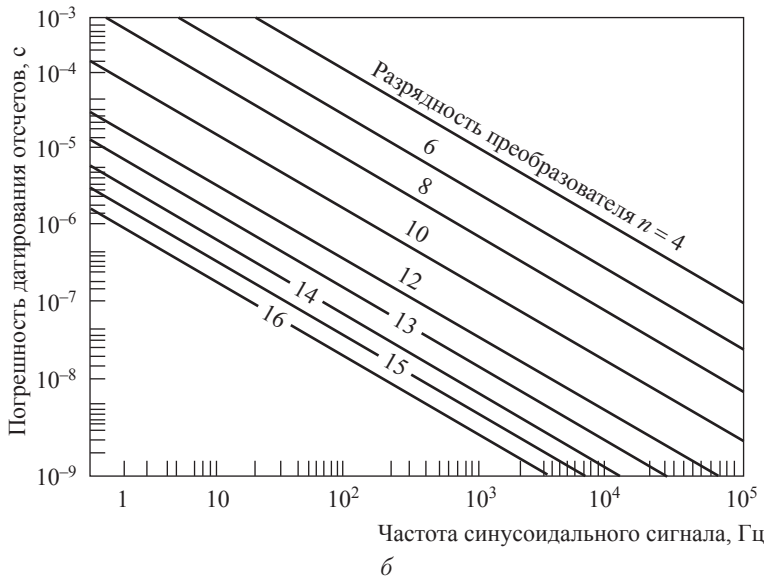


Рис. 5.17. Графики для выбора АЦП



а



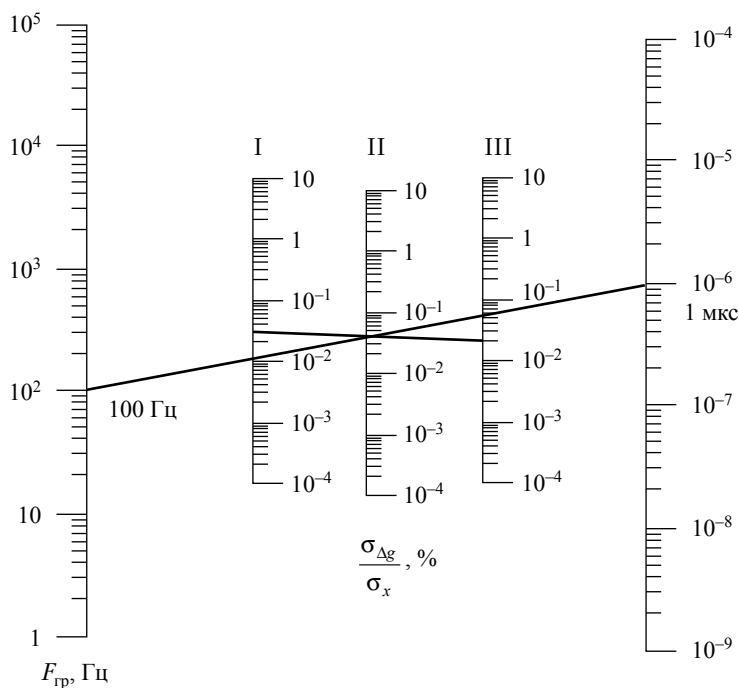
б

Рис. 5.18. Графики для выбора АЦП по погрешности датирования отсчетов

$$\sigma_{\Delta g}^2 = \frac{\sigma_x^2}{3} 2\pi F_{гр} \Delta\tau_g, \quad (5.22)$$

где  $\Delta\tau_g = \Delta\tau_{g\max} - \Delta\tau_{g\min}$ .

По выражению (5.22) построена номограмма рис. 5.19, позволяющая произвести оценку относительной динамической погрешности преобразования сигнала. Для этого проводится прямая, соединяющая известные значения  $F_{гр}$  и  $\Delta\tau_g$ . Такое пересечение этой прямой со шкалой  $\sigma_{\Delta g}/\sigma_x$  дает искомое соотношение СКО динамической погрешности и СКО значений сигнала. Эта же номограмма может быть использована для определения требований к ЦСИ по погрешности датирования.



**Рис. 5.19. Номограмма для оценки динамической погрешности канала системы при исследовании случайных сигналов**

**Пример 5.9.** Сигнал с равномерным спектром, имеющим  $F_{гр} = 100$  Гц, преобразуется ЦСИ. Определить требования к погрешности ЦСИ при условии, что задано отношение  $\sigma_{\Delta g}/\sigma_x = 0,095\%$ .

*Решение.* Проведя прямую линию между известными  $F_{гр}$  и  $\sigma_{\Delta g}/\sigma_x$  по шкале  $\Delta\tau_g$  номограммы рис. 5.19, находим  $\Delta\tau_g = 1$  мкс, в соответствии с которым выбирается нужное ЦСИ.

### Контрольные вопросы и задания

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 I и II родов? Что они характеризуют?
4. В чем состоят основные принципы выбора СИ?
5. Дайте 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

# ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Общие положения и принципы технического регулирования

В мировой практике экономическое пространство, в котором свободно перемещаются через границы государств товары, капитал, трудовые ресурсы, информация туда, где для них складываются более выгодные условия, считается эффективно работающим рынком. Создание такого рынка возможно, если государства будут принимать меры, направленные на устранение тарифных и технических (нетарифных) барьеров. Под техническим барьером понимаются различия в требованиях национальных и международных (зарубежных) стандартов, приводящие к дополнительным по сравнению с обычной коммерческой практикой затратам средств и (или) времени для продвижения товаров на соответствующий рынок.

С целью ликвидации таких технических барьеров в международных взаимоотношениях и повышения качества выпускаемой продукции конкретизации ответственности за произведенные услуги Президентом РФ 27 декабря 2002 г. подписан Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании», введенный в действие с 1 июля 2003 г.

По терминологии этого Закона техническое регулирование — это правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции (работ, услуг), а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ

или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Таким образом, основной причиной принятия данного Закона стала необходимость максимального сближения позиций по техническому законодательству с развитыми зарубежными странами, прежде всего со странами Евросоюза и США. Только при указанной гармонизации наш бизнес может вписаться в современное экономическое пространство, чтобы адекватно реагировать на все происходящие изменения и быть готовым к конкуренции.

Другая причина — необходимость снятия избыточных административных барьеров, налагаемых государством на предпринимательскую инициативу и бизнес граждан. В первую очередь речь идет об инвентаризации обязательных требований государства к участникам хозяйственной деятельности. Чрезвычайно широкий и плохо упорядоченный набор обязательных требований, содержащийся в государственных стандартах, санитарных правилах и нормах, строительных нормах и правилах и во множестве отраслевых документов, ограничивает предпринимательскую деятельность.

Несмотря на обилие всевозможных стандартов, рынок переполнен некачественной, опасной, контрафактной продукцией. Подсчитано, что не выполняется около 80% обязательных, но явно избыточных норм.

Единственный выход — разделить технические документы таким образом, чтобы в одних были обязательные требования, а в других — добровольные.

Государство будет контролировать производителей по таким глобальным категориям, как защита жизни, здоровья, имущества граждан, охрана окружающей среды, предупреждение действий, вводящих в заблуждение. Все. Остальной контроль возьмет на себя сам рынок, как это делается сейчас в Европе, где в итоге добровольные стандарты, принятые на основе предложений производителей, регулируют потребительский рынок и ставят заслон некачественной продукции. Именно эта идея и была положена в основу концепции реформы технического регулирования, которая была реализована в Законе о техническом регулировании.

В целом Закон выделяет пять сфер деятельности: техническую регламентацию, стандартизацию, аккредитацию, подтверждение соответствия и государственный контроль (надзор) за соблюдением технических регламентов.

К объектам технического регулирования, в соответствии со ст. 2 Закона, относятся: продукция, в том числе здания, строения и сооружения, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. С учетом того, что в Законе используется термин «изготовитель», а не «производитель», можно сделать вывод, что процессы производства соответствуют процессам изготовления.

В соответствии со ст. 6 Закона технические регламенты принимаются не только в целях защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества, охраны окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений, но и предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей. Последнее особенно важно, так как дает возможность вводить в технические регламенты правила (методики) и характеристики (показатели), позволяющие оценивать соответствие продукции требованиям на предмет фальсификации, а также ввозимых на таможенную территорию России товаров обязательным требованиям товарной номенклатуры внешне-экономической деятельности (ТН ВЭД России) на предмет недостоверного декларирования товаров (ст. 16.2 Кодекса РФ об административных правонарушениях (далее — КоАП РФ) или перемещения товаров с несоблюдением мер по защите экономических интересов РФ и других запретов и ограничений (ст. 16.3 КоАП РФ), или незаконного перемещения товаров через таможенную границу РФ (ст. 16.1 КоАП РФ). При недостоверном декларировании товаров или перемещении товаров с несоблюдением мер по защите экономических интересов РФ и других запретов и ограничений происходит введение в заблуждение не только приобретателей, но и органов власти.

Техническое регулирование осуществляется в соответствии с принципами:

- применения единых правил установления требований независимо от вида продукции или процесса и формы собственности разработчика;

- соответствия технического регулирования уровню развития национальной экономики, развития материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития;

- недопустимости совмещения полномочий органов по аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей;

- единой системы и правил аккредитации;

- единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия, т.е. независимых от физической природы контролируемых параметров;
- единства применения требований технических регламентов независимо от видов или особенностей сделок;
- недопустимости ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;
- недопустимости совмещения полномочий органа государственного контроля (надзора) и органа по сертификации;
- недопустимости совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию;
- недопустимости внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

Осуществление данных принципов невозможно без соответствующего их 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. **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.

Закон о техническом регулировании буквально «пронизан» концепциями метрологического обеспечения в сфере своего влияния. В частности, он предусматривает три вида деятельности в аккредитованной испытательной лаборатории (центре): исследования, испытания, измерения. Этот Закон во многом перекликается с Законом об обеспечении единства измерений, а гармонизация этих законов зафиксирована в ст. 3 одним из принципов технического регулирования — «единством правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия».

Понимание одного из этих базовых постулатов Закона нацеливает соответствующие федеральные органы исполнительной власти на разработку подзаконной нормативной правовой базы в области метрологического обеспечения работ при создании и применении технических регламентов и процедур обязательной оценки соответствия.

Цели, на достижение которых направлен Закон, могут быть реализованы лишь при условии соблюдения требований в области обеспечения единства измерений. Это закреплено ст. 7 данного Закона, согласно которой метрологические нормы отнесены к числу минимально необходимых требований с учетом степени риска причинения вреда, устанавливаемых техническими регламентами. Такой же вывод можно сделать из ст. 6 и других статей Закона, так как защита жизни или здоровья граждан, принадлежащего им или юридическим лицам имущества, охрана окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений, а также контроль за соблюдением требований, устанавливаемых техническими регламентами, не могут быть обеспечены без проведения испытаний и измерений в соответствии с положениями законодательной метрологии.

Основные термины Закона о техническом регулировании и понятия, связанные с ним, приведены в приложении 1.

## 6.2. Основы метрологического обеспечения

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. Этим и определяются основные задачи МО:

- 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 Ростехрегулирования;
- 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;
- информационное обеспечение специалистов по вопросам МО.

Метрологическое обеспечение имеет четыре основы: научную, организационную, нормативную и техническую. Их содержание показано на рис. 6.1. Отдельные теоретические аспекты МО рассмотрены в гл. 1—5. Разработка и проведение меро-

приятый МО возложены на метрологические службы (МС). Метрологическая служба создается в соответствии с законодательством для выполнения работ по обеспечению единства измерений и осуществления метрологического контроля и надзора.



Рис 6.1. Основы метрологического обеспечения

### 6.3. 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.).

Вся метрологическая деятельность в Российской Федерации основывается на конституционной норме, 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 были приняты законы об обеспечении единства измерений и о техническом регулировании, детализирующие основы метрологической деятельности.

Основными целями Закона (2008 г.) об обеспечении единства измерений являются:

- 1) установление правовых основ обеспечения единства измерений в Российской Федерации;
- 2) защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;

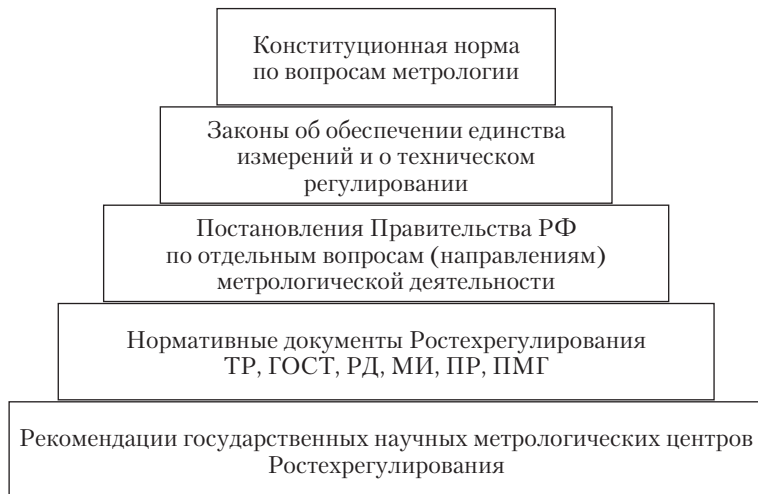


Рис. 6.2. Нормативная база обеспечения единства измерений



3) обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;

4) содействие развитию экономики Российской Федерации и научно-техническому прогрессу.

Настоящий Закон регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений, установлении и соблюдении требований к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, применении стандартных образцов, средств измерений, методик (методов) измерений, а также при осуществлении деятельности по обеспечению единства измерений, предусмотренной законодательством РФ об обеспечении единства измерений, в том числе при выполнении работ и оказании услуг по обеспечению единства измерений.

Закон закрепляет ряд основных понятий метрологии. Одним из главных является **единство измерений** — состояние измерений, при котором их результаты выражены в 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, государственный метрологический контроль и надзор, поверка и калибровка средства измерений и др. Приведенные определения соответствуют официальной терминологии Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ).

Закон определяет, что в Российской Федерации допускаются к применению единицы физических величин Международной системы единиц, принятой Генеральной конференцией по мерам и весам, рекомендованные МОЗМ. Государственные эталоны единиц величин образуют эталонную базу РФ и не подлежат приватизации.

В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений к применению допускаются средства измерений утвержденного типа, прошедшие поверку в соответствии с положениями настоящего Федерального закона, а также обеспечивающие соблюдение установленных законодательством РФ об обеспечении единства измерений обязательных требований, включая обязательные метрологические требования к измерениям, обязательные метроло-

гические и технические требования к средствам измерений, и установленных законодательством РФ о техническом регулировании обязательных требований. В состав обязательных требований к средствам измерений в необходимых случаях включаются также требования к их составным частям, программному обеспечению и условиям эксплуатации средств измерений. При применении средств измерений должны соблюдаться обязательные требования к условиям их эксплуатации.

Деятельность по обеспечению единства измерений основывается на законодательстве РФ об обеспечении единства измерений и осуществляется:

1) федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию, оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений и государственному метрологическому надзору;

2) подведомственными федеральному органу исполнительной власти, осуществляющему функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений, государственными научными метрологическими институтами и государственными региональными центрами метрологии;

3) Государственной службой времени, частоты и определения параметров вращения Земли, Государственной службой стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, Государственной службой стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, руководство которыми осуществляет федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений;

4) метрологическими службами, в том числе аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Распределение полномочий между федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию, оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в области обес-

печения единства измерений и государственному метрологическому надзору, осуществляет Правительство РФ.

Законодательство устанавливает, что государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений в России осуществляет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование), и определяет его цели, задачи, компетенцию, ответственность и полномочия.

Также законодательством определяется Государственная метрологическая служба (ГМС) и иные государственные службы обеспечения единства измерений, метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц, их задачи и полномочия. Кроме того, задаются виды, полномочия, зоны ответственности и порядок осуществления государственного метрологического контроля и надзора, осуществляемого ГМС. В областях, где надзор и контроль не применяются, используются правила и положения, введенные положением **Российской системы калибровки**.

Таким образом, обеспечение единства измерений и метрологический контроль и надзор на государственном, межрегиональном и межотраслевом уровнях осуществляет ГМС в пределах министерства (ведомства) — метрологическая служба государственного органа управления, а на предприятии — метрологическая служба юридического лица.

Закон об обеспечении единства измерений укрепляет правовую основу для международного сотрудничества в области метрологии. Положения действовавшего ранее Закона (1993 г.) 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 Ростехрегулированием. 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.

Для реализации положений законов о единстве измерений и о техническом регулировании, 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—2004).

К нормативным документам по метрологии, действующим на территории России, относятся различные категории и виды стандартов.

Большое число стандартов, принимаемые 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, предоставляемой в соответствии с этими стандартами. Гармонизации могут быть подвергнуты и иные нормативные документы.

**Правила (ПР) по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации** представляют собой нормативный документ, устанавливающий обязательные для применения организационно-технические и (или) общетехнические поло-

жения, 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 Ростехрегулированию.

## 6.4. Метрологические органы, службы и организации

К организациям и службам РФ, действующим в области технического регулирования, метрологии, стандартизации, подтверждения соответствия и сертификации, относятся:

- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование);
- Государственная метрологическая служба РФ (ГМС);
- метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц.

Международные метрологические организации также влияют через свои нормативные документы на деятельность метрологических организаций и служб РФ.

### 6.4.1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии и подведомственные службы

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии действует на основании Положения о Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии, утвержденного постановлением Правительства РФ от 17 июня 2004 г. № 294.

Положение определяет, что Ростехрегулирование является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг,

управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии.

Ростехрегулирование находится в ведении Министерства промышленности и торговли РФ и осуществляет свою деятельность непосредственно через свои территориальные органы и через подведомственные организации во взаимодействии с другими федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления, общественными объединениями и иными организациями.

Полномочия Ростехрегулирования состоят в том, что агентство проводит в установленном порядке конкурсы и заключает государственные контракты в сфере МО.

Агентство организует:

- экспертизу и подготовку заключений по проектам федеральных целевых программ, а также межотраслевых и межгосударственных научно-технических и инновационных программ;
- экспертизу проектов национальных стандартов;
- проведение в установленном порядке испытаний СИ в целях утверждения их типа и утверждение типа СИ;
- проведение в установленном порядке поверки СИ в Российской Федерации;
- сбор и обработку информации о случаях причинения вреда вследствие нарушения требований технических регламентов, а также информирование приобретателей, изготовителей и продавцов по вопросам соблюдения требований технических регламентов.

Ростехрегулирование осуществляет:

- информирование о разработке и завершении публичного обсуждения проектов технических регламентов; о разработке, завершении публичного обсуждения и утверждения национальных стандартов и общероссийских классификаторов;
- руководство деятельностью Государственной метрологической службы, Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли, Государственной службы стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;

- создание технических комитетов по стандартизации, координации их деятельности и участие в реализации национальных стандартов;
- организационно-методическое руководство работами по созданию федеральной системы каталогизации для федеральных государственных нужд;
- определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений;
- отнесение в установленном порядке технического устройства к СИ и установление их межповерочных интервалов;
- проведение конкурса на соискание премий Правительства РФ в области качества и других конкурсов в области качества;
- распоряжение правами на объекты интеллектуальной собственности и другие результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, созданные за счет средств федерального бюджета по заказу агентства;
- межрегиональную и межотраслевую координацию деятельности в области обеспечения единства измерений, координацию проведения работ по аккредитации организаций, осуществляющих деятельность по оценке соответствия, и координацию деятельности по развитию системы кодирования технико-экономической и социальной информации.

В функции агентства входит ведение:

- федерального информационного фонда технических регламентов и стандартов;
- перечня продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия, реестра зарегистрированных деклараций о соответствии и государственного реестра аккредитованных организаций, осуществляющих деятельность по оценке соответствия продукции и по обеспечению единства измерений;
- государственного реестра утвержденных типов средств измерений.

Кроме чисто метрологических задач на агентство возложено множество проблем сертификации и инновационного характера.

Но надо помнить, что Ростехрегулирование **не вправе** осуществлять нормативно-правовое регулирование и функции по контролю и надзору вне случаев, установленных указами Президента РФ или постановлениями Правительства РФ.

Ростехрегулирование осуществляет свою деятельность непосредственно и через находящиеся в его ведении территориальные органы ЦСМиС (центры стандартизации, метрологии и сертификации), а также через государственных инспекторов межрегиональных технических управлений (МТУ) по надзору за техническими регламентами, национальными стандартами и обеспечению единства измерений.

В систему Ростехрегулирования входят: центральный аппарат, научно-исследовательские институты, издательско-полиграфический комплекс, территориальные органы Ростехрегулирование, учебные заведения, опытные заводы (на 2006 г. Ростехрегулирование располагало 13 опытными заводами).

Центральный аппарат Ростехрегулирования состоит из следующих управлений:

- метрологии и надзора;
- технического регулирования и стандартизации;
- развития, информационного обеспечения и аккредитации;
- экономики, бюджетного планирования и госсобственности;
- делами;
- международного и регионального сотрудничества.

На базе территориальных органов Ростехрегулирования было аккредитовано более 500 органов по сертификации различных видов услуг и около 2000 испытательных лабораторий.

Основу территориальных органов Ростехрегулирования составляют региональные центры технического регулирования, 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. К ним относятся Российский центр испытаний и сертификации (Москва), Центр испытаний и сертификации (Санкт-Петербург), Менделеевский центр технического регулирования, стандартизации, метрологии и сертификации (пос. Менделеево, Московская область).

В ведении Ростехрегулирования находятся:

- **Государственная метрологическая служба;**
- **Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ)** — сеть организа-



ций, несущая 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 вещества и материалов (ГССО)** — сеть организаций, несущая ответственность за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов для 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.

ГСВЧ осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по обеспечению единства измерений времени, частоты и определения параметров вращения Земли, а также воспроизведение, хранение и передачу размеров единиц времени и частоты, шкал атомного, всемирного и координированного времени, координат полюсов Земли. Измерительную информацию ГСВЧ используют службы навигации и управления судами, самолетами и спутниками, Единая энергетическая система России и др.

ГССО организует создание и применение стандартных (эталонных) образцов состава и свойств веществ и материалов (металлов и сплавов, медицинских препаратов, нефтепродуктов, минерального сырья, почв и т.п.). Служба обеспечивает разработку средств сопоставления характеристик стандартных образцов с характеристиками веществ и материалов, которые производятся промышленными, сельскохозяйственными и другими предприятиями, для их идентификации или контроля.

ГСССД обеспечивает разработку веществ и материалов, минерального сырья, нефти, газа и др. Потребителями такой информации являются организации, создающие новую технику, к точности характеристик которой предъявляют особо высокие требования.

Надзорные функции осуществляют межрегиональные территориальные управления (МТУ), имеющие своих уполномоченных по регионам.

### 6.4.2. Государственная метрологическая служба

**Метрологическая служба** — совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений.

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 России, 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 Ростехрегулирование.

**Государственные научные метрологические центры (ГНМЦ)** образуются из числа находящихся в ведении Ростехрегулирования 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 РФ от 12 февраля 1994 г. № 100 «Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг».

Государственные научные метрологические центры (их семь) представлены такими институтами, как Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС, Москва), научно-производственное объединение «ВНИИ метрологии имени Д.И. Менделеева» (ВНИИМ, Санкт-Петербург), научно-производственное объединение «ВНИИ физико-технических и радиотехни-

ческих измерений» (ВНИИФТРИ, Московская область), Сибирский государственный научно-исследовательский институт метрологии (СНИИМ, Новосибирск), Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМ, Екатеринбург), Всероссийский научно-исследовательский институт расходометрии (ВНИИР, Казань), Восточно-Сибирский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВС ВНИИФТРИ, Иркутск).

ГМНЦ являются хранителями государственных эталонов и проводят исследования в области теории измерений, применения принципов и методов высокоточных измерений, разработки научно-методических основ совершенствования Российской системы измерений, разрабатывают нормативные документы по обеспечению единства измерений.

Основными функциями территориальных органов являются:

- государственный метрологический контроль и надзор за обеспечением единства измерений в регионе;
- метрологическое обеспечение предприятий и организаций;
- поверка и калибровка средств измерений;
- аккредитация поверочных и калибровочных лабораторий;
- обучение и аттестация поверителей;
- разработка новых средств измерений;
- техническое обслуживание и ремонт СИ.

Схема взаимодействия МС Ростехрегулирования приведена на рис. 6.3.

Метрологические службы федеральных органов управления создаются в министерствах (агентствах, комитетах) в целях выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений, проведения метрологического контроля и надзора.

Метрологические службы организованы в Минздравсоцразвития России, Минобороны России, Минприроды России и других федеральных органах исполнительной власти. Такие службы функционируют в РАО «Газпром» и других организациях. Метрологические службы федеральных органов осуществляют свою деятельность в соответствии с Законом об обеспечении единства измерений.

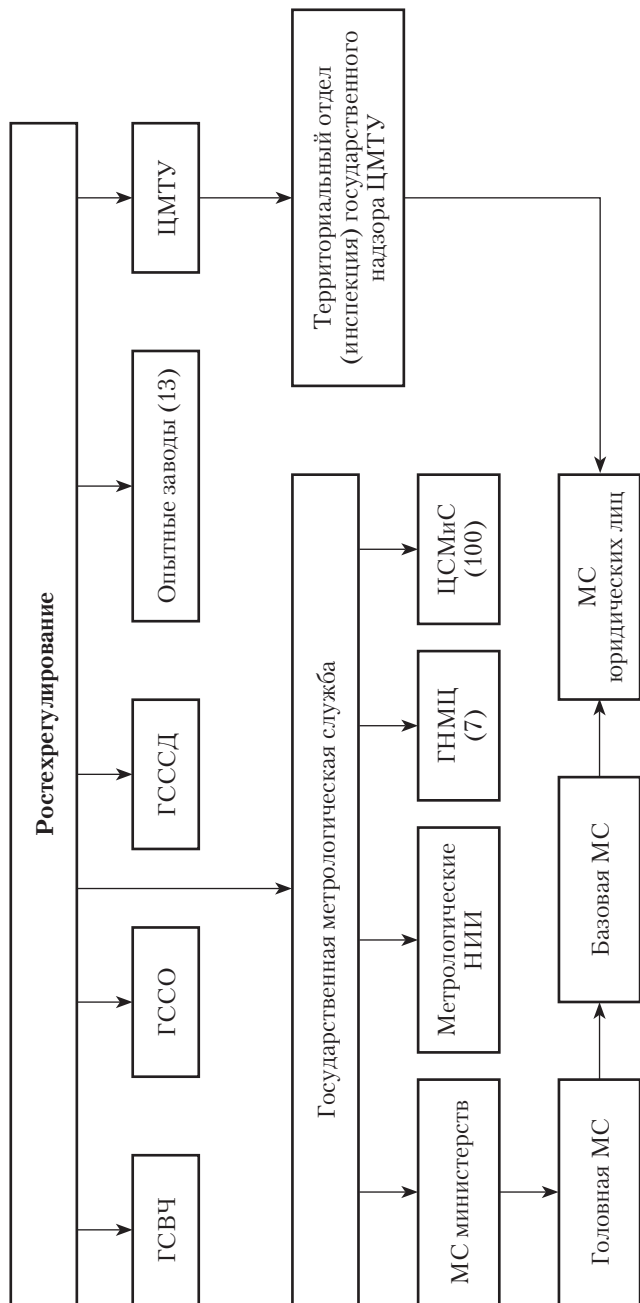


Рис. 6.3. Схема взаимодействия метрологических служб (МС) подразделений Ростехрегулирования (в скобках указано число подразделений на 2006 г.)

### 6.4.3. Метрологические службы государственных органов управления 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. 1 указанного Закона, создание МС является обязательным.

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 (министерствах), назначаемые органом управления;
- МС предприятий, объединений, организаций и учреждений.

Органы управления государственной МО формируют организационные основы МО. Управление МО осуществляется:

- федеральным агентством соответствующего министерства;
- федеральной службой по надзору и контролю;
- в головной и базовой организациях МО — отделами (лабораториями) метрологии;
- в организациях отрасли — метрологическими службами.

В каждом органе управления МО назначается ответственный (главный метролог, метролог) за решение задач в сфере МО, который осуществляет свою деятельность в соответствии с Положением, утверждаемым в установленном порядке.

Как следует из рис. 6.3, метрологические службы научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических организаций и учреждений включают в себя отдел главного метролога и (или) другие структурные подразделения и их задачами являются обеспечение качества измерений

и метрологическое обеспечение исследований, разработок, испытаний и эксплуатации продукции.

Метрологические службы предприятия могут иметь самостоятельные калибровочные лаборатории, которые осуществляют калибровку средств измерений для собственных нужд или сторонних юридических лиц. Они могут быть аккредитованы на право поверки и (или) калибровки средств измерений.

Для выработки и проведения единой технической политики, координации работ по обеспечению качества измерений в отраслях, закрепленных за соответствующим государственным органом управления, этим органом по согласованию с Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии назначается **головная организация метрологической службы**.

Для выполнения работ по обеспечению качества измерений в подотрасли при проведении исследований, разработок, испытаний государственный орган управления назначает **базовые организации метрологической службы**. Базовые организации могут назначаться по территориальному принципу с прикреплением к ним объединений и предприятий определенного региона, в частности, для выполнения работ по калибровке и ремонту средств измерений. Они утверждаются государственным органом управления по согласованию с Ростехрегулированием.

Головная и базовая организации по МО, метрологические службы организаций, осуществляющие свою деятельность в сфере государственного контроля и надзора (испытания СИ в целях утверждения их типа, поверка СИ, аттестация методик выполнения измерений, проведение обязательной метрологической экспертизы), подлежат аккредитации.

Аккредитацию проводит федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

Ниже приведена конкретизация функций органов управления МО.

**1. Соответствующий департамент государственной политики в отрасли в части МО выполняет следующие функции:**

- обобщает практику реализации в отрасли законодательства РФ в сфере обеспечения единства измерений, готовит предложения по его совершенствованию;

- обеспечивает разработку нормативных правовых актов, определяющих концептуально-целевые основы развития и организационно-технические принципы построения и функционирования системы МО;
- обеспечивает разработку нормативных правовых актов и национальных стандартов по МО;
- осуществляет взаимодействие с федеральными органами исполнительной власти по техническому регулированию и метрологии в части решения вопросов по МО;
- координирует работу головной и базовой организаций МО;
- обеспечивает подготовку (переподготовку) специалистов отрасли, занятых в сфере поверки СИ;
- осуществляет координацию работ по созданию и ведению фонда нормативных документов в области МО. Например, координирует корректирование нормативных документов в связи с внедрением стандартов ГОСТ Р ИСО 5725;
- обеспечивает проведение конференций, семинаров и совещаний по вопросам реализации в отрасли государственной политики в области обеспечения единства измерений.

## **2. Управление надзора и контроля в сфере МО:**

- обеспечивает контроль за правильностью применения СИ в организациях при проверке их лицензионной деятельности (своевременностью представления СИ на испытания в целях утверждения типа, своевременностью поверки СИ, а также соблюдением метрологических правил при проведении измерений параметров);
- обеспечивает контроль за наличием и применением аттестованных методик выполнения измерений в сфере государственного регулирования;
- анализирует и обобщает результаты контроля за применением СИ, готовит предложения по повышению его эффективности.

## **3. Головная организация по МО:**

- разрабатывает предложения по научно обоснованной технической политике в области МО;
- проводит научно-исследовательские работы по установлению рациональной номенклатуры измеряемых параметров, норм точности измерений, а также применяемых СИ с целью обеспечения требуемого качества оказываемых потребителям;



- координирует деятельность и осуществляет методическое руководство базовыми организациями в части проведения НИОКР в области МО;
- готовит предложения в проект разработки национальных стандартов в части стандартизации МО отрасли;
- обеспечивает деятельность Государственного центра испытаний СИ;
- осуществляет научное сопровождение работ по МО;
- участвует в организации и проведении конференций, семинаров и совещаний по вопросам реализации в отрасли государственной политики в области обеспечения единства измерений.

#### **4. Базовые организации по МО:**

- анализируют состояние дел в закрепленной сфере деятельности по обеспечению единства измерений параметров с целью определения приоритетных направлений работ;
- участвуют в проведении научно-исследовательских работ в закрепленной сфере деятельности по установлению рациональной номенклатуры измеряемых параметров, норм точности измерений, а также применяемых СИ с целью обеспечения требуемого качества оказываемых потребителям услуг;
- разрабатывают проекты нормативных документов, регламентирующих вопросы обеспечения единства измерений в закрепленной сфере деятельности;
- проводят установленным порядком испытания СИ с целью подтверждения соответствия в форме декларирования;
- участвуют в работе по подготовке предложений в проект Программы разработки национальных стандартов в части стандартизации МО;
- проводят в установленном порядке аттестацию методик выполнения измерений параметров;
- проводят в установленном порядке метрологическую экспертизу проектной, конструкторской и технологической документации, национальных стандартов и стандартов организаций в отрасли;
- осуществляют поверку и калибровку СИ в соответствии с областью аккредитации в этой сфере деятельности;
- участвуют в организации и проведении конференций, семинаров и совещаний по вопросам реализации в отрасли государственной политики в области обеспечения единства измерений.

### 5. Метрологические службы организаций:

- осуществляют поверку и калибровку СИ в соответствии с областью аккредитации в этой сфере деятельности;
- проводят мероприятия по внедрению современных средств и методов измерений с целью повышения эффективности работы системы МО отрасли;
- осуществляют метрологический контроль за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, выполнением требований нормативных документов в области обеспечения единства измерений;
- участвуют в работе конференций, семинаров и совещаний в области МО.

Подготовка (переподготовка) специалистов-метрологов и информационное обеспечение их деятельности в отрасли осуществляется юридическими лицами, аккредитованными федеральными органами исполнительной власти по техническому регулированию и метрологии. Обучение осуществляется по типовым учебным программам.

Метрологическая служба юридических лиц — самостоятельные структурные подразделения, в состав которых могут входить калибровочные и поверочные лаборатории, а также подразделения по ремонту СИ. В соответствии с постановленными задачами основными обязанностями МС юридических лиц являются: участие в разработке программ и методик, а также аттестации средств испытаний и контроля; проведение работ по МО испытаний и сертификации продукции; участие в аттестации испытательных подразделений и аналитических лабораторий. МС должны быть аккредитованы органами Ростехрегулирования 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.

В зависимости от объема и характера выпускаемой продукции структуры метрологических служб организаций существенно различны. Наиболее типичные варианты приведены на рис. 6.4, 6.5, 6.6.

Вариант рис. 6.4 характерен для промышленных предприятий, вариант рис. 6.5 — для НИИ, проектно-конструкторских или технологических организаций, а вариант 6.6 — для предприятий по оказанию услуг населению (например, системы ОАО «ЦентрТелеком» по оказанию услуг связи (телефонной, почтовой, Интернет и т.п.)).



Рис. 6.4. Структура МС промышленного предприятия

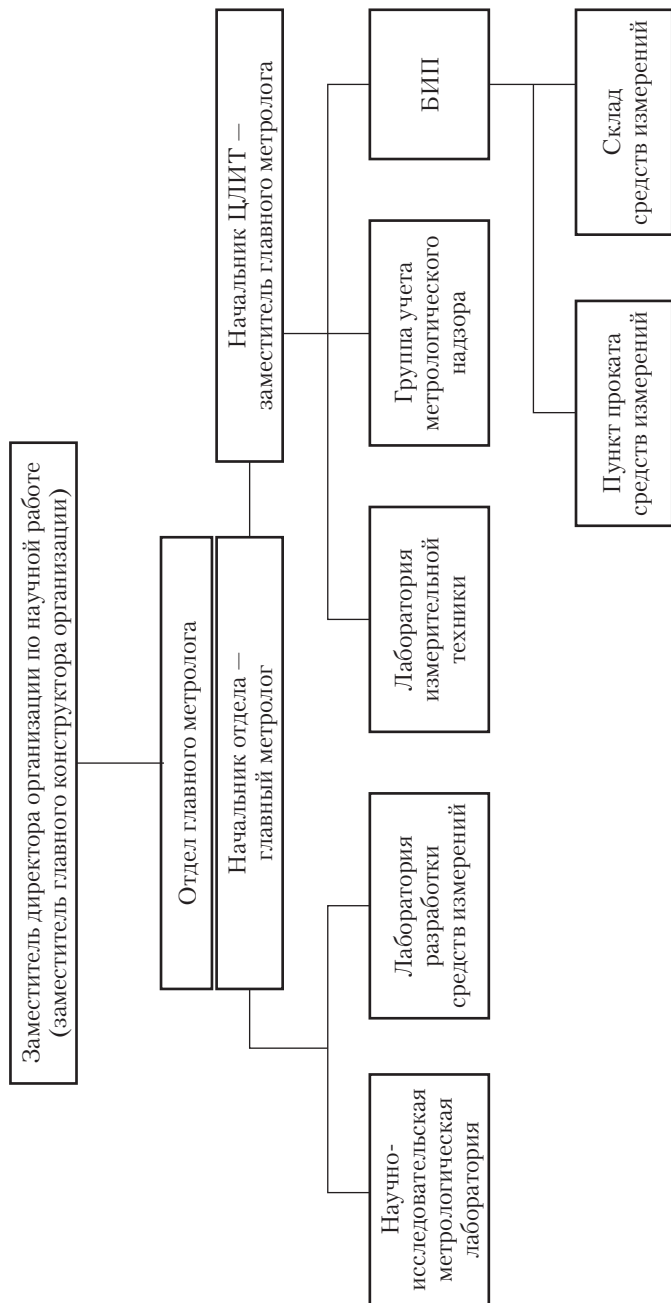


Рис. 6.5. Структура МС НИИ, проектно-конструкторской и технологической организаций (ЦЛИТ – центральная лаборатория измерительной техники; БИП – бюро испытаний приборов)

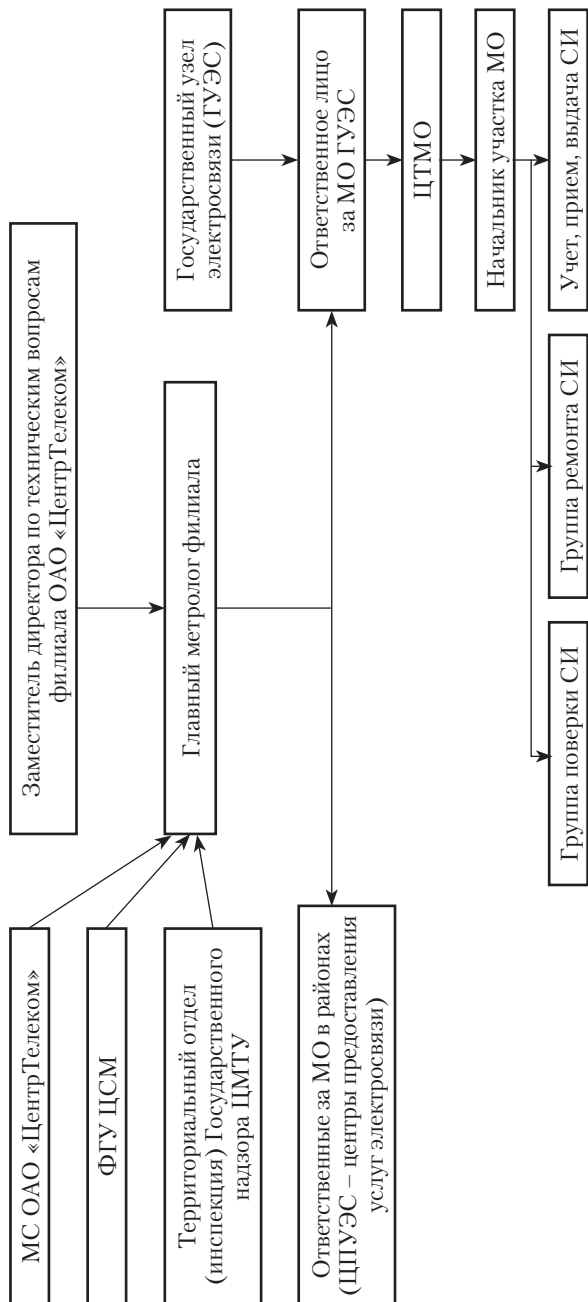


Рис. 6.6. Структура метрологической службы филиала ОАО «ЦентрТелеком» (ФГУ ЦСМ — федеральное государственное учреждение «Центр стандартизации, метрологии и сертификации»; ЦТМО — центр технического и метрологического обеспечения)

Для конкретной организации важно, чтобы задачи МО выполнялись совместно с другими подразделениями. В табл. 6.1 приведен пример такого взаимодействия для промышленного предприятия.

Таблица 6.1

### Задачи и функции МО подразделений предприятия

Задачи МО, решаемые на предприятии	Ответственное подразделение	Участвующие подразделения
Анализ состояния МО на предприятии	М	ОТК, ОПП
Планирование МО	М	
Разработка и внедрение методик выполнения измерений (МВИ)	ОГМ	М, ОТК
Аттестация МВИ	М	ОТК, ОПП
Установление номенклатуры СИ и поверочных средств	М	ОГТ, ОПП
Разработка и изготовление нестандартизованного оборудования	ОГМ, ОПП	М, ОТК
Проведение метрологической аттестации и поверок	М	ОТК
Организация учета, хранения и распределения СИ	М	—
Контроль за состоянием и применением СИ	М	—
Метрологическая экспертиза нормативно-технической документации (НТД)	М	ОПП
Внедрение НТД по МО	М	ОТК, ОПП
Повышение квалификации кадров в области МО	ОК	М
Оценка экономической эффективности от мероприятий по МО	М	ПЭО

*Примечание.* М — в зависимости от мощности предприятия — отдел главного метролога, метролог или лицо, ответственное за МО; ОТК — отдел технического контроля; ОПП — основные производственные подразделения; ОГМ — отдел главного механика; ОК — отдел кадров; ПЭО — планово-экономический отдел; ОГТ — отдел главного технолога.

#### 6.4.4. Международные метрологические организации

В 1875 г. 17 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), 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 в СИ. Эта задача многогранна и решается путем либо прямого распространения эталонов (как это принято для массы), либо координацией через международные сравнения национальных эталонов (как это принято для длины, электричества, радиометрии). Бюро выполняет исследования, связанные с измерениями, организует международные сравнения национальных эталонов и выполняет калибровки для государственных эталонов. В МБМВ хранятся международные прототипы ряда мер и эталоны единиц некоторых физических величин.

Деятельность МБМВ финансируется совместно государствами — членами Метрической конвенции (их сегодня более 100).

В соответствии с Конвенцией для осуществления руководства деятельностью МБМВ был учрежден **Международный комитет мер и весов (МКМВ)** (Comitee International des Poids et Mesures), который подотчетен **Генеральной конференции мер и весов (ГКМВ)** (Conference Generale des Poids et Mesures). Последняя выбирает членов МКМВ на периодических (один раз в четыре года) собраниях представителей правительств государств-членов. Сюда входят крупнейшие физики и метрологи мира — их всего 18 членов. Сейчас при МКМВ действуют восемь 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 ISO/TC 12 «Величины, единицы, обо-

значения 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.

В МБМВ Россия представлена ГП ВНИИМ им. Д. И. Менделеева и ГП ВНИФТРИ.

**Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ)** (International Organization of 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 один раз в четыре 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 России указанные документы хранятся в ВНИИМС.

Отметим, что МОЗМ активно участвует в работе таких организаций, как ИСО, МБМВ и др. Россию в МОЗМ представляет Ростехрегулирование,

**Международная организация по стандартизации** (International Organization for Standardization) была создана в 1946 г. 25 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.

**Международная электротехническая комиссия** (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 — членов МЭК представлены своими национальными органами по стандартизации (России представляет Ростехрегулирование). 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 (ITU), Международный астрономический союз (IAU), Международный союз геодезии и географии и др.

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.

## **6.5. Государственный метрологический контроль и надзор**

### **6.5.1. Контроль и надзор за соблюдением требований технических регламентов**

В соответствии со ст. 32 Закона о техническом регулировании государственный контроль (надзор) за соблюде-

нием требований технических регламентов осуществляется федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ, подведомственными им государственными учреждениями, уполномоченными на проведение государственного контроля (надзора) в соответствии с законодательством РФ (далее — органы государственного контроля (надзора)). Эти органы вправе:

- требовать от изготовителя (продавца, лица, выполняющего функции иностранного изготовителя) предъявления декларации о соответствии или сертификата соответствия, подтверждающих соответствие продукции требованиям технических регламентов, или их копий, если применение таких документов предусмотрено соответствующим техническим регламентом;

- осуществлять мероприятия по государственному контролю (надзору) за соблюдением требований технических регламентов в порядке, установленном законодательством РФ;

- выдавать предписания об устранении нарушений требований технических регламентов в срок, установленный с учетом характера нарушения;

- принимать мотивированные решения о запрете передачи продукции, а также о полном или частичном приостановлении процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, если иными мерами невозможно устранить нарушения требований технических регламентов;

- приостановить или прекратить действия декларации о соответствии или сертификата соответствия;

- привлекать изготовителя (исполнителя, продавца, лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) к ответственности, предусмотренной законодательством РФ;

- принимать иные предусмотренные законодательством РФ меры в целях недопущения причинения вреда.

Органы государственного контроля (надзора) обязаны:

- проводить в ходе мероприятий по государственному контролю (надзору) за соблюдением требований технических регламентов разъяснительную работу по применению законодательства РФ о техническом регулировании, информировать о существующих технических регламентах;

- соблюдать коммерческую тайну и иную охраняемую законом тайну;

- соблюдать порядок осуществления мероприятий по государственному контролю (надзору) за соблюдением тре-

бований технических регламентов и оформления результатов таких мероприятий, установленный законодательством РФ;

- принимать на основании результатов мероприятий по государственному контролю (надзору) за соблюдением требований технических регламентов меры по устранению последствий нарушений требований технических регламентов;

- направлять информацию о несоответствии продукции требованиям технических регламентов в соответствии с положением гл. 7 Закона;

- осуществлять другие предусмотренные законодательством РФ полномочия.

Органы государственного контроля (надзора) и их должностные лица в случае ненадлежащего исполнения своих служебных обязанностей при проведении мероприятий по государственному контролю (надзору) за соблюдением требований технических регламентов и в случае совершения противоправных действий (бездействий) несут ответственность в соответствии с законодательством РФ.

О мерах, принятых в отношении виновных в нарушении законодательства РФ должностных лиц органов государственного контроля (надзора), органы государственного контроля (надзора) в течение месяца обязаны сообщить юридическому лицу и (или) индивидуальному предпринимателю, права и законные интересы которых нарушены.

Ответственность за несоответствие продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации требованиям технических регламентов несет изготовитель (исполнитель, продавец, лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) в соответствии с законодательством РФ. Изготовитель несет ответственность по законодательству РФ и в случае неисполнения предписаний и решений органа государственного контроля (надзора).

Как следует из ст. 32, Закон не делает разницы между понятиями «контроль» и «надзор» и данные понятия тождественны. Однако здесь многое зависит от того, кто является инициатором контроля — административный орган или хозяйствующий субъект. Сравним понятия «контроль» и «надзор» в сфере технического регулирования и стандартизации. В надзорной деятельности инициатива принадлежит административному органу. Инициатива хозяйствующего субъекта может быть обусловлена желанием приобрести разрешение на определенный вид деятельности (свидетельство об аккредитации, сертификат). Объем административного вмешательства и его процедурный

порядок определены в надзорной и в контрольной деятельности. Однако деятельность по надзору регламентирована гораздо более жестко, чем деятельность по контролю. Систематический характер надзорной деятельности придает план.

Выводы административного органа по надзору оформляются актом, орган по надзору может применить меры предупреждения и пресечения и обязан наложить административные санкции в случае обнаружения административного правонарушения.

Административный орган по контролю исследует объект — деятельность, продукцию, метрологическое обеспечение, по итогам проверки хозяйствующему субъекту предлагаются рекомендации о целесообразности внесения изменений.

Э. Ю. Харченко предлагает обобщенную таблицу по анализу понятий «контроль» и «надзор» (табл. 6.2).

Таблица 6.2

### Сравнение функций контроля и надзора

Критерий	Контроль	Надзор
Цель	Выражение мнения о соответствии — несоответствии продукции, работ, услуг, метрологического обеспечения нормативно-правовым требованиям	Выявление факта наличия нарушения нормативно-правовых требований, выявление субъекта, ответственного (виновного)
Характер деятельности	Хозяйственная деятельность	Административная исполнительная деятельность
Основание возникновения	Гражданско-правовой договор	Нормативно-правовые акты, распоряжения государственного органа
Предмет	Выявляет все факторы, которые нарушают качество и безопасность продукции, снижают надежность метрологического обеспечения	Выявляет события административного правонарушения
Управленческие связи	Горизонтальные связи, с элементами вертикальных связей, добровольность, отчет перед хозяйствующим субъектом	Вертикальные связи, принудительный характер, отчет перед вышестоящим органом об исполнении
Возмездность	Оплата хозяйствующим субъектом	Бюджетные средства
Результат	Улучшение качества продукции, работ, услуг, метрологического обеспечения	Обеспечение безопасности продукции, работы, услуги, пресечение и профилактика административных правонарушений

**Метрологический контроль и надзор** — деятельность, осуществляемая органом ГМС или МС юридического лица для проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

В Законе об обеспечении единства измерений используются термины: **метрологический контроль, метрологический надзор, государственный метрологический контроль и государственный метрологический надзор**. В Законе не даются отдельно их определения, но каждому термину приписываются вполне определенные действия, характеризующиеся этим термином.

По содержанию контроль и надзор идентичны. Различие заключается в полномочиях субъектов, их осуществляющих. **Контроль** — сравнение фактических (текущих) значений характеристик контролируемого объекта с их заданными значениями. **Метрологический контроль** — сравнение фактических (текущих) значений метрологических характеристик контролируемого объекта с их заданными значениями. **Надзор** — наблюдение за исполнением субъектом обязательных требований (предписаний). **Метрологический надзор** — наблюдение за исполнением субъектом обязательных метрологических требований (предписаний).

Осуществляют государственный метрологический контроль и надзор (ГМКиН) субъекты метрологии, к которым относятся Государственная метрологическая служба РФ, метрологические службы федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц, международные метрологические организации.

Установленные Законом об обеспечении единства измерений проверки проводятся на предприятиях, деятельность которых относится к сферам распространения ГМКиН.

Основными задачами проверок являются:

- определение соответствия выпускаемых средств измерений утвержденному типу;
- определение состояния и правильности применения средств измерений, в том числе эталонов, применяемых для поверки средств измерений;
- определение правильности использования аттестованных МВИ;
- контроль соблюдения 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 Законе об обеспечении единства измерений.

Объектами ГМКиН являются: средства измерений, эталоны, методики выполнения измерений, количество товаров, другие объекты, предусмотренные правилами законодательной метрологии (рис. 6.7).

В соответствии со ст. 1 вышеназванного Закона ГМКиН распространяется на строго ограниченные сферы, объединенные в следующие направления:

- 1) осуществление деятельности в области здравоохранения;
- 2) осуществление ветеринарной деятельности;
- 3) осуществление деятельности в области охраны окружающей среды;
- 4) осуществление деятельности по обеспечению безопасности при чрезвычайных ситуациях;
- 5) выполнение работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда;
- 6) осуществление производственного контроля за соблюдением установленных законодательством РФ требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;
- 7) осуществление торговли и товарообменных операций, выполнении работ по расфасовке товаров;
- 8) выполнение государственных учетных операций;
- 9) оказание услуг почтовой связи и учете объема оказанных услуг электросвязи операторами связи;



Рис. 6.7. Государственный метрологический контроль и надзор

- 10) осуществление деятельности в области обороны и безопасности государства;
- 11) осуществление геодезической и картографической деятельности;
- 12) осуществление деятельности в области гидрометеорологии;
- 13) проведение банковских, налоговых и таможенных операций;
- 14) выполнение работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством РФ обязательным требованиям;
- 15) проведение официальных спортивных соревнований, обеспечении подготовки спортсменов высокого класса;
- 16) выполнение поручений суда, органов прокуратуры, государственных органов исполнительной власти;
- 17) осуществление мероприятий государственного контроля (надзора).

Анализируя указанный перечень, следует отметить следующее: перечень возглавляют непроизводственные сферы, недостоверность измерений в этих сферах может иметь очень серьезные последствия — угрозу безопасности (здравоохранение, охрана окружающей среды), а также большие финансовые потери (торговые, банковские операции) для населения и страны в целом.

Нормативными актами республик в составе РФ, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга сферы деятельности ГМКиН, могут быть расширены.

Примерами СИ, являющимися объектами ГМКиН, являются:

- в здравоохранении — средства измерения кровяного давления, медицинские термометры, аналитические весы, шприцы, камеры и приборы счета клеток, средства взвешивания;
- в области охраны окружающей среды, обеспечения безопасности труда — дозиметры при контроле уровня радиации, шумомеры, шинные манометры для автомобилей, приборы для измерений содержания оксида углерода в выхлопных газах автомобилей;
- в сфере торговых операций — СИ для контроля количества товара, в частности длины (жесткие и гибкие метры, измерительные ленты, штангенциркули, микрометры), пло-



щади (планиметры и мерильные машины для измерения площади поверхностей), объема (бутыли и бочки с указанием номинального объема, колбы, мерники, мерные цилиндры, градуированные пробирки, пипетки), массы (гири и весы различных типов), температуры (термометры).

Нужно иметь в виду, что СИ одного и того же назначения могут быть и не быть объектом ГМКиН. Например, СИ длины на национальных и международных соревнованиях являются объектом ГМКиН, а на рядовых работах на садовом участке таковыми не являются. Прибор для измерения давления в промышленных установках (манометр) является объектом ГМКиН, если используется для контроля давления в паровом котле, и не является объектом в резервуарах, работающих под низким давлением, так как неточные измерения в последнем случае не будут причиной аварийной ситуации.

По мнению ряда метрологов-прикладников, перечень СИ, подпадающий под ГМКиН, является необоснованно расширенным, так как охватывает 70–80% всех измерений в народном хозяйстве. Избыточность перечня серьезно усложняет задачу исполнения закона. Ни в одной промышленно развитой стране государство не берет под свой контроль столь объемную часть измерений. Так, в Германии ГМКиН охвачено не более 20–25% СИ.

### **6.5.2. Государственный метрологический контроль. Испытания для утверждения типа СИ**

Государственный метрологический контроль включает:

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

**Утверждение типа СИ** необходимо для новых марок (типов) СИ, предназначенных для выпуска из производства или ввоза по импорту. Данная процедура предусматривает обязательные испытания СИ, принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию, выдачу сертификата об утверждении типа.

Таким образом, утверждение типа по существу является подтверждением соответствия СИ законодательно установленным требованиям и призвано гарантировать получение достоверных результатов измерений в законодательно регулируемой области.

Правила ПР 50.2.009—94 устанавливают общие требования к организации и порядку проведения работ по испытаниям и утверждению типа СИ, в том числе измерительных систем (комплексы), подлежащих применению в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора.

Порядок проведения испытаний и утверждения типа СИ включает:

- испытания СИ для целей утверждения их типа;
- принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию и выдачу сертификата об утверждении типа;
- испытания СИ на соответствие утвержденному типу при контроле соответствия СИ утвержденному типу;
- признание утверждения типа или результатов испытаний типа СИ, проведенных компетентными организациями зарубежных стран
- информационное обслуживание потребителей измерительной техники.

Решение об утверждении типа принимает Ростехрегулирование по результатам обязательных испытаний СИ для целей утверждения их типа.

Испытания СИ проводятся государственными научными метрологическими центрами, аккредитованными в качестве государственных центров испытаний СИ (ГЦИ СИ). Решением Ростехрегулирования в качестве ГЦИ СИ могут быть аккредитованы специализированные организации вне системы Ростехрегулирования. Например, ряд СИ медицинского назначения испытания проходят в ГЦИ системы Минздравсоцразвития России. Испытания проводят по утвержденной программе, которая может предусматривать определение метрологических характеристик конкретных образцов СИ и экспериментальную апробацию методики поверки.

Государственный метрологический центр испытаний средств измерений имеет собственную организационную структуру, персонал, испытательное оборудование, средства измерений, помещения, а также условия, обеспечивающие проведение испытаний СИ. Для каждого сотрудника установлены требования к уровню образования, профессиональной подготовке, техническим знаниям и опыту работы в области испытаний СИ. Каждая единица испытательного оборудования и СИ регистрируется в ГЦИ СИ. Испытательное оборудование, необходимое для проведения испытаний в аккредитованной области, должно быть аттестовано и иметь соответствующий документ. СИ,

необходимые для проведения испытаний в аккредитованной области, должны иметь свидетельство о поверке или сертификат о калибровке, а стандартные образцы веществ и материалов — отвечать требованиям соответствующих нормативных документов по обеспечению качества измерений.

При испытаниях СИ для целей утверждения их типа проверяют соответствие технической документации и технических характеристик СИ требованиям технического задания, технических условий и распространяющихся на них нормативных и эксплуатационных документов, включающих методики поверки.

Положительные результаты испытаний являются основанием для принятия решения об утверждении типа средств измерений, которое удостоверяется сертификатом об утверждении их типа. Средства измерений, на которые выданы сертификаты об утверждении типа, подлежат регистрации в Государственном реестре в разделе «Средства измерений утвержденных типов».

Заявитель наносит на средства измерений, тип которых утвержден, и на эксплуатационную документацию, сопровождающую каждый экземпляр средств измерений, знак утверждения типа средств измерений, форма и размеры которого стандартизованы (рис. 6.8).

В соответствии с международными соглашениями, заключенными Россией с другими странами, может быть принято решение о признании результатов испытаний или утверждения типа, что является основанием для внесения типа импортируемых средств измерений в Государственный реестр и их применения в Российской Федерации.

На испытания средств измерений для целей утверждения их типа заявитель представляет:

- образец (образцы) средств измерений;
- программу испытаний типа, утвержденную ГЦИ СИ;
- технические условия (если предусмотрена их разработка), подписанные руководителем организации-разработчика;
- эксплуатационные документы, а для средств измерений, подлежащих импорту, — комплект документации фирмы-изготовителя, прилагаемый к поставляемому средству измерений, с переводом на русский язык;
- нормативный документ по поверке при отсутствии раздела «Методика поверки» в эксплуатационной документации;
- описание типа по специальной форме с фотографиями общего вида;

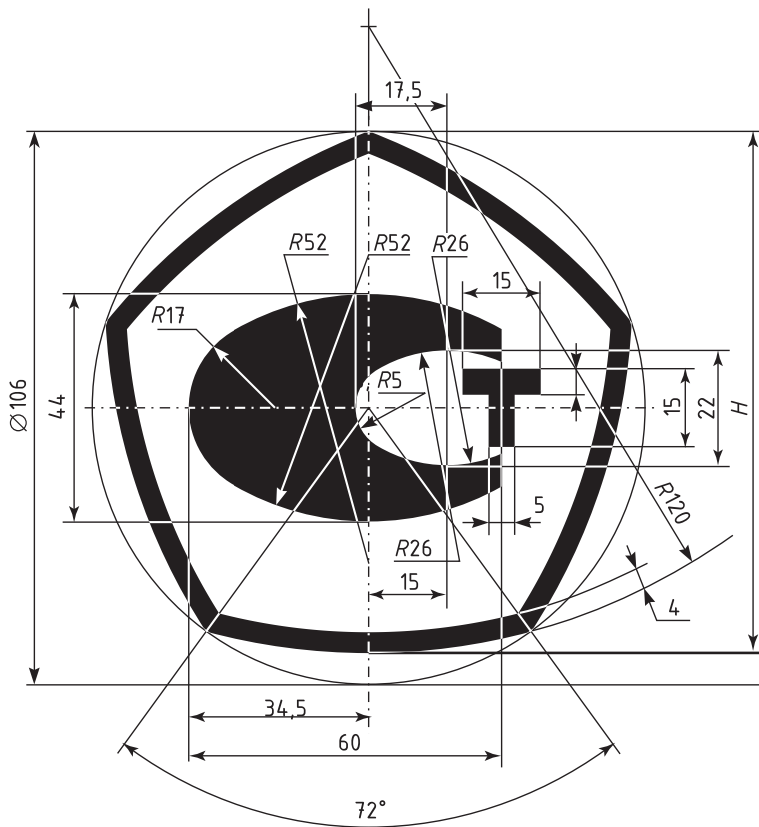


Рис. 6.8. Форма и размеры знака утверждения типа средств измерений

- документ организации-разработчика о допустимости опубликования описания типа в открытой печати.

Количество представляемых образцов средств измерений и экземпляров документов на испытания, а также необходимость представления дополнительных документов определяются программой испытаний.

Кроме того, по согласованию с ГЦИ СИ заявитель может представлять необходимые для испытаний оборудование и СИ, которые ему возвращаются после проведения испытаний.

Контроль соответствия СИ утвержденных типов осуществляют путем проведения испытаний их на соответствие утвержденному типу. Испытания проводят органы Государ-

ственной метрологической службы по месту расположения изготовителей или пользователей в сроки, установленные при утверждении типа средств измерений.

Испытания на соответствие СИ утвержденному типу проводятся:

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

Для проведения испытаний на соответствие средств измерений утвержденному типу в присутствии представителя предприятия-изготовителя отбираются образцы СИ из числа принятых службой технического контроля. Отбор осуществляется методом случайной выборки из партии, принятой службой технического контроля, в количестве, установленном стандартами или техническими условиями для периодических испытаний. В число отобранных образцов, как правило, должны входить все модификации СИ, внесенные в Государственный реестр.

Правила проведения испытаний СИ с целью утверждения типа, кроме документа ПР 50.2.009—94 ГСИ, установлены в МИ 2146—98 ГСИ «Порядок разработки и содержание программ испытаний средств измерений для целей утверждения их типа», ПР 50.2.010—94 ГСИ «Требования к государственным центрам испытаний и порядок их аккредитации», ПР 50.2.011—94 ГСИ «Порядок ведения Государственного реестра средств измерений».

Продолжительность испытаний на соответствие СИ утвержденному типу не должна превышать двух месяцев, и испытания проводятся по программе, утвержденной ГЦИ СИ при проведении испытаний СИ для целей утверждения их типа.

Информационное обслуживание заинтересованных юридических и физических лиц данными об утвержденных типах СИ осуществляется ВНИИМС. Информация об утверждении типа СИ и решение о его отмене публикуются в официальных изданиях Ростехрегулирования.

Официальные источники Ростехрегулирования приводят динамику роста числа утверждаемых в России типов СИ: в 1993 г. — 275, в 1994 г. — 579, в 1995 г. — 631, в 1996 г. — 828, в 1997 г. — 1026, в 1998 г. — 1200. Около половины этого

числа — СИ отечественного производства. В 2002 г. было утверждено 1850 новых типов СИ, в том числе 828 типов иностранного производства.

**Поверка СИ.** СИ, подлежащие метрологическому контролю, подвергаются поверке органами ГМК при выпуске их из производства или ремонта, при ввозе по импорту и эксплуатации. В отличие от процедуры утверждения типа, в которой участвует типовой представитель СИ, поверке подлежит каждый экземпляр СИ.

Ввиду особой важности процедуры поверки СИ в деле поддержания единства измерений вопросы организации и проведения поверки рассмотрим ниже в отдельном разделе.

Отдельный вопрос возникает при испытании для целей утверждения типа измерительных систем (ИС), которые представляют собой, согласно ГОСТ Р 8.596—2000, совокупность измерительных, связующих, вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы (ИК), и вспомогательных устройств (компонентов измерительной системы), функционирующих как единое целое.

На ИС в полной мере распространяются положения правил по метрологии ПР 50.2.009—94. В специальном разделе (ГОСТ Р 8.596—2002) изложены общие требования к испытаниям, утверждению типа и сертификации ИС.

Однако при реализации испытаний возникают трудности при попытках перенести на случай ИС все те методические принципы и подходы, которые используются при проведении испытаний обычных средств измерений (измерительных преобразователей, измерительных приборов и т.д.).

Термин «испытание» обязательно предполагает какое-либо внешнее воздействие на объект, подвергаемый испытаниям. Это хорошо видно, к примеру, в случае климатических и прочностных испытаний, вибрационных испытаний и испытаний на радиационную устойчивость, испытаний на надежность и т.п. Обычные СИ при утверждении типа должны проходить именно подобного рода испытания, при проведении которых должны варьироваться все те внешние, воздействующие факторы, которые влияют на метрологические характеристики испытываемых средств измерений.

Прибор или измерительный преобразователь нетрудно поместить, например, в климатическую камеру, что не всегда удается сделать с ИС.

Связка слов «испытание для целей утверждения типа» прочно вошла в метрологическую практику, в сознание мет-

рологов и воспринимается как некая объективная данность. Непреложным представляется тот факт, что без испытаний нельзя утвердить тип средства измерений, в том числе и тип ИС.

Опыт проведения испытаний ИС показывает, что первоочередной проверкой, которая осуществляется специалистами ГЦИ СИ, является проверка комплектации ИС из средств измерений утвержденных типов и возможности осуществления их поверки в установленном порядке. При положительных результатах этой первоочередной проверки на следующем этапе должна решаться одна из главных задач «испытаний» ИС — оценивание пределов допускаемой относительной погрешности измерений заданных параметров и установление соответствия характеристик погрешности измерений установленным требованиям. Эта часть работы выполняется расчетным методом. Поэтому В. А. Брюханов считает, что использование термина «испытание» применительно к ИС носит условный характер. Он предлагает внести в документы формулировки, в соответствии с которыми типы ИС утверждались бы на основании результатов экспертизы, проводимой специалистами ГЦИ СИ.

**Лицензирование** — выполняемая в обязательном порядке процедура выдачи лицензии юридическому или физическому лицу на осуществление им деятельности, не запрещенной законодательством РФ. Лицензии на вышеуказанную деятельность выдают органы ГМС на территориях субъектов РФ. Основанием для выдачи юридическому или физическому лицу (лицензиату) лицензии являются положительные результаты проверки компетентными органами условий осуществления деятельности.

Так, лицензиаты, претендующие на получение лицензии на ремонт СИ для сторонних организаций (причем на коммерческой основе), должны иметь рабочее помещение, соответствующее требованиям к организации ремонта СИ и условиям хранения СИ, необходимое технологическое оборудование СИ, ремонтную документацию, квалифицированные кадры, выполняющие работы по ремонту, наладке СИ, аттестат аккредитации на право поверки СИ данного типа или договор на проведение поверки данных СИ с организацией, обладающей этим правом.

Лицензия выдается на срок не более пяти лет. Повторное лицензирование может быть осуществлено по сокращенной или полной программе по решению компетентного органа.

Осуществление всех видов ГМК является, по существу, предоставлением метрологических услуг, которые оплачиваются приборовладением в соответствии с Законом об обеспечении единства измерений.

### 6.5.3. Характеристика государственного метрологического надзора

Государственный метрологический надзор осуществляется:

- за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц физических величин, соблюдением метрологических правил и норм на предприятиях, в организациях и учреждениях независимо от их подчиненности и форм собственности в виде проверок выпуска, состояния и применения средств измерений, эталонов и соблюдения иных метрологических правил и норм;

- за количеством товаров, отчуждаемых при совершении различных торговых операций; данный вид метрологического надзора выполняется в целях определения массы, объема, расхода или других величин, характеризующих количество этих товаров; порядок проведения указанного вида государственного метрологического надзора устанавливается Ростехрегулированием;

- за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже. Надзор осуществляется в тех случаях, когда содержимое упаковки не может быть изменено без ее 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 устанавливается также Ростехрегулированием.

Государственный метрологический надзор за выпуском, состоянием и применением СИ, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм проводится в соответствии с правилами ПР 50.2.002—94 ГСИ. Метрологический надзор осуществляется на предприятиях, в организациях и учреждениях независимо от их подчиненности и форм собственности в виде проверок выпуска, состояния и применения СИ, эталонов и соблюдения иных метрологических правил и норм.

Согласно порядку, установленному Ростехрегулированием, **государственный метрологический надзор за выпус-**



**ком, состоянием и применением средств измерений** включает следующие операции:

- проверку соблюдения основных правовых и юридических требований при выпуске средств измерений, например, наличие аттестатов аккредитации на право проведения поверок, наличие утвержденной в установленном порядке конструкторской и технологической документации и т.п.;
- проверку соответствия выпускаемых средств утвержденному типу;
- проверку соблюдения метрологических требований к техническим средствам, используемым при выпуске средств измерений;
- проверку соблюдения метрологических требований к процедурам испытаний СИ, в том числе выполнение требований документов, регламентирующих порядок испытаний СИ и их поверку;
- проверку наличия эталонов, необходимых для первичной поверки СИ, требований к процедуре поверки эталонов и т.д.

**Государственный метрологический надзор за аттестованными методиками выполнения измерений** производят для обеспечения точности результатов измерений и достоверности результатов контроля и испытаний (сведение к рациональному минимуму вероятности ошибочных решений по результатам измерений, контроля и испытаний).

Рассматриваемый метрологический надзор включает:

- контроль полноты сведения об МВИ;
- проверку выполнения требований об обязательной аттестации;
- проверку соблюдения установленного порядка и процедур аттестации МВИ.

К основным задачам **государственного метрологического контроля и надзора за соблюдением метрологических правил и норм** относят:

- определение соответствия выпускаемых СИ утвержденному типу;
- определение состояния и правильности применения СИ, в том числе эталонов, применяемых для поверки средств измерений;
- определение правильности использования аттестованных методик выполнения измерений;
- контроль соблюдения метрологических правил и норм.

Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и про-

ведения метрологической экспертизы документов осуществляется на основании правил ПР 50.2.013—97 ГСИ «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов» допускается при следующих условиях:

- наличие аттестованных метрологической службой методик выполнения измерений, отчетов исследовательских работ;
- наличие экспертных заключений по документам категорий, указанных в заявленной области аккредитации;
- внедрение в практику метрологической экспертизы основных положений методических документов Ростехрегулирования;
- наличие оборудования, необходимого для проведения работ по аттестации методик выполнения измерений в заявленной области;
- наличие стандартов и других нормативных документов Государственной системы обеспечения единства измерений, других нормативных документов в области деятельности аккредитуемой организации и др.

При выполнении государственного метрологического контроля и надзора за соблюдением метрологических правил и норм часто совершаются ошибки. Типичные ошибки в аккредитованных испытательных лабораториях — применение неаттестованного испытательного оборудования; проведение измерений по неаттестованным методикам выполнения с неизвестной точностью результатов измерений; отсутствие или недостаточное использование системы внутрिलाбораторного и межлабораторного контроля точности результатов измерений; несоблюдение метрологических правил и норм.

## 6.6. Поверка средств измерений

### 6.6.1. Организация и проведение поверок СИ

В сферах действия государственного метрологического контроля и надзора юридические и физические лица, производящие средства измерений или выпускающие их после ремонта, ввозящие средства измерений и использующие их

в целях эксплуатации, проката или продажи, обязаны временно представлять СИ на поверку (по РМГ 29—99).

**Поверка СИ** — совокупность операций, выполняемых с целью подтверждения их соответствия установленным метрологическим требованиям.

Анализ сфер распространения государственного метрологического контроля и надзора показывает, что более 50% парка средств измерений должны подвергаться поверке. Учитывая, что на территории РФ эксплуатируется около 1,5 млрд СИ, ежегодная потребность в поверке составляет 750—1200 млн единиц СИ. Положение осложняется тем, что в последнее время этот парк интенсивно пополняется новыми типами приборов, используемых в сфере государственного метрологического контроля и надзора. Поэтому органы ГМС не в состоянии обеспечить поверку только своими силами.

Поверке подлежат все СИ предприятия, находящиеся в эксплуатации, на хранении, выпускаемые из производства и ремонта. Поскольку поверка производится с целью оценки погрешности, то эта операция, по существу, является одним из звеньев передачи размера единицы от эталона до рабочего СИ.

Поверка СИ предусматривает: соблюдение условий их эксплуатации; внешний осмотр; опробование работоспособности; подготовительные работы и определение метрологических характеристик поверяемого СИ.

Соблюдение условий эксплуатации заключается в том, что поверка СИ должна производиться при нормальных условиях, в качестве которых приняты: температура окружающего воздуха  $20 \pm 5$  °С; атмосферное давление  $100 \pm 4$  кПа ( $750 \pm 30$  мм рт. ст.); относительная влажность воздуха  $65 \pm 15\%$ ; напряжение сети переменного тока  $220 \pm 4,4$  В с частотой  $50,0 \pm 0,5$  Гц.

Подготовительные работы предусматривают: установку средств поверки так, чтобы они не нагревались от внешних источников тепла, не испытывали вибраций, толчков и ударов; подведение заземлений как к средствам поверки, так и к поверяемым приборам (если это предусмотрено инструкцией по эксплуатации); прогрев средств в течение необходимого времени (если это предусмотрено технической документацией); оснащение всем необходимым дополнительным оборудованием, приборами и инструментом.

При внешнем осмотре устанавливают наличие комплекта необходимой документации, отсутствие механических повреждений или неисправностей регулировочных и соедини-

тельных элементов, отсчетных шкал, переключателей и других устройств, влияющих на эксплуатационные показатели.

Опробование работоспособности поверяемых средств заключается в оценке: возможности установки «на ноль» всех приборов, легкости и плавности перемещения ручек настройки; возможности управления прибором в заданных пределах; четкости фиксации переключателей, совпадении указателей с соответствующими отметками на шкалах. Как правило, опробование работоспособности проводится в соответствии с инструкцией по эксплуатации поверяемого СИ. Если регистрация хотя бы одного поверяемого параметра не удовлетворяет заданным требованиям, то поверка прекращается и поверяемое СИ классифицируется как непригодное к эксплуатации.

Поверка СИ осуществляется МС при наличии соответствующего разрешения Ростехрегулирования. В перечень СИ, подлежащих обязательной государственной поверке, включены: СИ, применяемые в органах государственной МС; исходные рабочие эталоны предприятий; рабочие СИ, используемые для учета материальных ценностей, топлива и энергии, при взаимных расчетах, в торговле, для защиты окружающей среды и обеспечения безопасности труда. Предельный срок нахождения СИ в органах государственной поверки не должен превышать 15 дней.

Допускается также проведение поверочных работ не только персоналом МС, но и работниками других подразделений, например, контролерами ОТК при выпуске новых и ремонте СИ в эксплуатации, лицами, непосредственно использующими СИ. В последнем случае поверка необходима для сохранения заданной точности. В частности, рабочие, использующие универсальные СИ (микрометры), получают в индивидуальное пользование набор концевых мер. В документации на технологический процесс указано, как часто рабочий должен сличать СИ с мерой, при этом протокол не ведется.

Оформление, регистрация ведомственной МС в органах Ростехрегулирования и получение права на поверку отдельных видов СИ осуществляется в соответствии с ГОСТ 8.513 – 84. Классификация видов поверок приведена на рис. 6.9.

**Первичной** поверке подлежат все СИ при выпуске из производства и ремонта, а также поступающие по импорту.

**Периодической** поверке подлежат СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через определенные межповерочные интервалы (МПИ), установленные с расчетом обеспечения пригодности СИ на период между поверками. Первый Меж-

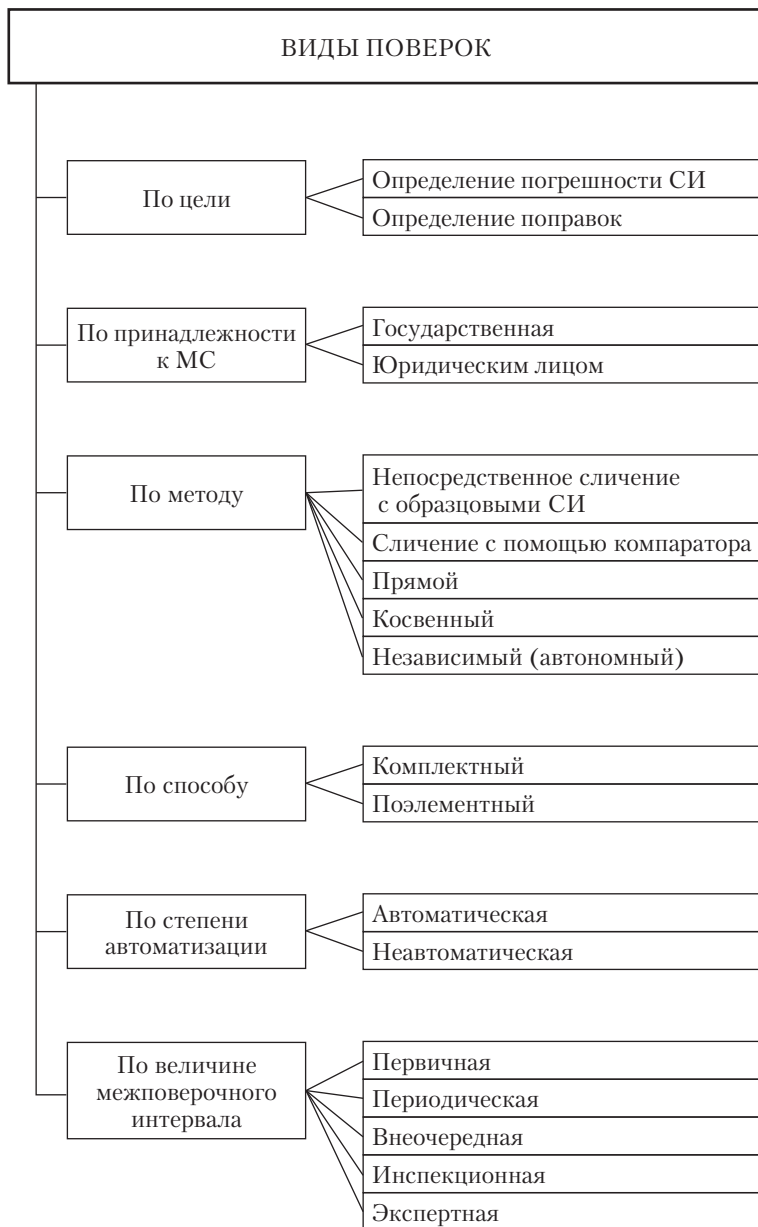


Рис. 6.9. Классификация видов поверок

поверочный интервал устанавливают при утверждении типа средства измерений, а последующие планируют на основе статистики отказов и экономических показателей.

**Внеочередную** поверку проводят для работающего СИ при корректировании МПИ, повреждении клейма, пломбы, утрате документов, необходимости удостовериться в исправности СИ (изменение условий эксплуатации или ее интенсивности после длительного хранения); установке СИ, являющихся комплектующими изделиями, после истечения половины гарантийного срока.

**Инспекционная** поверка необходима при осуществлении государственного надзора или контроля юридических лиц за состоянием и применением СИ.

**Экспертную** поверку проводят при возникновении спорных вопросов относительно МХ, исправности СИ и пригодности их к применению. Поверку осуществляют органы ГМС по письменному требованию заинтересованных лиц.

По способу проведения различают комплектный и поэлементный виды поверки.

**Комплектный** способ состоит в том, что СИ поверяют в полном комплекте его составных частей в реальных (или приближенных к ним) условиях эксплуатации. Это позволяет в ходе поверки выявить сопутствующие дефекты (монтажа СИ и вспомогательных устройств, неисправности коммутационной аппаратуры и т.п.).

**Поэлементный** способ поверки заключается в предварительном определении погрешностей отдельных составных частей поверяемого СИ. Затем по полученным данным расчетным путем определяют погрешности всего СИ. Кроме того, этот способ широко используют при поверке СИ, сложных по конструкции (например, многодиапазонных СИ для измерения различных физических величин).

Предпочтительным является комплектный способ поверки, развитие которого и является одной из основных задач МС юридических лиц. Этот способ более приспособлен и для реализации комплексной автоматизации поверочных работ.

Указанные способы поверки можно осуществить различными методами.

Метод **непосредственного сличения** без промежуточных приборов довольно прост и широко используется при поверке СИ невысокой точности: штриховых мер длины (линейки, рулетки); мер вместимости (мерные колбы, бюретки); приборов для непосредственного измерения тока, напряжения,

частоты; СИ механических величин и т.д. При этом одна и та же физическая величина  $x$  измеряется поверяемым СИ  $x_n$  и рабочим эталоном  $x_0$  СИ. Разность их показаний  $\Delta = x_n - x_0$  является абсолютной погрешностью поверяемого СИ. Приводя ее к нормированному значению  $x_N$ , получают приведенную погрешность  $\gamma = (\Delta/x_N) 100\%$  поверяемого СИ.

**Метод сличения с помощью компаратора** (прибора сравнения) более точен и позволяет косвенно сравнить две однородные или разнородные физические величины методами противопоставления или замещения. Сам по себе компаратор не содержит образцовых мер или СИ. Наиболее широкое распространение имеют следующие компараторы: образцовые весы — для поверки гирь; мосты переменного и постоянного тока — для поверки электрических емкостей, индуктивностей, сопротивлений; потенциометры — для поверки ЭДС. Основные требования к компараторам — высокая чувствительность и стабильность.

**Метод прямого измерения** по образцовым мерам есть разновидность метода непосредственного сличения и наиболее широко используется при поверке мер электрических и магнитных величин.

**Метод косвенных измерений** заключается в использовании прямых измерений и соответствующего пересчета погрешности в соответствии с известной функциональной зависимостью. При этом необходимо учитывать, что конечный результат всегда содержит составляющие погрешности косвенного измерения.

**Пример 6.1.** Определить систематическую составляющую относительной погрешности электрического счетчика активной энергии с помощью ваттметра и секундомера.

*Решение.* Погрешность поверяемого счетчика составляет

$$\delta = \frac{\omega_n - \omega_0}{\omega_0} \cdot 100\%,$$

где  $\omega_n, \omega_0$  — значение электрической энергии по поверяемому и образцовому счетчикам.

Для определения  $\omega_n$  необходимо знать постоянную  $c$  счетчика, которая вычисляется как

$$c = \frac{3600 \cdot 1000}{A}, \text{ Вт} \cdot \text{с/об},$$

где  $A$  — постоянное число оборотов диска, соответствующее энергии 1 кВт·ч (указывается на счетчике). Тогда при числе оборотов  $n$

$$\omega_n = cn.$$

Величина  $\omega_0 = P_0 t_0$ , где  $P_0$  — заданное образцовым счетчиком значение мощности за время  $t_0$ . Время  $t_0$  определяется по образцовому секундомеру, и оно, естественно, отличается от времени  $t_n$ , т.е. времени, за которое диск правильно работающего счетчика должен сделать  $n$  оборотов при заданной мощности  $P$ . Тогда

$$t_n = \frac{cn}{P} = \frac{3600 \cdot 1000n}{AP}.$$

Обычно  $t_n \geq 50$  с, а относительная погрешность измерения времени

$$\delta_t = \frac{t_n - t_0}{t_0} \cdot 100\%$$

не должна превышать допускаемой  $\delta_t \leq [\delta_t]$ .

При пуске и остановке секундомера поверитель допускается погрешность не менее 0,3 с, что при  $t_n = 50$  с составляет 0,6%. Эта погрешность сопоставима (или превышает) с погрешностями приборов: ваттметр имеет погрешность 0,2–0,3%, трансформатор тока — до 0,1%, секундомер — 0,1–0,2%. Поэтому предусматривают не менее двух измерений при каждой нагрузке. За окончательный принимается средний арифметический результат.

**Независимая (автономная)** проверка без применения рабочих эталонов используется при проверке особо точных СИ, при фактическом отсутствии более точных СИ. Как правило, этот метод используется для проверки приборов сравнения — компараторов. Он заключается в сравнении величин, воспроизводимых компаратором, с опорной величиной, воспроизводимой самим компаратором. Например, при проверке  $m$ -й декады потенциометра необходимо убедиться в равенстве падений напряжения на каждой  $n$ -й ступени этой декады. Выбрав в качестве опорной величины сопротивление первой ступени декады, с помощью компаратора поочередно сравнивают с ней падения напряжения на каждой  $n$ -й ступени. Этот метод трудоемок, но позволяет определять поправки с высокой точностью непосредственно на месте эксплуатации поверяемого СИ.

В процессе проверки ведут протокол, куда вносят номинальные характеристики и параметры, в том числе реквизиты рабочего эталона и поверяемого СИ (заводской номер, тип, обозначение и т.п.), результаты каждого измерения. В дальнейшем результаты обрабатывают и на основании этого делают вывод о годности СИ к эксплуатации.

**Пример 6.2.** Поверяется стрелочное СИ класса 0,5. Результаты приведены на рис. 6.10. Анализ графических результатов проверки показывает следующее.



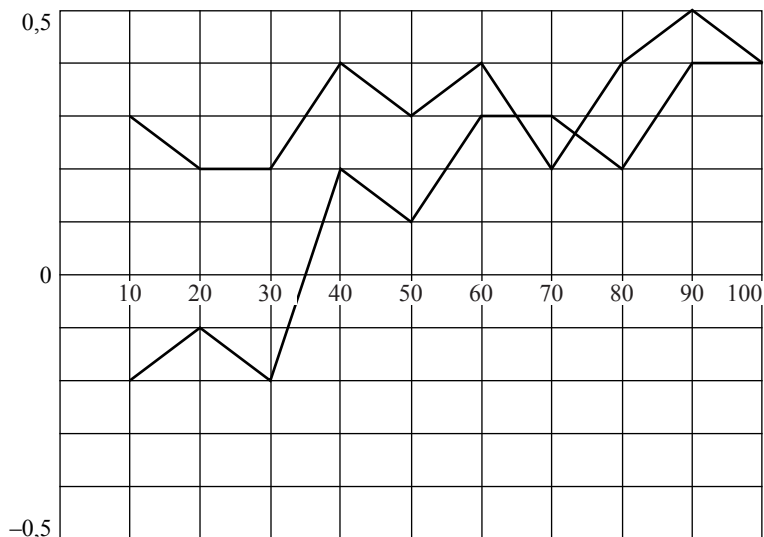


Рис. 6.10. Результаты поверки стрелочного СИ

Погрешность СИ в одном случае достигает предельного значения (точка 90) и в четырех случаях близка (+0,4% на точках 40, 60, 80 и 100) к предельному.

Заметно влияние трения (наблюдаются «ножницы» к началу шкалы).

Вариация на точке 10 достигает 0,5%, т.е. она — предельно допустимая.

Нарушение характера «ножниц» на отметке точку 70 можно объяснить недостаточно тщательной установкой стрелки на этой отметке (т.е. точку следует перепроверить).

Погрешность СИ не превысит  $\pm 0,35\%$ . Однако вариация останется прежней.

После анализа и регулировок делают вывод о пригодности СИ, используя общее правило: если по какому-либо одному параметру СИ не в норме, то оно непригодно к эксплуатации.

Например, пусть требования к СИ по допускаемой погрешности составляют  $\pm 2,5\%$ , а по вариации — 2,5%. При поверке получено, что максимальные значения погрешности изменяются на одной из отметок от +2 до -1%. Это означает, что хотя СИ и удовлетворяет требованиям по погрешности, оно не «проходит» по вариации, так как

$$|2| + |-1| - 3 > 2,5\% .$$

Межповерочные интервалы для СИ, подлежащих государственной поверке, определены Ростехрегулированием,

а для остальных СИ продолжительность МПИ устанавливается расчетным путем. Для СИ, находящихся на хранении, МПИ устанавливают не более гарантийных сроков по паспорту при поступлении их на хранение после выпуска из производства, для СИ в эксплуатации в рамках периодической поверки установлен удвоенный МПИ.

Если СИ находится на длительном хранении при соблюдении требований к их консервации (это оформляется актом с указанием условий хранения и консервации или упаковки), то они периодической поверке не подвергаются. Нормы времени на поверку определены РД 50-419–83. Здесь общая продолжительность  $t_0$  поверочных работ на 15% превышает время  $t_{xp}$  фактических  $\tau$  работ по поверке, определяемое хронометрированием ( $t_0 = 1,15t_{xp}$ ).

Дополнительные 15% распределены следующим образом: 10% — на технологические факторы: внутренняя транспортировка, уточнение содержания документов и т.п.; остальные — на «человеческие» факторы, в том числе: 2% — на рабочую позу поверителя (частые наклоны и повороты головы и туловища) 1,5% — на нервное напряжение (работа требует высокой точности), 1% — физические нагрузки (поднятие грузов до 10 кг), 0,5% — монотонность (операции продолжительностью до 30 с с числом элементов 5–7).

Для стандартных СИ нормы времени на поверку установлены в МИ 670–84, а, например, для средств технического диагностирования — на основе действующих отраслевых прејскурантов стоимости выполнения работ по их поверке, аттестации и ремонту.

Объем поверочных работ на предприятии необходимо планировать по конкретным СИ с учетом их поступления и передачи в ремонт.

**Пример 6.3.** Определить количествоверяемых однотипных измерительных приборов на предприятии за год и за месяц, если их имеется 1000 ед. и они подлежат поверке один раз в два месяца. Известно, что 15% этих приборов в год подлежат ремонту, а новых вводится 20%. Таким образом, в год по предприятию необходимо поверить данных приборов в количестве

$$N = 1000 \cdot \frac{12}{2} + 1000 \cdot \frac{15}{100} + 1000 \cdot \frac{20}{100} = 6000 + 150 + 200 = 6350 \text{ ед.},$$

а в месяц

$$6350 / 12 = 529 \text{ ед.}$$

На СИ, поверенные органами государственной МС, выдается свидетельство о государственной поверке, а на приборы, поверенные в организации, — аттестат и паспорт.

**Аттестат** является разовым документом, подтверждающим периодичность поверки и ее результаты. Аттестат хранится непосредственно на рабочем месте.

**Паспорт** — постоянно действующий документ, который отражает все сведения о приборе, начиная с его ввода в эксплуатацию (отметки о поверках, ремонтах и т.д.). На менее точных и менее ответственных СИ вместо свидетельства или аттестата ставится клеймо с указанием времени последней поверки.

**Поверительные клейма** (государственные или юридических лиц) предназначены для нанесения оттиска на СИ или документы (паспорта, аттестаты, свидетельства) в целях: удостоверения положительных результатов поверки СИ; закрытия доступа к узлам регулирования; погашения предыдущего клейма; опломбирования непригодных СИ. Порядок изготовления, хранения, применения и гашения клейм определен РД 50-597—86.

**Поверительное клеймо** — знак установленной формы, наносимый на средство измерения и признающий его годным к применению. Правила использования поверительных клейм оговорены в ПР 50.2.007—94 ГСИ «Поверительные клейма».

Поверительные клейма должны содержать следующую информацию:

- знак Ростехрегулирования (еще имеются клейма со знаком Госстандарта России);
- условный шифр органа ГМС;
- две последние цифры, отмечающие год применения клейма;
- индивидуальный знак поверителя (одна из букв, взятых из русского, латинского или греческого алфавита).

Хранение, учет и состояние поверительных клейм юридических лиц обеспечивает ответственное лицо, имеющее квалификацию поверителя и назначаемое приказом по предприятию; контроль проводит не реже двух раз в год руководство предприятия с соответствующей отметкой в журнале учета клейм.

В процессе эксплуатации информационно-измерительных систем (ИИС) обычно не представляется возможным оценить их погрешности экспериментально. Тогда метрологический надзор за ними может быть осуществлен только одним путем:

поверкой всех блоков как отдельных СИ, и оценением расчетными методами показателей точности ИИС в целом.

Так как ИИС, как правило, должны работать непрерывно, их остановка на период поверки недопустима. Поэтому такие ИИС укомплектовывают двойным набором блоков и заменяют снятые для поверки блоки заведомо годными. При очередном сроке поверки блоки ИИС меняют местами.

К проведению поверки СИ могут быть допущены лица, прошедшие специальное обучение и сдавшие экзамены в учебных заведениях Ростехрегулирования, в органах государственной МС. Им Ростехрегулирование поручает проведение аттестации поверителей или участие в комиссии, образуемой руководителем объединения, в которую входят представители органа государственной МС по программам, согласованным с этим органом.

Поверка СИ может проводиться в стационарных или передвижных лабораториях путем командирования государственных поверителей на предприятия по заявкам последних.

Представленные на поверку СИ должны быть полностью обеспечены необходимой НТД (паспорт, руководство по эксплуатации, ТУ, чертежи, методика поверки и т.п.) и вспомогательным оборудованием. Отдельные поверочные установки внесены в Госреестр.

Требования к помещениям поверочных подразделений и условиям труда поверителей изложены в ряде государственных документов: ГОСТ 8.395—80, РД 50-443—83, МИ 670—84 и ГОСТ 12.0.003—74.

Порядок представления средств измерений на поверку устанавливается Ростехрегулированием, который утверждает перечни групп, подлежащих поверке. Поверка осуществляется согласно правилам ПР 50.2.006—94 ГСИ «Порядок проведения поверки средств измерений».

По решению Ростехрегулирования право поверки СИ может быть предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц, которые функционируют в соответствии с действующим законодательством и нормативными документами по обеспечению единства измерений. Порядок аккредитации метрологических служб определяется Правительством РФ. Поверочная деятельность, осуществляемая аккредитованными метрологическими службами юридических лиц, контролируется органами ГМС по месту расположения юридических лиц. Ответственность за ненадлежащее выполнение поверочных работ и несоблюдение

требований нормативных документов несет орган ГМС или юридическое лицо, метрологической службой которого выполнены поверочные работы средств измерений.

Отметим, что поверка 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 поверки, непосредственно производящее поверку СИ и прошедшее аттестацию в установленном порядке.

Результат поверки — подтверждение пригодности средств измерений к применению или признание их непригодными к применению. В первом случае на средство измерения и (или) его техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и (или) выдается **Свидетельство о поверке**. Во втором случае оттиск поверительного клейма и (или) свидетельство о поверке аннулируется и выписывается **Свидетельство о непригодности**.

При поверке важен выбор оптимального соотношения между допускаемыми погрешностями эталонного и поверяемого СИ. Как правило, это соотношение принимается 1:3, тогда при поверке вводят поправки на показания рабочих СИ. Если поправку не вводят, то по погрешности эталонные СИ выбираются из соотношения 1:5.

### 6.6.2. Построение поверочных схем

Для правильной передачи размеров единиц от эталонов к рабочим СИ составляют **поверочные схемы**, устанавливающие метрологические соподчинения государственного эталона, разрядных эталонов и рабочих СИ.

**Поверочные схемы** устанавливают соподчинение рабочих эталонов и рабочих СИ для обеспечения правильной передачи размеров единиц от эталона к рабочему СИ, которые применяются для измерений в конкретных условиях.

Сущность разделения СИ на рабочие эталоны и рабочие СИ заключается не в конструкции и не в точности, а в их назначении. Для рабочего эталона не так важна величина поправки к его показаниям — важна стабильность и воспроизводимость этих показаний. Рабочие эталоны нельзя применять в качестве рабочих СИ. Из рис. 6.11 следует, что, например, точность рабочего СИ высшей точности заведомо выше точности СИ для поверки рабочего СИ низшей точно-

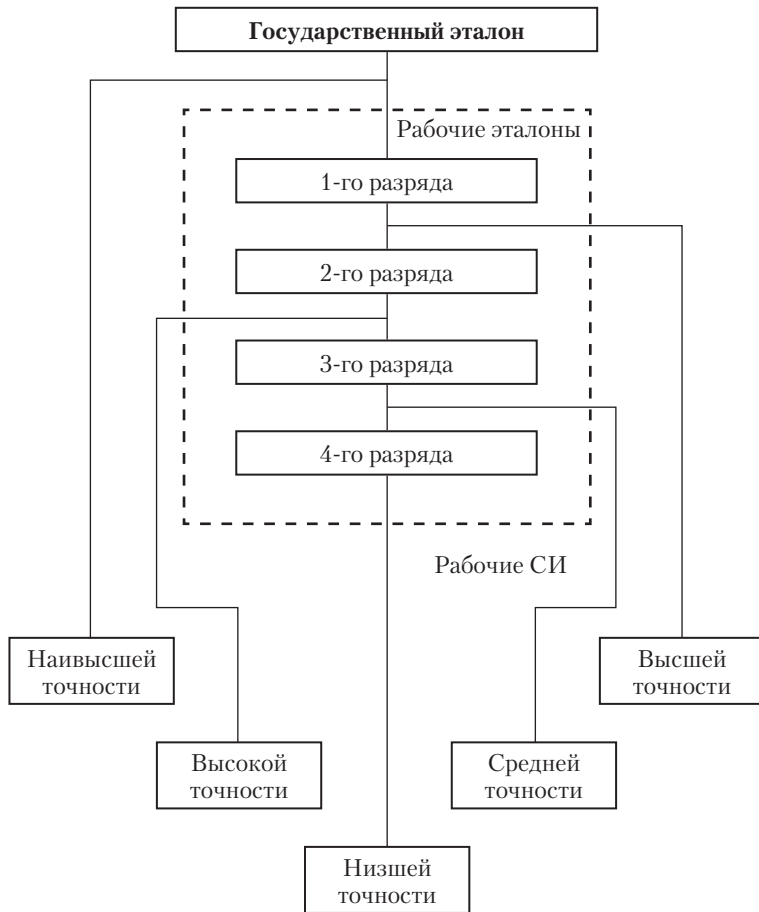


Рис. 6.11. Схема передачи показаний от эталона к рабочему СИ

сти. Однако какой бы точностью ни обладало рабочее СИ, оно не может применяться для поверки другого. Само же рабочее СИ должно поверяться СИ, имеющим большую точность.

**Поверочная схема** — утвержденный в установленном порядке документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размеров единиц от государственного эталона размеров единиц рабочим средствам измерений. Поверочные схемы делят на государственные и локальные.

Государственные поверочные схемы регламентируются национальными стандартами и распространяются на все сред-

ства измерений данного вида. Во главе этой схемы находится государственный эталон. государственные поверочные схемы закладываются в основу национальных стандартов.

Локальные поверочные схемы предназначены для метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц. Все локальные схемы должны соответствовать требованиям соподчиненности, которая определена государственной поверочной схемой. Локальные поверочные схемы распространяются на средства измерений, подлежащие поверке соответствующей метрологической службой.

Поверочные схемы состоят из чертежа и текстовой части. На чертеже указывают: наименование средств измерений, диапазоны значений физических величин, обозначения и значения погрешностей, наименования методов поверки. Текстовая часть состоит из вводной части и пояснений к элементам поверочной схемы.

Передачу размера единицы величины образно можно представить в виде одной из схем, приведенных на рис. 6.12.

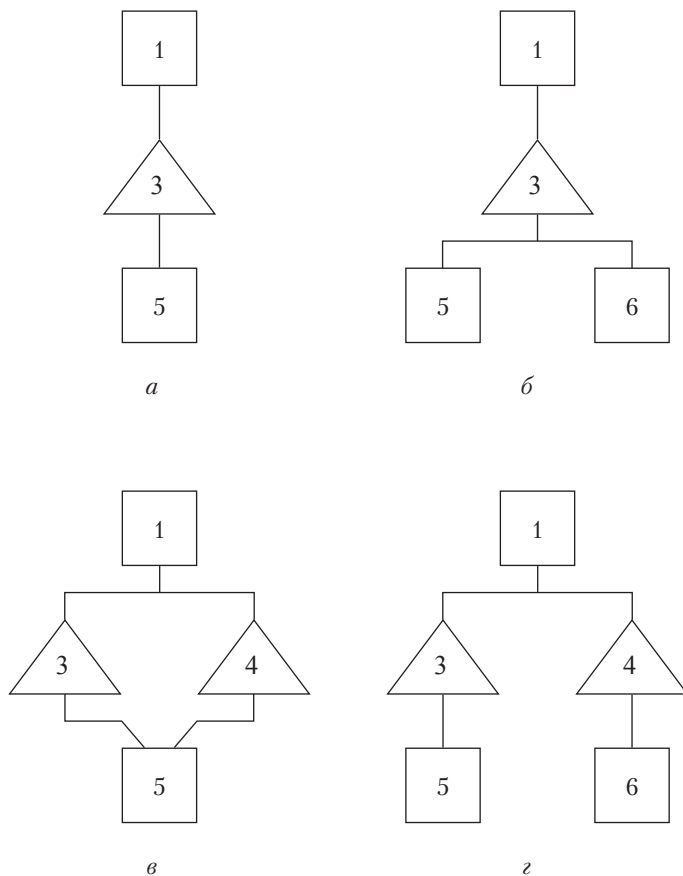
Методы определения параметров поверочной схемы (число ступеней точности и соотношение погрешностей эталонного и поверяемого СИ) установлены в методике МИ 83—76.

Однозначного ответа на вопрос, во сколько раз погрешность эталонного СИ должна быть меньше, чем допускаемая погрешность рабочего СИ, не существует.

Дело в том, что при выборе рабочих эталонов следует учитывать не только погрешности, но и достоверность определения погрешностей поверяемых и эталонных СИ. При этом математический аппарат теории вероятностей безоговорочно применять нельзя, так как здесь имеется как систематическая, так и случайная составляющая.

Требования к рабочим эталонам в некоторой степени противоречивы. С одной стороны, чем они точнее, тем больше уверенность в правильности поверки. С другой стороны, эти СИ более дорогие и требуют большей осторожности в обращении, стабильность их показаний ниже, чем рабочих СИ. Опыт показывает, что результаты поверки достаточно точны и достоверны, если эталонное СИ в 10 раз точнее поверяемого (т.е. для поверки рабочего СИ класса 1 требуется эталонное СИ класса 0,1).

Это относится к случаю поверки СИ, когда не требуется оценка поправки. Если же нужно определять поправки, то критерием выбора эталонного СИ является не точность поверяемого СИ, а точность определения поправки. Эта точность ограни-



**Рис. 6.12. Элементы графического изображения поверочных схем при передаче размера:**

*a* – от эталона 1 к объекту 5 методом 3; *б* – от эталона 1 к объектам 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 6 методом 4

чена степенью постоянства показаний СИ и возможной точностью отсчета.

Например, у СИ класса 0,5 допускаемой погрешности шкала имеет 100 делений. Если вариация его показаний не превышает 0,1 деления (т.е.  $\pm 0,1\%$ ), то такому СИ можно дать поправки, при пользовании которыми погрешности не



будут превышать  $\pm 0,1$  деление ( $\pm 0,1\%$ ). Другими словами, для поверки такого прибора следует использовать эталонные СИ с погрешностью  $\pm 0,01\%$  (из соотношения 1:10). Если же вариация достигает 0,3 деления ( $\pm 0,3\%$ ), то введение поправок теряет смысл и можно вести поверку СИ с погрешностью  $\pm 0,05\%$ .

Поскольку чаще всего класс точности СИ определяется по приведенной погрешности, то важно, чтобы верхний предел измерения рабочего эталона был равен или несколько превосходил верхний предел поверяемого СИ.

Важно также знать, существуют ли поправки к показаниям рабочего эталона и вариации его показаний. Например, если к СИ класса 0,5 имеются поправки, а вариация его показаний не выходит за пределы, установленные для СИ класса 0,2, то этим СИ можно пользоваться как эталонным для поверки СИ класса 1. Таким образом, требуемая точность эталонных СИ определяется не соотношением классов, а соотношением действительных точностей поверяемого и эталонного СИ. Поэтому при выборе поверочной схемы подлежат расчету:

- параметры метода нормирования погрешностей;
- соотношения между погрешностями смежных СИ;
- число ступеней поверочной схемы.

Число ступеней передачи размера единицы от эталона к данному образцовому СИ определяется номером разряда (см. рис. 6.11). Чем больше разрядов, тем с большей погрешностью передается единица к рабочему СИ. Вследствие этого число разрядов рабочих эталонов должно быть минимальным. При расчете числа разрядов исходят из соотношения, что если в разряде  $j$  имеем  $N$  эталонных СИ, то в разряде  $j + 1$  количество их будет равно

$$N_{j+1} = N_j \eta_j T_{i+1} / t_{i+1}, \quad (6.1)$$

где  $T_{j+1}$  — МПИ для СИ разряда  $j + 1$ ;  $t_{j+1}$  — время поверки одного СИ разряда  $j + 1$ ;  $\eta_j$  — коэффициент использования СИ разряда  $j$ . Величина  $\eta_j$  вычисляется как

$$\eta_j = \frac{t_c - t_{н.з}}{t_p} \alpha_{пр}, \quad (6.2)$$

где  $t_c$  — чистое рабочее время в течение расчетного, например, времени суток  $t_p = 24$  ч;  $t_{н.з}$  — подготовительно-заключительное время;  $\alpha_{пр}$  — относительный коэффициент, учитывающий время на профилактику, ремонт и поверку СИ разряда  $j$ .

Например, если в течение суток ( $t_p = 24$  ч) СИ используется восемь часов ( $t_c = 8$  ч), время  $t_{п.з} = 1$  ч, а поверочные и ремонтно-профилактические воздействия занимают 10% (т.е. 0,1) рабочего времени, то  $\alpha_{пп} = 1 - 0,1 = 0,9$  и по формуле (6.2):

$$\eta_j = \frac{8-1}{24} 0,9 = 0,26.$$

Переходя от эталона ( $j = 0, N_0 = 1$ ) к рабочим СИ, можно последовательно найти число эталонных СИ в каждом разряде и число  $N_m$  рабочих СИ, обеспеченных поверкой при  $m$  ступенях передачи разряда:

$$N_m = N_0 N_1 \dots N_{m-1} = \sum_{j=0}^{m-1} \eta_j \frac{T_{j+1}}{t_{i+1}}. \quad (6.3)$$

Расчет ведется методом последовательных приближений. Для 1-го разряда при  $j_0 = 1$  находят  $N_m^{(0)}$ . Если  $N_m^{(0)}$  меньше подлежащего поверке числа рабочих СИ ( $N_m^{(0)} < N_m$ ), то увеличивают либо коэффициент использования  $\eta_i$  эталонных СИ (наращивают производительность поверочных операций), либо число разрядов. При новом числе разрядов снова вычисляют  $N_m^{(1)}$  и т.д. до тех пор, пока не будет удовлетворяться условие  $N_m^{(i)} > N_m$ . Тогда величина  $i$  есть искомое число ступеней поверочной схемы.

Если в поверочной схеме несколько ветвей (см. рис. 6.12) от ветви наивысшей до ветви низшей точности, то аналогичные расчеты проводятся для каждой ветви. Тем самым суммированием можно получить число эталонных СИ каждого разряда.

При проведении метрологической экспертизы полезно проанализировать метрологическую цепь: измеряемый параметр — необходимая погрешность его измерения — точность измерения по нормативному документу — возможная точность измерения существующими СИ — точность эталонного СИ. Анализ метрологической цепи, построенной на реальных СИ с учетом требований к точности измерений, позволяет оперативно на стадии разработки измерительного процесса оценить существующие возможности или сформулировать соответствующие требования.

Например, при диагностировании двигателя внутреннего сгорания измеряются с помощью многоканального СИ (мотор-тестера К-461) диагностические параметры: частота

		Двигатель					
		Частота вращения коленчатого вала	Разность мощностей по цилиндрам	УЗСК	УОЗ	Вторичное напряжение	
I	Измеряемый диагностический параметр	±3%	±4%	±3%	±5%	±15%	
II	Приведенная погрешность измерения параметра	±1%	±2%	±3%	±3%	±15%	
III	Точность измерения параметра по РД 50-473-84	±3%	±4%	±3%	±4%	±15%	
IV	Точность блока измерения мотор-тестера (К-461)	Частотомер ЧЗ-54	Генератор Г5-26	Частотомер ЧЗ-54	Частотомер ЧЗ-54	Осциллограф С1-82	
V	Эталонное СИ при поверке блока измерения	±0,3%	Стимулятор сигналов	±0,3%	±0,3%	±3%	
VI	Точность эталонного СИ						

Рис. 6.13. Метрологическая цепь измерительных блоков мотор-тестера К-461

вращения коленчатого вала, разность мощности по цилиндрам, угол замкнутого состояния контактов прерывателя (УЗСК), угол опережения зажигания (УОЗ), вторичное (пробивное) напряжение на свече. Метрологическая цель по измерительным блокам приведена на рис. 6.13.

Анализ рис. 6.13 свидетельствует, что существующие поверочные приборы (уровни V и VI) вполне достаточны для гарантии заданной точности функционирования двигателя по рассматриваемым параметрам (уровни I и II). В то же время наилучший отечественный прибор К-461 по своим МХ фактически не соответствует требованиям РД 50-473—84 (сравните уровни III и IV). Это выдвигает необходимость либо разработать более совершенное по МХ новое СИ взамен К-461, либо закупить соответствующее зарубежное оборудование.

Одной из действенных форм надзора за обеспечением единства измерений являются круговые сличения между поверочными органами близлежащих областных ЦСМ. При этом сравниваются погрешности измерений одной физической величины, полученные разными МС территориальных органов. Допускаемое значение расхождений  $A_p = K_\Delta$ , где  $\Delta$  — допускаемая погрешность средств поверки;  $K$  — метрологический запас точности (обычно  $K \approx 1,2$ ) поверочной схемы. Единство измерений считается обеспеченным, если  $x_i < A_p$ , где  $x = Vi - M$ ;  $V$  — результат, полученный в  $i$ -й ЦСМ;  $M$  — средний результат по любым четырем ЦСМ.

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 «ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения». Согласно этому документу стандартный **образец состава и свойств веществ и материалов** — это СИ 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, присваиваются 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 аттестационной 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 сохранять постоянство 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.

В целом организация поверочной деятельности в системе Ростехрегулирования осуществляется по схеме рис. 6.14.

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

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

Вопросы поверки СИ изложены подробно в ПР 50.2.006—94 ГСИ «Порядок проведения поверки средств измерений», МИ 1837—93 ГСИ «Типовое положение о контрольно-поверочном пункте территориального органа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии», МИ 2284—94 ГСИ «Документация поверочных лабораторий», ПР 50.2.007—94 ГСИ «Поверительные клейма», ПР 50.2.012—94 ГСИ «Порядок аттестации поверителей средств измерений», МИ 2273—93 ГСИ «Области использования средств измерений, подлежащих поверке», МИ 2322—99 ГСИ «Типовые нормы времени на поверку средств измерений».

### 6.6.3. Оптимизация межповерочных интервалов СИ

Для обнаружения скрытых метрологических отказов поверки СИ производят через определенные межповероч-

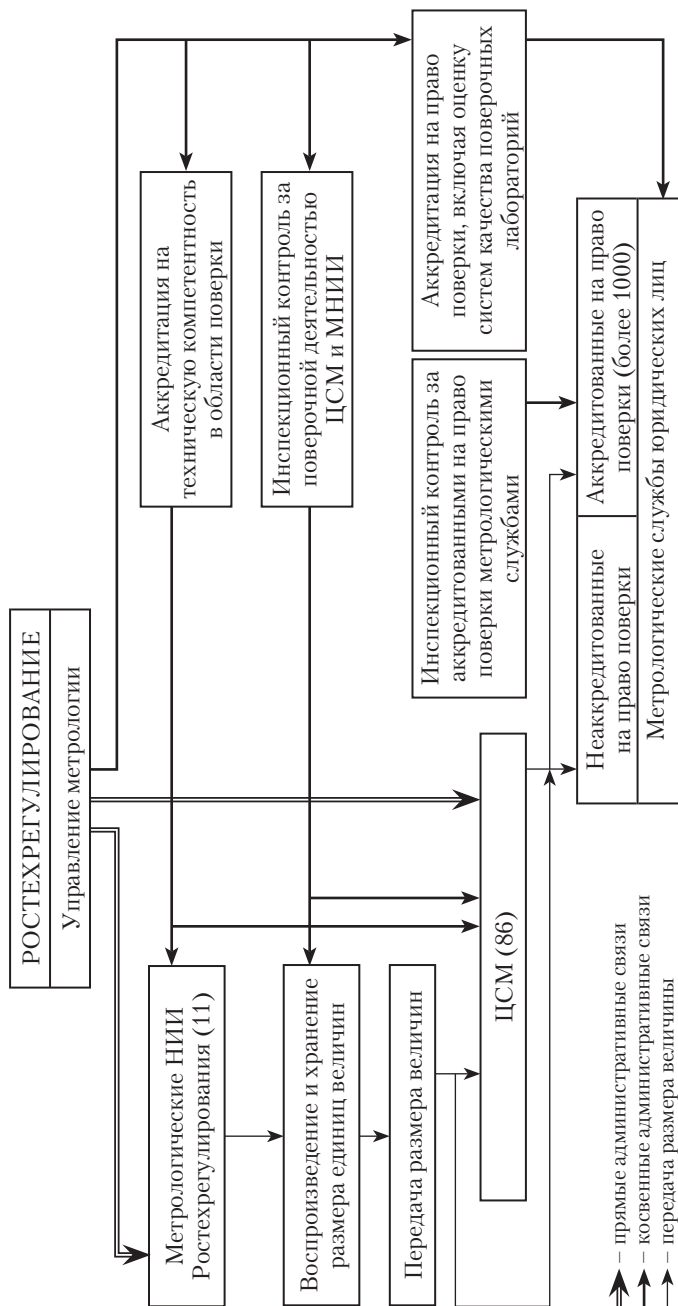


Рис. 6.14. Организация поверочной деятельности

ные интервалы (МПИ). Очевидно, величина МПИ должна быть оптимальной, так как частые поверки связаны с материальными и трудовыми затратами по их организации и проведению, изъятию СИ из технологического процесса, а редкие могут привести к повышению погрешности измерений из-за метрологических отказов СИ.

Включенные в номенклатурный перечень рабочие СИ (манометры, амперметры, вольтметры, таксометры и др.) подлежат обязательной государственной поверке и имеют вполне определенные МПИ. Периодичность же поверок СИ, обслуживаемых МС юридических лиц, должна устанавливаться ведомствами на соответствующей методической основе и базироваться на определенных критериях.

Все методы расчета МПИ можно разделить по подходу на экономические и технические, а по используемому математическому аппарату — на вероятностные и детерминированные. Возможны и комбинации этих методов: экономические вероятностные, экономические детерминированные, технико-экономические вероятностные.

При экономическом обосновании МПИ основной является концепция, что величина МПИ  $\tau_{\text{МПИ}}$  влияет на уровень годовых затрат на поверку  $C_{\text{пов}}$  и на величину годовых потерь  $\Pi_{\text{Г}}$  от неоптимальности параметров технических средств в эксплуатации из-за недостоверной информации (брак в диагностировании, перерасход ресурсов, снижение качества эксплуатации). Величина МПИ с учетом конкретных условий эксплуатации СИ должна выбираться из условия минимума суммарных расходов на поверку и потери  $\Pi_{\text{Г}}$  за МПИ. То есть целевая функция оптимизации МПИ примет вид

$$(C_{\text{пов}} + E_{\text{пл}} K_{\text{пов}} + \Pi_{\text{Г}}) \rightarrow \min, \quad (6.4)$$

где  $E_{\text{пл}} = 0,06$  — норматив платы за производственные фонды,  $K_{\text{пов}}$  — стоимость поверочного оборудования.

Величину МПИ можно определить как

$$\tau_{\text{МПИ}} = CN / C_{\text{пов}},$$

где  $C$  — текущие затраты на одну поверку СИ;  $N$  — годовое количество одноименных СИ, подлежащих поверке.

При техническом подходе МПИ, как правило, устанавливают на основе статистических данных о надежности СИ в условиях реальной эксплуатации. Расчетное значение МПИ можно оценить по формуле



где  $T_0$  — наработка СИ на отказ;  $P_{\text{доп}}$  — допускаемая вероятность безотказной работы СИ по метрологическим отказам. Тогда при условии вероятности  $P$  безотказной работы СИ в течение МПИ правильность расчетного значения МПИ с доверительной вероятностью не ниже 0,8 оценивают по соотношению

$$P_{\text{доп}} - 1,28\sqrt{\frac{P_{\text{доп}}(1-P_{\text{доп}})}{N}} \leq P \leq P_{\text{доп}} + 1,28\sqrt{\frac{P_{\text{доп}}(1-P_{\text{доп}})}{N}}. \quad (6.6)$$

Если условие не выполняется, то очередной МПИ корректируется по уравнению

$$\tau_{\text{МПИ}-T} = CP_{\text{МПИ}-T},$$

где  $C = \ln P / \ln \bar{P}$ .

Зависимость коэффициента коррекции от полученных статистических значений  $P$  и  $P_{\text{доп}}$  на уровне 0,85–0,99 приведена в табл. 6.3, где  $n$  — количество СИ, забракованных по «скрытым» отказам однородной группы из  $N$  СИ в течение МПИ.

Если из статистического анализа известны параметры потока метрологических отказов в период работы  $\lambda_i$  и в период хранения  $\lambda_x$ , то можно ввести уточнение первого МПИ как

$$\tau_{\text{МПИ}-T} = -T_0 \ln P_{\text{доп}} [K_{\text{и}} - \eta(1 - K_{\text{и}})]^{-1},$$

где  $K_{\text{и}} = T_{\text{ф}} / t_{\text{к}}$ ;  $\eta = \lambda_x / \lambda_i$ ;  $T_0$  — наработка на отказ;  $T_{\text{ф}}$  — фактическая наработка СИ за МПИ;  $t_{\text{к}}$  — календарное (нормированное) значение МПИ.

Таблица 6.3

### Коэффициент коррекции $C$

$n/N$	$P_{\text{доп}} = 0,85$	$P_{\text{доп}} = 0,90$	$P_{\text{доп}} = 0,95$	$P_{\text{доп}} = 0,99$
0,01	16,20	10,50	5,10	1,00
0,03	5,40	3,50	1,70	0,33
0,05	3,18	2,06	1,00	0,20
0,07	2,24	1,46	0,71	0,14
0,10	1,54	1,00	0,48	0,10
0,15	1,00	0,65	0,31	—
0,20	0,72	0,47	0,23	—
0,25	0,56	0,36	0,18	—

Окончание табл. 6.3

$n/N$	$P_{\text{доп}} = 0,85$	$P_{\text{доп}} = 0,90$	$P_{\text{доп}} = 0,95$	$P_{\text{доп}} = 0,99$
0,30	0,45	0,30	0,14	—
0,35	0,37	0,24	0,12	—
0,40	0,32	0,20	0,10	—
0,45	0,27	0,17	0,08	—
0,50	0,23	0,15	0,07	—

Очевидно, для повышения достоверности расчетов и установления единого МПИ для данного средства технического диагностирования (СТД) следует найти функцию, в которой определены как экономические, так и технические показатели с учетом характеристик эксплуатационной надежности. Если это не удастся сделать в силу отсутствия данных или сложности математического моделирования, следует воспользоваться алгоритмом сравнения, приведенным на рис. 6.15.

Здесь в блоках 1 и 2 рассчитывают МПИ на основе экономического  $\tau_{\text{э}}$  и технико-эксплуатационного  $\tau_{\text{т}}$  принципов. Сравнивают их в блоке 3 и если  $\tau_{\text{э}} < \tau_{\text{т}}$ , то за величину МПИ принимают  $\tau_{\text{э}}$ . Если это условие не выполняется, то в блоке 4 определяют показатели  $P_i$  состояния СИ (например, вероятность безотказной работы, производительность, уровень качества и т.п.) на основе экономического и технико-эксплуатационного подходов. Сравнение разных  $P_i$  в блоке 5 с наперед заданным значением  $\epsilon$  этого показателя дает однозначное решение о принимаемом МПИ.

Расчетные значения МПИ приводят в соответствие с нормированным рядом: 0,25; 0,50; 9,75; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0; 9,0;  $12,0 \cdot K$  (в месяцах), где  $K$  – целое положительное число. Этот ряд справедлив как для работающих СИ, так и для СИ, находящихся на хранении.

**Пример 6.4.** В результате анализа состояния МО предприятия установлено, что около 30% СИ имеют нарушения МХ. Одной из основных причин этого явился большой период  $T_{\text{МПИ}} = 2$  года. Установить оптимальное значение МПИ при поверке СИ на предприятии. Основные технико-экономические показатели МО приведены в табл. 6.4.

Кроме того, известна вероятность  $P$  возникновения метрологического отказа СИ к концу МПИ

$$\tau_{\text{МПИ}} = 0,5; 1,0; 1,5 \text{ и } 2 \text{ года}; P_{0,5} = 0,02; P_{1,0} = 0,05;$$

$$P_{1,5} = 0,15 \text{ и } P_{2,0} = 0,3.$$

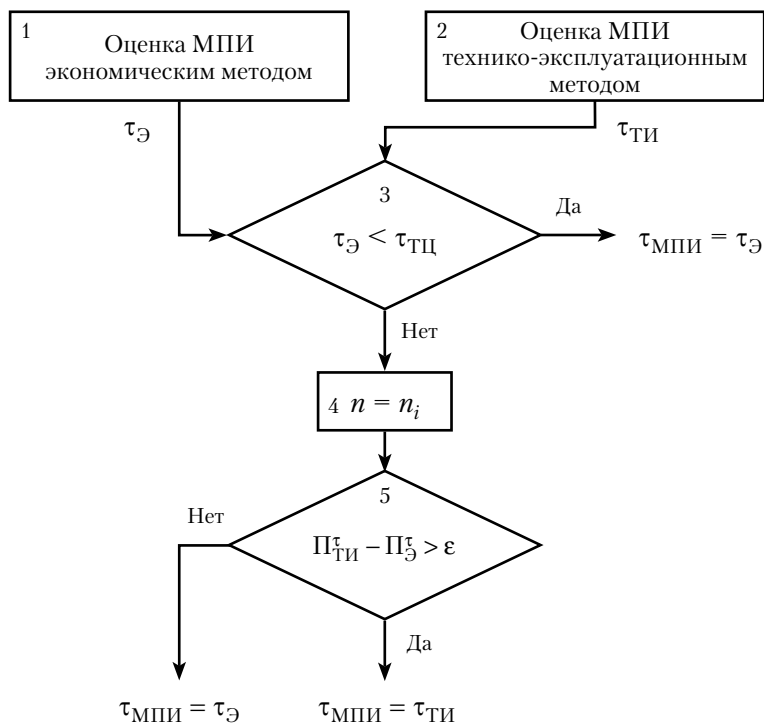


Рис. 6.15. Алгоритм назначения МПИ со смешанным подходом

Таблица 6.4

**Технико-экономические показатели МО**

Показатель	Количество единиц
Среднегодовой парк СИ $N$ , шт.	500
Средние текущие затраты на одну поверку $C$ , руб.	10
Капитальные вложения на одно место поверки $K_{МП}$ , руб.	12 000
Годовая производительность поверочного оборудования $B_{пр}$ , ед.	500
Средняя балансовая стоимость одного СИ $K_{СИ}$ , руб.	200
Время нахождения СИ в одной поверке $t_{пов}$ , дни	5
Норма страхового запаса $H_3$ , %	10
Среднегодовые потери от применения одного СИ с нарушенными МХ $\mathcal{E}_{МХ}$ , руб.	400

*Решение.* Используем экономический принцип, основанный на минимизации целевой функции (6.4).

1. Годовые затраты на поверку  $C_{\text{пов}}$  при принятом  $\tau_{\text{МПИ}}$  определяют по формуле

$$C_{\text{пов}} = \frac{C}{\tau_{\text{МПИ}}} N. \quad (6.7)$$

При  $C = 10$  руб. (см. табл. 6.4) величина  $C_{\text{пов}}$  для  $\tau_{\text{МПИ}} = 0,5$ ; 1,0 и 1,5 года (по формуле (6.7) составит:  $C_{\text{пов } 1,0} = 5000$  руб. и  $C_{\text{пов } 1,5} = 3335$  руб.

2. Капитальные вложения на поверочные работы  $K_{\text{пов}}$  включают затраты на приобретение, монтаж и наладку поверочного оборудования, стоимость дополнительного измерительного, складского и транспортного оборудования, стоимость производственных площадей и расходы на обменный фонд СИ. Если поверка осуществляется территориальными органами Ростехрегулирования, то  $K_{\text{пов}} = 0$ , а если на предприятии, то

$$K_{\text{пов}} = \frac{NK_{\text{МП}}}{\tau_{\text{МПИ}} B_{\text{пр}}} + K_{\text{СИ}} N_{\text{об}}, \quad (6.8)$$

где  $N_{\text{об}}$  — обменный фонд СИ, определяемый как

$$N_{\text{об}} = \left( \frac{N t_{\text{пов}}}{\tau_{\text{МПИ}} \cdot 365} \right) \left( 1 + \frac{H_3}{100} \right). \quad (6.9)$$

По данным табл. 6.4 и заданному  $\tau_{\text{МПИ}}$  получим по формуле (6.8)

$$K_{\text{пов } 0,5} = 28\,006 \text{ руб.}; K_{\text{пов } 1,0} = 14\,003 \text{ руб.}; K_{\text{пов } 1,5} = 8500 \text{ руб.}$$

3. Величина потерь за  $\tau_{\text{МПИ}}$  в результате использования СИ с нарушенными МХ оценивается как

$$\Pi_{\Gamma} = P_{\tau} \Delta_{\text{МХ}} N / 2. \quad (6.10)$$

По формуле (6.4) вычисляем сумму затрат на поверку в зависимости от МПИ:

$$C_{\Sigma 0,5} = 14\,003 \text{ руб.}; C_{\Sigma 1,0} = 10\,810 \text{ руб.} \text{ и } C_{\Sigma 1,5} = 18\,845 \text{ руб.}$$

Поскольку  $C_{\Sigma 1,0} < C_{\Sigma 0,5} < C_{\Sigma 1,5}$ , то в качестве оптимального выбирается  $\tau_{\text{МПИ}} = 1,0$  год.

При использовании технического критерия (6.5) рассмотрим четыре возможные ситуации, обусловленные характером и объемом известных данных.

I. Вид функции  $P_M(t)$  — вероятности отсутствия метрологического отказа — установлен.

**Пример 6.5.** Определить МПИ, если  $\lambda_M = 0,072$  1/год — параметр потока метрологических отказов. При неизвестном значении  $Q$  (допускаемой вероятности метрологических отказов) она обычно задается на уровне  $Q = 0,15$ .

*Решение.* Учитывая, что  $Q = 1 - P_{\text{доп}}$ , а  $\lambda_M = 1/T_0$ , получим из уравнения (6.5) расчетное значение МПИ

$$\tau_p = -\frac{\ln(1-Q)}{\lambda_M} = -\frac{\ln(1-0,15)}{0,072} = 27 \text{ мес.}$$

В соответствии с нормированным рядом  $\tau_{\text{МПИ}} = 25$  мес.

II. Функция  $P_M(t)$  неизвестна, но имеется информация о явных и скрытых отказах, полученных путем статистических исследований достаточно большой партии СИ ( $M_{\text{шт.}}$ ). При этом определены:  $n$  — число отказавших СИ за время  $t$  и  $m$  — доля метрологических отказов в общем их числе.

Тогда при заданном  $Q$

$$\tau_{\text{МПИ}} = t \frac{\ln(1-Q)}{\ln\left(1 - \frac{mn}{N}\right)}. \quad (6.11)$$

**Пример 6.6.** Из  $N = 1367$  однотипных приборов в течение года эксплуатации ( $t = 12$  мес.) отказало  $n = 270$  шт., а метрологические отказы составляют 36% ( $m = 0,36$ ). Задано  $Q = 0,15$ . Найти межповерочный интервал.

*Решение.* По формуле (6.11) искомый МПИ составит

$$\tau_p = 12 \frac{\ln(1-0,15)}{\ln\left(1 - \frac{0,36 \cdot 270}{1367}\right)} = 26 \text{ мес. или } \tau_{\text{МПИ}} = 26 \text{ мес.}$$

III. При отсутствии сведений о  $P_M(t)$ ,  $m$  и  $n$  для ориентировочного расчета МПИ можно использовать заданные в технической документации данные о безотказности СИ — вероятность его безотказной работы  $P(t)$  или среднюю наработку на отказ  $T_0$  с учетом всех видов отказов.

Тогда параметр потока

$$\lambda = \frac{\ln P(t)}{t} \text{ или } \lambda = \frac{1}{T_0},$$

а расчетное значение МПИ

$$\tau_p = -\frac{\ln(1-Q)}{\lambda}. \quad (6.12)$$

Полученное значение МПИ может оказаться заниженным, так как при его определении учитывались и возможные явные отказы. Следовательно, необходима корректировка по результатам очередных проверок. Поскольку статистика «засорена» явными отказами, критерий (6.6) применять нельзя. Поэтому критерием корректировки является доля  $v$  приборов, вышедших за пределы допуска в течение МПИ:

$$v = \frac{n}{N} \text{ при } n \neq 0; \quad v = \frac{1}{2N-2} \text{ при } n = 0, \quad (6.13)$$

где  $N$  — количество поверенных СИ, а  $n$  — число СИ с погрешностью выше допустимой.

Продолжительность МПИ, вычисленная по формуле (7.12), не меняется, если выполняется условие

$$Q + k\gamma > v > Q - k\gamma, \quad (6.14)$$

где  $\gamma = \sqrt{\frac{Q(1-Q)}{N}}$ ;  $k$  — число проверок.

Если  $v = Q + k\gamma$ , то  $\tau_p$  следует уменьшить, а при  $v \leq Q - k\gamma$  — увеличить.

Для вычисления скорректированного значения МПИ определяют верхнюю доверительную границу

$$v_B = v + k\gamma', \quad (6.15)$$

где  $\gamma' = \sqrt{\frac{v(1-v)}{N}}$ , и верхнее значение параметра потока метрологических отказов за период  $\tau_1$  составляет

$$\lambda_B = -\frac{\ln(1-v_B)}{\tau_1}. \quad (6.16)$$

Тогда продолжительность нового МПИ можно определить как

$$\tau' = \frac{\ln(1-Q)}{\lambda_B}. \quad (6.17)$$

**Пример 6.7.** Известна вероятность безотказной работы СИ за период 2000 ч  $P(2000) = 0,95$ . Рассчитать МПИ.

*Решение.* МПИ при  $Q = 0,15$  по формуле (6.12) составит

$$\tau_p = \frac{2000 \ln(1-0,15)}{\ln 0,95} = 7 \text{ мес.}$$

Осуществим корректировку МПИ. Пусть назначен интервал  $\tau_1 = 4$  мес. После этого проверено 85 приборов, из которых один забракован по метрологическим отказам.

По формуле (6.23) определяем точечное значение вероятности метрологического отказа в интервале  $\tau_1$   $v = 1/85 = 0,0118$ . Тогда

$$\gamma = \sqrt{\frac{0,15(1-0,15)}{85}} = 0,04.$$

Проверяем соотношение (6.14) при  $k = 2$ . Поскольку  $0,0118 < 0,15 - 2 \cdot 0,04$ , то МПИ следует увеличить.

Для этого находим по равенству (6.15)

$$v_B = 0,0118 + 2\sqrt{\frac{0,0118(1-0,0118)}{85}} = 0,0352$$

и по формуле (6.16)

$$\lambda_B = -\frac{\ln(1-0,0352)}{4} = 0,09 \text{ 1/мес.}$$

Окончательно по формуле (6.17) имеем

$$\tau' = \frac{\ln(1-0,15)}{0,09} = \frac{0,162}{0,09} = 18 \text{ мес. или } \tau_{\text{МПИ}} = 20 \text{ мес.}$$

IV. При отсутствии сведений об эксплуатационной надежности СИ необходимо организовать наблюдение за  $N$  приборами в течение времени  $\tau_1$  и осуществить их поверку, а затем по формулам (6.13), (6.15)–(6.17) найти МПИ  $\tau'$ .

#### 6.6.4. Определение межповерочных интервалов при информационной избыточности

Известны два пути обеспечения надежности при эксплуатации любой системы, в том числе и измерительной: повышение и поддержание надежности каждого элемента системы и создание информационной избыточности путем аппаратного или временного резервирования.

Применительно к измерительным системам первый путь заключается в организации периодических проверок и ремонтов СИ, и с этой целью стремятся уменьшить МПИ. Однако при этом уменьшается коэффициент технического использования СИ, возрастают затраты на МО; кроме того, среди СИ, поступающих на поверку, есть заведомо исправные.

Второй путь, связанный с повышением информационной избыточности, заключается в эксплуатации СИ по схеме, приведенной на рис. 6.16, а.

Как очевидно из схемы, избыточность создается контрольными проверками в течение МПИ. Контрольная проверка состоит в том, что один и тот же параметр контролируемого объекта измеряется при помощи штатного и одного или нескольких СИ, взятых из резерва. Если результаты измерений не отличаются друг от друга, то штатное СИ считается исправным и его эксплуатация продолжается. Если результаты не совпадают, то штатное СИ заменяется резервным. Таким образом, может быть повышен МПИ штатного СИ путем введения индивидуального подхода к оценке метрологической надежности.

Анализ этой модели эксплуатации СИ проводят по временной схеме на рис. 6.16, б. Здесь МПИ от 0 до  $T$  разделен на одинаковые отрезки времени  $T_{\text{пр}}$  (циклы) контрольных проверок. Пусть число СИ, отказавших в каждом цикле, составит  $n$ , и в результате контрольной проверки они обнаруживаются с вероятностью  $P$ . Кроме того, обозначим через  $a(k)$  — число неисправных СИ в начале, а  $b(k)$  — число неисправных СИ в конце  $k$ -го цикла. Тогда число неисправных СИ, обнаруженных в конце  $k$ -го цикла, будет равно  $c(k) = Pb(k)$ , а число необнаруженных неисправных СИ составит  $d(k) = b(k) - c(k) = (1 - P)b(k)$ .

Тогда число неисправных СИ в начале  $(k+1)$ -го цикла будет

$$a(k+1) = d(k) = (1 - P)b(k), \quad (6.18)$$

а в конце  $(k+1)$ -го цикла



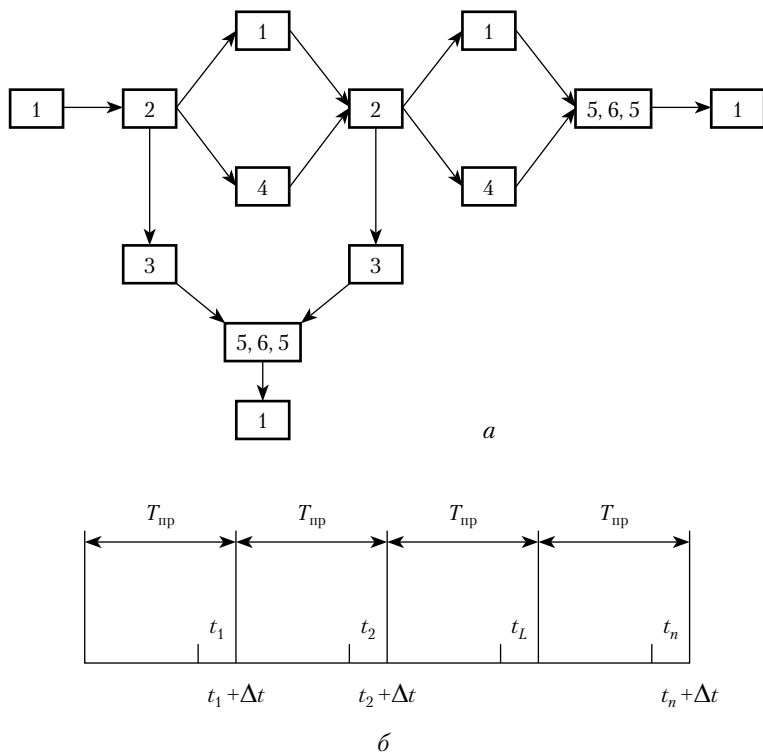


Рис. 6.16. Схемы формирования МПИ при информационной избыточности:

*a* – схема эксплуатации СИ: 1 – СИ исправно; 2 – контрольная проверка в течение МПИ; 3 – обнаруженный метрологический отказ СИ; 4 – не обнаруженный метрологический отказ СИ; 5 – поверка СИ; 6 – ремонт неисправного СИ; *б* – схема циклов контрольных проверок

$$b(k+1) = a(k+1) + n. \quad (6.19)$$

Из уравнений (6.18) и (6.19) следует

$$b(k+1) - (1-P)b(k) = n. \quad (6.20)$$

Уравнение (6.20) при заданном начальном условии  $b(1) = n$  имеет вид

$$b(k) = n \left[ 1 - (1-P)^k \right] P. \quad (6.21)$$

Если за критерий эффективности эксплуатации принять число СИ  $b_0$ , отказавших к концу  $s$ -го интервала, то допустимое число циклов  $s_0$  эксплуатации в течение МПИ можно определить, используя уравнение (6.21) и решая неравенство

$$b(s) < b_0. \quad (6.22)$$

Поскольку число циклов изменяется в интервале  $\infty > s > 1$ , то

$$b_0 \geq n > Pb_0. \quad (6.23)$$

С учетом формулы (6.21) число СИ, которые могут отказать в течение одного цикла эксплуатации,

$$n = Pb_0 / \left[ 1 - (1 - P)^s \right], \quad (6.24)$$

а число циклов эксплуатации

$$s = \ln \left( 1 - \frac{Pb_0}{n} \right) / \ln(1 - P). \quad (6.25)$$

При известном значении  $T_0$  средней наработки на отказ длительность одного цикла составит

$$T_{\text{пр}} = T_0 (n / N), \quad (6.26)$$

где  $N$  — число СИ, находящихся в эксплуатации.

Тогда длительность МПИ

$$\tau_{\text{МПИ}} = T_{\text{пр}} s = T_0 n s / N. \quad (6.27)$$

**Пример 6.8.** В эксплуатации находятся  $N = 1000$  шт. однотипных СИ, имеющих  $T_0 = 3000$  ч. Во время контрольных проверок неисправные СИ обнаруживаются с вероятностью  $P = 0,5$ . Определить МПИ при условии, что к концу этого интервала число отказавших СИ не должно превышать  $b_0 = 50$ .

*Решение.* Исходя из формулы (6.23) устанавливаем  $50 \geq n > 25$ .

Примем  $n = 26$ . Тогда по уравнению (6.25) число циклов эксплуатации составит

$$s = \ln \left( 1 - \frac{0,5 \cdot 50}{26} \right) / \ln(1,0 - 0,5) = 5.$$

По уравнению (6.26) длительность одного цикла будет

$$T_{\text{пр}} = 3000(26 / 1000) = 78 \text{ ч}$$

и по уравнению (6.27) МПИ составит

$$\tau_{\text{МПИ}} = 78 \cdot 5 = 390 \text{ ч.}$$

Для сравнения определим МПИ по методу, изложенному в 6.6.3, приняв допустимое значение вероятности безотказной работы к концу МПИ  $P_{\text{доп}} = 0,95$ .

Тогда по формуле (6.5) значение МПИ можно определить как

$$\tau_{\text{МПИ}} = -T_0 \ln P_{\text{доп}} = -3000 \cdot \ln 0,95 = 154 \text{ ч.}$$

### 6.6.5. Критерии качества и допускаемые погрешности поверки СИ

В зависимости от цели различают два вида поверки: определение поправок в конкретных точках шкалы поверяемого СИ; установление действительного значения погрешности СИ и сравнение его с допускаемым (нормированным) значением.

Во втором случае погрешность поверки рассматривается как сумма составляющих погрешностей, обусловленных погрешностями эталонного СИ, вспомогательных средств и методикой поверки. По сути этот вид поверки не отличается от контроля, так как по его результатам выносятся решения о годности поверяемого СИ.

Критерии качества поверки СИ установлены в методике МИ 187—86. Эти критерии должны указываться в НТД, регламентирующей методы и средства поверки, а также могут быть использованы при проведении метрологической экспертизы указанной НТД, при проведении метрологической ревизии или инспекционных поверок.

Для характеристики качества поверки любого негодного экземпляра СИ установлены два основных критерия;  $P_{\text{н.м}}$  — наибольшая вероятность принятия негодного экземпляра СИ (необнаруженный брак) и  $\delta_{\text{м}} = |\Delta_{\text{м}} / \Delta_{\text{п}}|$  — отношение наибольшего возможного значения  $\Delta_{\text{м}}$  погрешности СИ, признанного по результатам поверки годным, но в действительности негодного, к пределу  $\Delta_{\text{п}}$  ее допускаемых значений (наибольший выход за поле допуска).

Качество поверки совокупности годных экземпляров СИ в среднем оценивается по дополнительному критерию  $P_{\phi}$  — отношению числа годных, но забракованных СИ, к числу всех действительно годных СИ (фиктивный брак в среднем).

Если необходимо знать фиктивный брак для любого годного экземпляра СИ, то вместо критерия  $P_{\phi}$  можно ввести два критерия, аналогичные  $P_{н.м}$  и  $\delta_m$ , а именно:  $P_{\phi.м}$  — наибольшую вероятность принятия любого годного экземпляра в качестве негодного и  $\delta_n = |\Delta_n / \Delta_n|$  — отношение наименьшего возможного значения  $\Delta_n$  характеристики погрешности СИ, признанного по результатам поверки негодным, но в действительности годного, к пределу  $\Delta_n$ .

В качестве вспомогательных параметров используются:  $\beta \leq 1$  — коэффициент, характеризующий верхнюю границу (в долях  $\Delta_n$ ) зоны значений погрешности годного СИ, в которой забракование считается фиктивным браком;  $\phi = |\Delta_0 / \Delta_n|$ , где  $\Delta_0$  — погрешность образцового СИ с учетом погрешности методики поверки;  $\gamma = |\Delta_k / \Delta_n| < 1$ , где  $\Delta_k$  — контрольный допуск, более жесткий, чем  $\Delta_n$ . При этом справедливо равенство  $\delta_m = v + a$ .

Основными исходными показателями для определения допускаемой погрешности поверки служат критерии  $P_{н.м}$  и  $\delta_m$ . При обосновании значений этих критериев следует руководствоваться технико-экономическими соображениями с учетом назначения и области применения СИ, что определяется долей погрешности СИ, вносимой ими в погрешность измерений при эксплуатации. В МИ 188—86 даны следующие рекомендации:

- для СИ, погрешности которых составляют незначительную долю в общей погрешности измерений (например, СИ, работающие с первичными преобразователями (датчиками), погрешности которых в 2–5 раз превышают погрешности СИ), принимать  $P_{н.м} = 0,50$  и  $\delta_m = 1,35$ ;

- для СИ, погрешности которых соизмеримы с погрешностями остальных составляющих,  $P_{н.м} = 0,35$  и  $\delta_m = 1,25$ ;

- для СИ, погрешность которых в основном определяет погрешности измерения,  $P_{н.м} = 0,20$  и  $\delta_m = 1,15$ .

Значение  $P_{\phi}$  не должно превышать 0,3 (30%).

Взаимосвязь характеристик  $P_{н.м}$ ,  $\delta_m$ ,  $P_{\phi}$  приведена в табл. 6.5 и 6.6, справедливыми для любой МХ, на которую дается допуск в НТД.

Таблица 6.5

Таблица функции  $\delta_M$ ;  $P_{н.м} = f(\delta_M, \gamma)$ 

$a$	Значения $\gamma$ (числитель) и $\delta_M$ (знаменатель) при $P_{н.м}$							
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,50
1/10	<u>0,90</u>	<u>0,93</u>	<u>0,94</u>	<u>0,95</u>	<u>0,95 (5)</u>	<u>0,96</u>	<u>0,97</u>	<u>1,00</u>
	1,00	1,03	1,04	1,05	1,05 (5)	1,06	1,07	1,10
1/5	<u>0,80</u>	<u>0,85</u>	<u>0,88</u>	<u>0,89</u>	<u>0,91</u>	<u>0,93</u>	<u>0,94</u>	<u>1,00</u>
	1,00	1,05	1,08	1,09	1,11	1,13	1,14	1,20
1/4	<u>0,75</u>	<u>0,82</u>	<u>0,85</u>	<u>0,87</u>	<u>0,89</u>	<u>0,91</u>	<u>0,92</u>	<u>1,00</u>
	1,00	1,07	1,10	1,12	1,14	1,16	1,17	1,25
1/3	<u>0,67</u>	<u>0,76</u>	<u>0,80</u>	<u>0,82</u>	<u>0,85</u>	<u>0,88</u>	<u>0,90</u>	<u>1,00</u>
	1,00	1,09	1,13	1,15	<u>1,18</u>	1,21	1,23	1,33
1/2,5	<u>0,60</u>	<u>0,71</u>	<u>0,75</u>	<u>0,79</u>	<u>0,82</u>	<u>0,85</u>	<u>0,88</u>	<u>1,00</u>
	1,00	1,11	1,15	<u>1,19</u>	1,22	1,25	1,28	1,40
1/2	<u>0,50</u>	<u>0,64</u>	<u>0,69</u>	<u>0,74</u>	<u>0,78</u>	<u>0,81</u>	<u>0,85</u>	<u>1,00</u>
	1,00	1,14	1,19	1,24	1,28	1,31	1,35	1,50

Таблица 6.6

Таблица функции  $P_{\phi} = f(\gamma, P_{н.м})$ 

$a$								
	0,00	0,05	1,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,50
1/10	0	0	0	0	0	0	0	0
1/5	0,04	0,02	0,01	0,006	0,004	0,002	0,001	0
1/4	0,08	0,04	0,03	0,02	0,015	0,010	0,007	0
1/3	0,15	0,09	0,07	0,05	<u>0,04</u>	0,03	0,025	0,005
1/2,5	0,21	0,13	0,10	<u>0,08</u>	<u>0,07</u>	0,055	0,040	0,01
1/2	0,31	0,20	0,16	<u>0,13</u>	0,11	0,09	0,075	0,025

**Пример 6.9.** При использовании эталонного СИ для проверки конкретного прибора выполняется соотношение  $a = 1/4$ . Найти значение  $\gamma$ , чтобы обеспечить поверку с  $P_{н.м} = 0,2$  и оценить при этом  $P_{\phi}$  и максимальное значение погрешности  $\Delta_M$ .

*Решение.* По табл. 6.5 находим  $\gamma = 0,89$  и  $\Delta_M = 1,14 \Delta_{п}$ , а по табл. 6.6 —  $P_{\phi} = 0,015$  (1,5%). То есть при использовании данного эталонного СИ может быть забраковано 1,5% поступивших на поверку исправных СИ.

Если использовать более грубые эталонные СИ, например, с  $a = 1/2,5$ , то при  $P_{н.м} = 0,2$  доля такого «брака» возрастет до 0,07 (7%), а  $\Delta_m = 1,22 \Delta_n$ .

Резюмируя изложенное, можно пользоваться следующей рекомендацией: при поверке СИ должно приниматься (считаться годным), если

$$|\tilde{\Delta}| \leq \gamma \Delta_n, \quad (6.28)$$

где  $\tilde{\Delta}$  — оценка действительной погрешности СИ. Величина  $\gamma$  выбирается по табл. 6.5 (числитель) при заданных соотношениях  $a$  и  $P_{н.м}$ . Приведенные таблицы можно использовать для выбора характеристики эталонного СИ путем определения  $a$  по заданным  $P_{н.м}$ ,  $\gamma$ ,  $P_\Phi$  и  $\Delta_m$ . Расчет критериев качества приведен в МИ 641—84.

## 6.7. Калибровка средств измерений

Средства измерений, не подлежащие поверке (т.е. для которых государственный метрологический контроль и надзор не являются обязательными), для обеспечения их метрологической исправности могут подвергаться калибровке при выпуске их из производства или ремонта, при импорте, эксплуатации, прокате и продаже.

**Калибровка** — 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 (Р РСК 002—06).

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.

Принципиальное отличие калибровки от поверки состоит в следующем: **при калибровке определяются и подтверждаются действительные характеристики СИ; при поверке определяется и подтверждается соответствие СИ установленным требованиям.** Исходя из этого, результаты калибровки могут быть более информативны, чем результаты поверки. Однако на практике и поверка, и калибровка проводятся с использованием эталонов, соподчиненных государственным эталонам единиц величин, при этом для калибровки используются поверочная схема и методики поверки.

Калибровка СИ производится метрологическими службами юридических лиц с использованием **средства калибровки** — эталонов, соподчиненных государственным эталонам единиц величин. Метрологические службы должны обеспечить передачу размера единиц от государственных эталонов калибруемым средствам измерений. Результаты калибровки средств измерений удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средства измерений, или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах.

В своей структуре Ростехрегулирование для проведения калибровочных работ содержит специальный орган — **Российскую систему калибровки (РСК)** — совокупность субъектов деятельности и калибровочных работ, направленных на обеспечение единства измерений в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору.

Структура РСК приведена на рис. 6.17.

Основой РСК служат аккредитованные метрологические службы юридических лиц, обязанные соблюдать требования к выполнению и обеспечивать качество калибровочных работ, соответствовать требованиям аккредитации, проводить калибровку только по тем областям измерений, которые входят в область аккредитации, а также поверять свои эталоны в установленные сроки. Деятельность РСК регулируется правилами ПР 50.2.016—94 и ПР 50.2.017—95. К основным направлениям деятельности РСК относятся:

- регистрация органов, осуществляющих аккредитацию метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ;
- аккредитация метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ;
- калибровка средств измерений;
- инспекционный контроль за соблюдением аккредитованными метрологическими службами требований к проведению калибровочных работ — **контроль, осуществляемый уполномоченным лицом или метрологическим органом с целью установления того, что средство измерения соответствует заданным требованиям, подтвержденным при поверке.**

Основные требования к выполнению калибровочных работ устанавливаются в Руководстве по качеству организации и выполнению калибровочных работ. Оно предусматривает

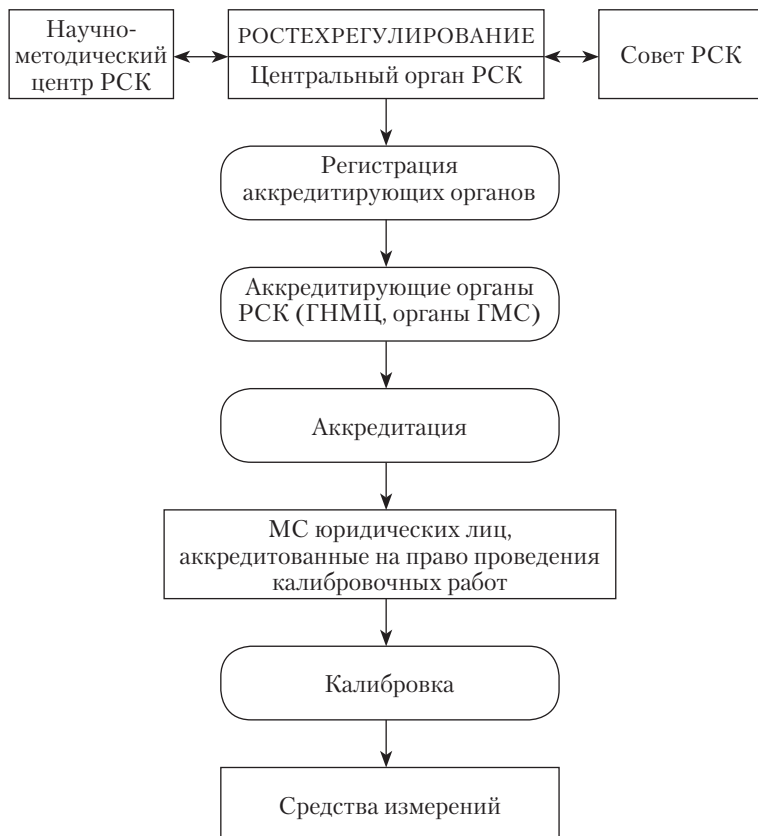


Рис. 6.17. Структура РСК

следующие разделы: политика в области качества, область деятельности, средства калибровки и документация, персонал и помещения.

Порядок выполнения калибровок СИ установлен в ПР 50.2.016—94. В соответствии с этим документом очень важно положение, что средства, применяемые для калибровки СИ (рабочие эталоны), должны быть соподчинены государственным эталонам, т.е. иметь действующие свидетельства о поверке. Существенным является и то, что при рассмотрении споров в суде, арбитражном суде, государственных органах управления РФ результаты калибровки, оформленные надлежащим образом, могут быть использованы в качестве доказательства.



Предприятие — собственник СИ само определяет номенклатуру СИ, охватываемых сферой государственного метрологического контроля и надзора. Иными словами, не все СИ, прошедшие испытания с целью утверждения типа, должны обязательно поверяться. Часть их может калиброваться без права применения в сферах ГМКиН до возобновления их поверки.

Необходимость установления межкалибровочного периода утверждает МИ 2277—93: «В процессе испытаний апробируется методика калибровки СИ. Методика должна содержать рекомендации по установлению межкалибровочного интервала». В ПР 50.2.016—94 (п. 2.8.2) указано: «Протоколы с результатами калибровки хранятся не менее срока до следующей калибровки». Однако в том же пункте написано: «Протоколы с результатами калибровки СИ, для которых не установлен срок следующей калибровки, хранятся не менее одного года». А в форме сертификата о калибровке СИ графа о сроке его действия вообще отсутствует. И наконец, РМГ 29—99 содержит термин «межповерочный интервал», но термин «межкалибровочный интервал» здесь отсутствует.

Логически непротиворечивый вывод из изложенного состоит в том, что по результатам калибровки владельцу СИ можно рекомендовать срок следующей калибровки (межкалибровочный интервал времени), если сам владелец в этом заинтересован и если для этого у калибровочной лаборатории есть основания (данные о долговременной стабильности данного конкретного экземпляра СИ). Но никакой юридической ответственности за соблюдение этого срока и за поведение СИ в течение этого срока владелец и лаборатория, выполнившие калибровку, не несут.

С 22 мая 2006 г. в рамках РСК разработаны рекомендации. Этот документ соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000 и устанавливает основные требования к построению, содержанию, порядку утверждения и регистрации, а также по оценке пригодности методик калибровки, применяемых в Российской системе калибровки.

Методика калибровки — документ, регламентирующий процедуру проведения калибровки.

Сертификат о калибровке — документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средств измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

По назначению методики калибровки подразделяются:

- на методики калибровки, предназначенные для калибровки СИ, относящихся к одной или нескольким группам СИ;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки СИ одного или нескольких типов;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки единичных экземпляров СИ.

Разработчиками методики калибровки могут быть:

- научные метрологические центры или научно-исследовательские институты, специализирующиеся на разработке новых методов и СИ в конкретных областях применения;
- изготовители (разработчики) СИ;
- пользователи СИ (клиенты калибровочной лаборатории);
- калибровочные лаборатории.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 при калибровке должны использоваться методики калибровки, которые отвечают потребностям клиентов. Преимущественно должны использоваться методики, приведенные в международных, региональных или государственных стандартах.

Основные положения по изготовлению, применению, хранению и гашению калибровочных клейм приведены в ПР РСК 002—95 «РСК. Калибровочные клейма».

Пример калибровочного клейма, используемого метрологической службой юридического лица, аккредитованной в Российской системе калибровки, приведен на рис. 6.18.

При проведении совместных работ с зарубежными странами, а также в случае выдвижения данного требования заказчиком включение раздела «Неопределенность измерений» является обязательным.

В соответствии с РМГ 43—2001 «ГСИ. Применение “Руководства по выражению неопределенности измерений”» (далее — Руководство) существует два подхода к оцениванию параметров (характеристик) точности измерений. Один подход основан на понятиях и терминах, применяемых в традиционной метрологии и используемых в национальных системах обеспечения единства измерений государств — участников Соглашения.

Таким образом, в случае необходимости раздел «Неопределенность измерений» может быть заменен разделом «Погрешность оценки метрологических характеристик средств измерений», в котором приводятся значения и (или) процедуры определения значений погрешности оценки метрологических характеристик.

1П	2	3И
4О	5К	6Б
7А	8Б	9В

№ ячейки	Условное обозначение	Расшифровка
1	2	3
1	П	Номер квартала
3	И	Индивидуальный знак калибровщика (Иванов)
4; 6	06	Последние цифры года калибровки
5	К	Знак идентификации калибровочного клейма в РСК
7; 8; 9	АБВ	Шифр калибровочного клейма в соответствии с Реестром РСК

*Рис. 6.18. Пример калибровочного клейма*

Оценка пригодности методики калибровки может быть осуществлена одним из следующих методов или их сочетанием:

- проведением калибровки с использованием эталонов или стандартных образцов с более высокими точностными характеристиками;
- сравнением результатов, полученных с помощью других признанных методик калибровки;
- межлабораторными сравнениями;
- систематическим оцениванием факторов, оказывающих влияние на результаты калибровки;
- оцениванием неопределенности результатов калибровки на основе научного осмысления теоретических принципов метода калибровки и практического опыта.

Диапазоны и точности оценок метрологических характеристик средств измерений, определенные в процессе калибровки (так же как неопределенность результатов калибровки, чувствительность и разрешающая способность средства измерений, линейность характеристики, пределы сходимости и воспроизводимости результатов измерений, устойчивость и

(или) чувствительность к внешним воздействиям и помехам и т.д.), получаемых с помощью методик калибровки, пригодность которых подтверждена как соответствующих назначению, должны удовлетворять потребностям заказчика.

Методики калибровки, оформленные в качестве самостоятельного нормативного документа и утвержденные одним из государственных научных метрологических центров, регистрируются в базе данных нормативных документов в области метрологии, ответственным за ведение которого является ФГУП ВНИИМС.

По мере продвижения вверх по поверочной схеме от рабочих мер и измерительных приборов к эталонам неизбежно сокращается число мер, различных по номинальному значению. Поэтому на некоторой ступени поверочной схемы иногда разность номинальных значений поверяемой в ближайшей к ней по разряду исходной меры превышает диапазон измерения измерительного прибора соответствующей данному разряду точности. В этих случаях поверка осуществляется способом калибровки.

**Калибровка** по сути заключается в сравнении различных мер, их сочетаний или отметок шкал в различных комбинациях и вычислении по результатам сравнений значений отдельных мер или отметок шкалы, исходя из известного значения одной из них. В результате сравнения получают систему уравнений, решив которую, находят действительные значения мер. Если число уравнений равно числу поверяемых мер, то действительные значения мер и погрешности их аттестации находят с помощью методов обработки результатов косвенных измерений. Однако для повышения точности аттестации мер стремятся увеличить число уравнений, и тогда действительные значения мер определяют по схеме обработки результатов совокупных измерений.

**Пример 6.10.** Граммовые наборы ГН1 и ГН2, состоящие из гирь массой 500, 200, 200\*, 100, 50, 20, 20\*, 10, 5, 2, 2\*, 1 г (звездочкой отмечены вторые гири набора того же номинала), сличают с рабочим эталоном массой в 1 кг по следующей схеме:

а) рабочий эталон  $1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$  сличают одним из методов точного взвешивания на весах 1-го разряда повышенной точности с гирями массой 500, 200, 200\*, 100 г:

$$1000 - (500 + 200 + 200^* + 100) = a_1,$$

где  $a_1$  – разность между массой рабочего эталона и массой суммы гирь;

б) гири 500 г набора сличают с суммой гирь массой 200, 200\* и 100 г, в результате чего получают уравнение

$$500 - (200 + 200^* + 100) = a_2,$$

где  $a_2$  — результат второго сличения;

в) аналогично проводят остальные сличения и получают уравнения:

$$200 - (100 + 50 + 20 + 20^* + 10) = a_4; 100 - (50 + 20 + 20^* + 10) = a_5;$$

$$50 - (20 + 20^* + 10) = a_6;$$

$$20 - (10 + 5 + 2 + 2^* + 1) = a_7; 20 - (10 + 5 + 2 + 2^* + 1) = a_8;$$

$$10 - (5 + 2 + 2^* + 1) = a_9;$$

$$5 - (2 + 2^* + 1) = a_{10}; 2 - (1 + 1^*) = a_{11}; 2 - (1 + 1^*) = a_{12}; 1 - 1^* = a_{13}.$$

В результате 13 проведенных сличений получили систему из 13 уравнений с 13 неизвестными. Решив эту систему, найдем действительные значения масс гирь набора. Погрешности определения действительных значений могут быть вычислены способами обработки результатов косвенных измерений.

Система калибровки действует на основе ряда установленных документов, в частности правил: ПР 50.2.017—95 ГСИ «Положение о Российской системе калибровки»; ПР 50.2.016—94 ГСИ «Требования к выполнению калибровочных работ»; ПР 50.2.018—95 ГСИ «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ»; ПР РСК 001—95 РСК «Типовое положение о калибровочной лаборатории»; ПР РСК 002—95 РСК «Калибровочные клейма».

## 6.8. Сопоставление операций поверки и калибровки

Из фундаментальных назначений операций поверки и калибровки следует, что они — часть системы МО производства в сфере передачи размера величины.

Калибровка как процедура прямого сравнения с эталоном в рамках концепции погрешности является фактически разновидностью поверки. Это объясняется тем, что эталоны, с которыми производится сравнение, сами хранят не истин-

ное, а действительное значение, характеризуемое интервалом возможных погрешностей.

Стоит отметить, что определения в Законе тесно связанных терминов «**поверка**» и «**калибровка**», за исключением некоторых несущественных особенностей, почти совпадают по смыслу: это совокупность одних и тех же операций. Различие по существу заключается лишь в том, находятся ли испытываемые СИ в сфере государственного метрологического контроля и надзора или нет и кем выполняются соответствующие операции. На первое место выходит, следовательно, юридическая сторона и с точки зрения законодательной метрологии.

В сфере законодательной метрологии находится законодательный метрологический контроль, включающий законодательный контроль средств измерений (утверждение типа, поверка, инспекция, маркировка и т.д.), метрологический надзор (правильность применения, соблюдение законодательства и метрологических правил, правильность фасовки и т.д.) и метрологическую экспертизу. Подробно это изложено в Международном документе МД 9 МОЗМ. Поэтому поверка — это прерогатива службы законодательной метрологии, а свидетельство о поверке — один из документов законодательной метрологии. В то же время Международный документ МД 16 МОЗМ четко фиксирует, что исследования (калибровка для поверочных целей) могут быть выполнены квалифицированными и уполномоченными независимыми службами измерений, производителями средств измерений и даже фирмами, осуществляющими ремонт средств измерений. Эта ситуация наблюдается практически во всех странах.

В стандарте ИСО 10012 указано, что после проведения калибровки проводится операция, называемая обычно поверкой, — оценка соответствия действительных метрологических характеристик средства измерений, полученных в результате калибровки, заданным обязательным требованиям. Формально это и есть поверка, которая может выполняться только компетентным государственным органом.

Почти во всех странах мира, где превалирует концепция привязки к эталонам или прослеживаемости результата измерений посредством непрерывной цепи сличений, имеющих установленные неопределенности, калибровка как процедура предшествует поверке. Уже сегодня при определенных условиях и соответствующем оформле-

нии калибровку, выполненную изготовителем, признают в качестве первичной поверки. В частности, МОЗМ принят документ МД27 «Первичная поверка средств измерений с использованием системы менеджмента качества изготовителя». В американском национальном стандарте по калибровке поверка определяется как «доказательство посредством калибровки, что заданные требования выполняются», а определение калибровки дается как «совокупность операций, устанавливающих при известных условиях соотношение между значениями, показываемыми средством измерений или измерительной системой и соответствующего эталона или известными значениями, полученными от эталона». Как видно, это определение практически совпадает с определением калибровки в документе РМГ 29. Такой подход становится глобальным. Ясно, что за счет использования органами государственной метрологической службы результатов калибровок, полученных в должным образом аккредитованных калибровочных лабораториях, возникают дополнительные возможности для оформления свидетельства о поверке. Можно резко увеличить количество действительно поверяемых средств измерений, особенно в областях, не охваченных государственными органами, но требующими поверки используемых средств измерений. Можно повысить эффективность поверочных подразделений органов ГМС путем концентрации калибровочных возможностей на конкретных видах измерений для конкретных типов средств измерений, так как отпадает необходимость «держат» полную базу поверочных средств в ЦСМ, учитывая калибровочные возможности региона. Не следует при этом сбрасывать со счетов развитие калибровочных работ и поднятие их общей культуры, так как потребуются практическое внедрение концепции неопределенности измерений и концепции прослеживаемости, которые обеспечат развитие Российской системы измерений, ее гармонизацию с мировым сообществом и возможность вхождения Российской системы калибровки в ИЛАК.

Сегодня многие метрологи предлагают отойти от «поверки» эталонов, так как во всем мире эталоны калибруются, а национальные эталоны аттестуются после длительных исследований, официально утверждаются, а затем сличаются с себе подобными эталоны на международном уровне. Остальные эталоны (вторичные, рабочие) калибруются по национальным эталонам и характеризуются своей неопределенностью.

Испытания с целью утверждения типа и сама калибровка не являются процедурами оценки соответствия. На 22-й Генеральной конференции по мерам и весам была принята специальная Резолюция, что калибровка не является деятельностью по оценке соответствия, чтобы не усугубить путаницы, введенной ИСО и ИЛАК стандартами серии 17000. Действительно, ни сами испытания, ни процедуры калибровки не ведут к определению степени выполнения соответствующих требований, а только устанавливают действительные характеристики СИ.

Схема правовых аспектов поверки и калибровки приведена на рис. 6.19.

Сравнительные метрологические аспекты поверки и калибровки представлены в табл. 6.7.

## 6.9. Регулировка и градуировка средств измерений

Используя методы теории точности, всегда можно найти такие допуски на параметры элементов измерительного прибора, соблюдение которых гарантировало бы и без регулировки получение их с погрешностями, меньшими допустимых пределов. Однако во многих случаях эти допуски оказываются настолько малы, что изготовление прибора с заданными пределами допускаемых погрешностей становится технологически неосуществимым. Выйти из положения можно двумя путями: во-первых, расширить допуски на параметры некоторых элементов приборов и ввести в его конструкцию дополнительные регулировочные узлы, способные компенсировать влияние отклонений этих параметров от их номинальных значений, а во-вторых, осуществить специальную градуировку измерительного прибора.

В большинстве случаев в измерительном приборе можно найти или предусмотреть такие элементы, вариация параметров которых наиболее заметно сказывается на его систематической погрешности, главным образом погрешности схемы, аддитивной и мультипликативной погрешностях.

В общем случае в конструкции измерительного прибора должны быть предусмотрены два регулировочных узла: регулировка нуля и регулировка чувствительности. **Регулировкой нуля** уменьшают влияние аддитивной погрешности, постоянной для каждой точки шкалы, а **регулировкой чувстви-**



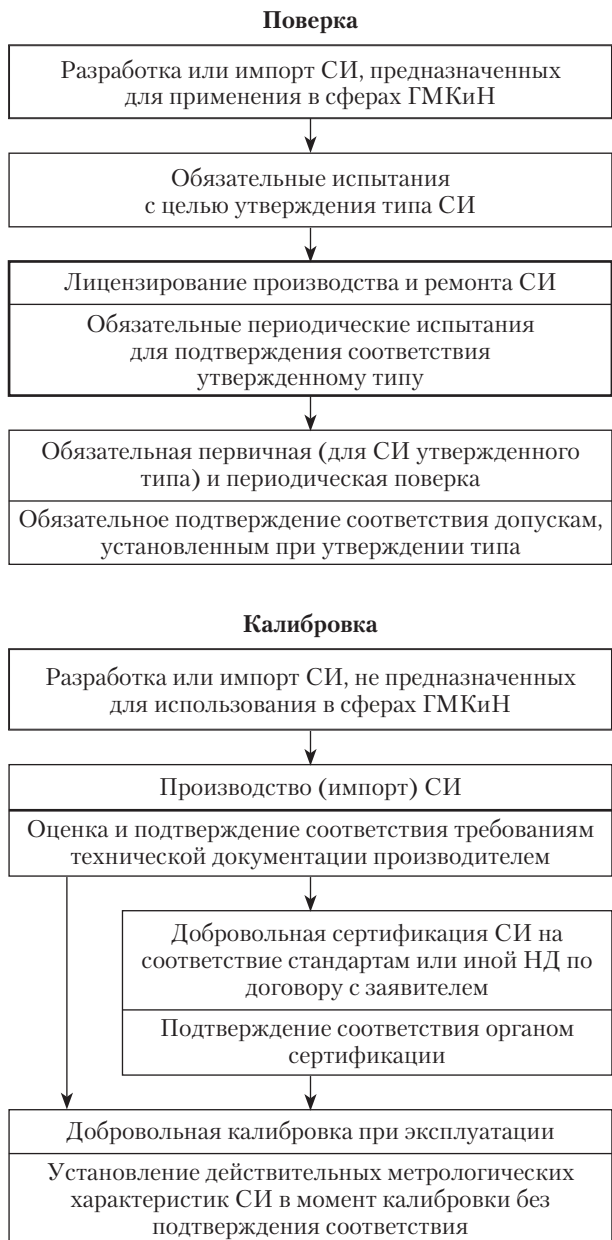


Рис. 6.19. Схема правовых аспектов поверки и калибровки

Таблица 6.7

## Метрологические аспекты поверки и калибровки

Вид процедуры	Вид средств измерений			градуируемое при поверке или калибровке СИ
	мера (М)	измерительный преобразователь (ИП)	измерительный прибор (П)	
<i>Измерительный эксперимент</i>				
При поверке	Определение действительного значения меры сравнением с эталонной мерой	Определение действительной функции преобразования П путем измерений с использованием эталонов	Сравнение показаний прибора с показаниями эталона	Определение градуировочной характеристики с помощью эталонных средств
При калибровке				
<i>Результат измерительного эксперимента</i>				
При поверке	Погрешность М (разность между номинальным и действительным значением М), измеренная с расширенной неопределенностью $U$	Погрешность ИП (разность между номинальными и действительными значениями функции преобразования ИП), измеренная с расширенной неопределенностью $U$	Погрешность П (разность показаний П и эталона), измеренная с расширенной неопределенностью $U$	Значения градуировочной характеристики СИ, измеренные с расширенными неопределенностями $U$
При калибровке	Действительное значение М с расширенной неопределенностью измерения его	Действительные значения функции преобразования с расширенной неопределенностью измерения их	Значения поправок к показаниям прибора и расширенные неопределенности измерения этих поправок	Значения градуировочной характеристики СИ и расширенные неопределенности измерения этих значений

Окончание табл. 6.7

Вид процедуры	Вид средств измерений		градуируемое при поверке или калибровке СИ
	мера (М)	измерительный преобразователь (ИП)	
<i>Оценка соответствия</i>			
При поверке	Погрешность СИ с учетом $U$ не выходит за установленные пределы допускаемой погрешности		Нестабильность СИ за межповерочный интервал (разности значений предыдущей и настоящей градуировочных характеристик) не выходит за установленные пределы с учетом неопределенности обеих градуировок
При калибровке	Оценка соответствия не проводится		
<i>Оформление результатов</i>			
При поверке	Подтверждение соответствия оформлением <b>свидетельства о поверке</b> , подтверждающим прогнозируемое на межповерочный интервал соответствие СИ требованиям по пределам погрешностей (по нестабильности градуировочной характеристики для градуируемых СИ)		
При калибровке	Оформление <b>сертификата калибровки</b> , не являющегося документом обязательного подтверждения соответствия (см. резолюцию 11 XXII ГКМВ, 2003 г.)		

**тельности** уменьшают мультипликативные погрешности, меняющиеся линейно с изменением измеряемой величины. При правильной регулировке нуля и чувствительности уменьшается влияние погрешности схемы прибора. Кроме того, некоторые приборы снабжаются устройствами для регулировки погрешности схемы.

После регулировки нуля, т.е. устранения аддитивной погрешности, систематическая погрешность обращается в нуль на нижнем пределе измерения, а в диапазоне измерения принимает значения, являющиеся случайной функцией  $\Delta_c(x)$  измеряемой величины.

Более высокими метрологическими характеристиками обладают измерительные приборы, имеющие узел регулировки чувствительности. Наличие такой регулировки позволяет поворачивать статическую характеристику, что открывает большие возможности для снижения погрешности схемы и, главным образом, мультипликативной погрешности. Так, одновременной регулировкой нуля и чувствительности можно свести систематическую погрешность к нулю сразу в нескольких точках шкалы прибора. От правильности выбора таких точек зависят значения оставшихся после регулировки систематических погрешностей в других точках шкалы.

Теория регулирования должна дать ответ на вопрос, какие точки шкалы следует выбрать в качестве точек регулировки. Однако общего решения этой задачи еще не найдено. Трудность решения усугубляется тем, что положение этих точек на шкале определяется не только схемой и конструкцией приборов, но и технологией изготовления их элементов и узлов.

На практике в качестве точек регулирования принимают начальное и конечное, среднее и конечное или начальное, среднее и конечное значения измеряемой величины в диапазоне измерения. При этом значения систематической погрешности близки к минимально возможным, поскольку в действительности точки регулировки часто располагаются близко к началу, середине или концу шкалы.

Таким образом, под **регулировкой** средств измерения понимается совокупность операций, имеющих целью уменьшить основную погрешность до значений, соответствующих пределам ее допускаемых значений путем компенсации систематической составляющей погрешности средств измерений, т.е. погрешности схемы, мультипликативной и аддитивной погрешностей.

**Градуировкой** называется процесс нанесения отметок на шкалы средств измерений, а также определение значений измеряемой величины, соответствующих уже нанесенным отметкам для составления градуировочных кривых или таблиц. **Градуировочная характеристика** — зависимость между значениями величин на входе и выходе СИ, полученная экспериментально. Различают следующие способы градуировки.

1. *Использование типовых шкал.* Для подавляющего большинства рабочих и многих образцовых приборов используют типовые шкалы, которые изготавливаются заранее в соответствии с уравнением статической характеристики идеального прибора. Если статическая характеристика линейна, то шкала оказывается равномерной. При регулировке параметрам элементов прибора экспериментально придают такие значения, при которых погрешность в точках регулировки становится равной нулю.

2. *Индивидуальная градуировка шкал.* Индивидуальную градуировку шкал осуществляют в тех случаях, когда статическая характеристика прибора нелинейна или близка к линейной, но характер изменения систематической погрешности в диапазоне измерения случайным образом меняется от прибора к прибору данного типа (например, вследствие разброса нелинейности характеристик чувствительного элемента) так, что регулировка не позволяет уменьшить основную погрешность до пределов ее допускаемых значений. Индивидуальную градуировку проводят в следующем порядке.

На предварительно отрегулированном приборе устанавливают циферблат с еще не нанесенными отметками. К измерительному прибору подводят последовательно измеряемые величины нескольких наперед заданных или выбранных значений. На циферблате наносят отметки, соответствующие положениям указателя при этих значениях измеряемой величины, а расстояния между отметками делят на равные части.

При индивидуальной градуировке систематическая погрешность уменьшается во всем диапазоне измерения, а в точках, полученных при градуировке, она достигает значения, равного погрешности обратного хода.

3. *Градуировка условной шкалы.* Условной называется шкала, снабженная некоторыми условными равномерно нанесенными делениями, например, через миллиметр или

угловой градус. Градуировка шкалы состоит в определении при помощи образцовых мер или измерительных приборов значений измеряемой величины. В результате определяют зависимость числа делений шкалы, пройденных указателем, от значений измеряемой величины. Эту зависимость представляют в виде таблицы или графика. Если необходимо избавиться и от погрешности обратного хода, градуировку осуществляют раздельно при прямом и обратном ходе.

Если результаты поверки или калибровки перед любой юстировкой или ремонтом указывали на опасность появления значительных погрешностей в измерениях, произведенных с помощью этого оборудования, эксплуатирующая организация должна принять необходимые меры по устранению причин возникновения выявленных погрешностей. Необходимо отметить, что нередко практикуется схема, при которой ремонт и юстировка осуществляются до проведения каждой периодической поверки. В ряде случаев такой подход оказывается менее затратным, чем поверка, ремонт и снова поверка.

### **6.10. Оптимизация модели метрологического обслуживания и обменного фонда СИ**

Поддержание требуемых значений показателей качества функционирования СИ в эксплуатации достигается оптимизацией организации их обслуживания, т.е. выбором определенной программы профилактических и восстановительных работ стратегии метрологического обслуживания.

Метрологическое обслуживание СИ включает в основном операции поверки и ремонта СИ, выполняемые либо раздельно поверочными и ремонтными службами, либо совместным поверочно-ремонтным органом (ПРО).

Как правило, 66% стоимости содержания ПРО составляют расходы на поверку и ремонт СИ. В том числе стоимость основных фондов ПРО находится на уровне 43%, а содержания специалистов — 32%.

Поверка и ремонт СИ могут осуществляться как на самом предприятии, эксплуатирующем эти СИ, так и на специализированных ведомственных или государственных ПРО. В любом случае предпочтение того или иного вида ПРО должно быть экономически обосновано.

При организации МС должно предусматриваться рациональное сочетание деятельности территориальных органов Ростехрегулирования и ведомственных МС. Основным звеном отраслевой системы МО является МС предприятия, силами которой осуществляются поверка и ремонт рабочих СИ. К ним относятся СИ, поверка которых не требует образцовых приборов высших разрядов и длительное изъятие которых из сферы эксплуатации нецелесообразно.

Проведение поверочно-ремонтных работ силами предприятия, как правило, менее продолжительно и не связано с транспортировкой их в органы Ростехрегулирования. Однако недостаточная загруженность поверочно-ремонтного оборудования из-за ограниченного парка рабочих СИ на предприятии может привести к увеличению затрат на оборудование в смете расходов на метрологическое обслуживание СИ. Поэтому при организации метрологического обслуживания должны учитываться и экономические аспекты.

Для проведения сравнительного экономического анализа предположим, что предприятие располагает  $n_{\text{ц}}$  однотипными СИ, которые имеют одинаковую среднюю продолжительность использования между очередными поверками  $t_{\text{ц}}$ , и средние продолжительности поверок соответственно составляют: на предприятии собственными силами  $t_{\text{п.с}}$ ; при использовании передвижных средств поверки, доставляемых к месту эксплуатации СИ, —  $t_{\text{п.д}}$ ; при централизованном обслуживании государственными или ведомственными органами с транспортировкой СИ на эти пункты —  $t_{\text{п.ц}}$ . Качество поверки предположим одинаковым во всех трех случаях. Размер партии СИ, отправляемой на централизованное обслуживание, —  $l_{\text{ц}}$ , а обслуживаемой на месте —  $l_{\text{д}}$ .

Тогда при централизованном обслуживании в поверочном пункте общее количество СИ, отвлекаемых из производства, будет

$$n_{\text{ц}} = n_{\text{п.ц}} + n_{\text{T}} + l_{\text{ц}}, \quad (6.29)$$

где  $n_{\text{п.ц}} = n_{\text{ц}} t_{\text{п.ц}} / t_{\text{ц}}$  — количество СИ, находящихся в централизованной поверке;  $n_{\text{T}} = n_{\text{ц}} t_{\text{T}} / t_{\text{ц}}$  — количество СИ, находящихся в процессе транспортировки;  $t_{\text{T}}$  — средняя продолжительность транспортировки СИ к поверочному пункту и обратно.

Или

$$n_{ц} = \frac{n_{и}}{t_{и}} \left( t_{п.ц} + t_T + \frac{l_{и}}{n_{и}} t_{и} \right). \quad (6.30)$$

Соответственно, при обслуживании СИ подвижными средствами и собственными средствами

$$n_{д} = \frac{n_{и}}{t_{и}} \left( t_{п.д} + \frac{l_{д}}{n_{и}} t_{и} \right)$$

и

$$n_{с} = n_{п.с} = \frac{n_{и}}{t_{и}} t_{п.с}.$$

Располагая значениями этих величин и рассматривая СИ, изъятые для поверки, как бездействующие, можно получить выражения для подсчета общих затрат и потерь предприятия в сумму времени, связанную с различными схемами проведения поверок:

$$Q_{ц} = \frac{n_{и}}{t_{и}} \left[ q_{п.ц} t_{п.ц} + q_T t_T + \left( q_{\delta} + \frac{Q_{СИ}}{T_{СИ}} \right) \left( t_{п.ц} + t_T + \frac{l_{и}}{n_{и}} t_{и} \right) \right];$$

$$Q_{д} = \frac{n_{и}}{t_{и}} \left[ q_{п.д} t_{п.д} + \left( q_{\delta} + \frac{Q_{СИ}}{T_{СИ}} \right) \left( t_{п.д} + \frac{l_{д}}{n_{и}} t_{и} \right) \right];$$

$$Q_{с} = \frac{n_{и}}{t_{и}} t_{п.с} \left( q_{\delta} + \frac{Q_{СИ}}{T_{СИ}} \right) + N \left( \frac{Q_{с.п}}{T_{с.п}} + P_{с.п} \right),$$

где  $q_{п.ц}$ ,  $q_{п.д}$  — стоимость поверки при централизованном обслуживании и при использовании передвижных средств;  $q_{\delta}$  — потери от бездействия одного СИ в единицу времени;  $q_T$  — затраты на транспортировку;  $Q_{СИ}$  — стоимость одного СИ;  $T_{СИ}$  и  $T_{с.п}$  — средний срок службы до списания поверяемого и эталонного СИ;  $Q_{с.п}$  — капитальные вложения на одно эталонное средство поверки за вычетом его остаточной стоимости после изъятия;  $P_{с.п}$  — средние эксплуатационные расходы на одно средство поверки в единицу времени.



При этом число средств поверки составляет

$$N = N_d + N_n + N_p,$$

где  $N_d$  — количество действующих средств поверки;  $N_n$  и  $N_p$  — количество средств поверки, находящихся соответственно в поверке и ремонте, так как сами эталонные СИ также должны поверяться и ремонтироваться.

Сравнивая расчетные значения  $Q_n$ ,  $Q_d$  и  $Q_c$ , минимальное из них принимают в качестве оптимального для схемы организации поверочных работ.

При координации деятельности поверочного и ремонтного подразделений необходимо учитывать следующее. Поскольку после ремонта СИ вновь должны подвергаться поверке, то необходимо делать совместный анализ потоков СИ, поступающих на поверку и ремонт. С целью сокращения времени изъятия СИ из производственного цикла и оптимизации загрузки поверочно-ремонтных участков поток заявок на поверку с интенсивностью  $\lambda(t)$  и на ремонт  $\omega(t)$  можно рассматривать как систему массового обслуживания с интенсивностью обслуживания при поверке  $\mu_n$ , а при ремонте —  $\mu_p$ . Доля бракуемых СИ при поверке составляет  $z$ . Возможные переходы СИ внутри этой системы приведены на рис. 6.17.

Для определения количественных зависимостей между параметрами входящего потока и характеристиками обслуживания заявок в системе составляют дифференциальные уравнения, где индексы при вероятностях соответствуют состояниям на рис. 6.20.

$$\frac{dP_{OO}}{dt} = -(\lambda + \omega)P_{OO} + \mu_n(1-r)P_{IO};$$

$$\frac{dP_{OP}}{dt} = \omega P_{OO} + \mu_n r P_{IO} + \mu_n P_{IP} - (\mu_p + \lambda) P_{OP};$$

$$\frac{dP_{IO}}{dt} = \lambda P_{OO} + \mu_p (P_{IO} + P_{IP}) - (\mu_n + \omega) P_{IO};$$

$$\frac{dP_{IP}}{dt} = -(\mu_n + \mu_p) P_{IP} + \omega P_{IO} + \lambda P_{OP};$$

$$P_{OO} + P_{OP} + P_{IO} + P_{IP} = 1.$$

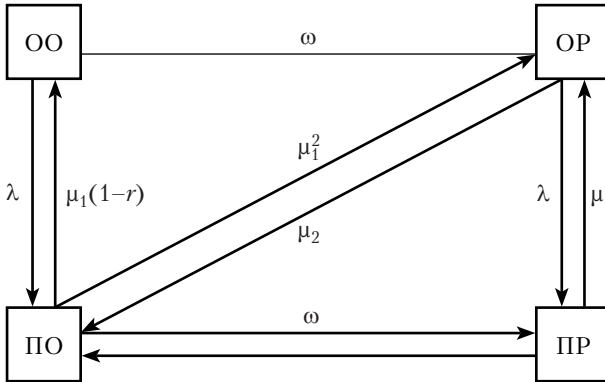


Рис. 6.20. Схема циркуляции СИ в эксплуатации:

ОО – поверочное и ремонтное подразделения свободны; ОР – занято только ремонтное подразделение; ПО – занято только поверочное подразделение; ПР – заняты оба подразделения

Приравняв к нулю левые части этих уравнений, находят вероятности состояний:

$$P_{OO} = \frac{\mu_n \mu_p (1-r)}{\mu_n \mu_p (1-r) + \mu_n (\omega + \lambda r) + (\mu_p + \omega)(\lambda + \omega)}; \quad (6.31)$$

$$P_{OP} = \frac{\omega(\lambda + \omega) + (\mu_n + \mu_p)(\omega + \lambda r)P_{OO}}{\mu_p (1-r)(\mu_n + \mu_p + \lambda)}; \quad (6.32)$$

$$P_{PO} = \frac{\lambda + \omega}{\mu_n (1-r)} P_{OO}; \quad (6.33)$$

$$P_{PP} = \frac{\omega P_{PO} + \lambda P_{OP}}{\mu_n + \mu_p}. \quad (6.34)$$

Если в качестве критерия принято предельно допустимое значение вероятности простоя системы

$$P_{OO} \leq P_d, \quad (6.35)$$

то можно определить выражение для производительности поверочного подразделения из уравнения (6.31):

$$\mu_{\Pi} \leq \frac{(\lambda + \omega)(\mu_p + \omega)P_d}{\mu_p(1-r)(1-P_d) - (\omega + \lambda r)P_d}. \quad (6.36)$$

Из формулы (6.36) следует, что вещественные значения  $\mu_{\Pi}$  имеют место не при любых значениях  $\mu_p$  производительности ремонтного подразделения, а лишь при

$$\mu_p > \frac{(\omega + \lambda r)P_d}{(1-r)(1-P_d)}. \quad (6.37)$$

**Пример 6.11.** Определить требуемые значения производительностей  $\mu_p$  и  $\mu_{\Pi}$ , если вероятность простоя системы  $P_d \leq 0,05$ , а интенсивность входящих потоков  $\lambda = 4,5$  СИ/сутки при  $r = 0,1$ .

*Решение.* По уравнению (6.32)

$$\mu_p = \frac{(3,2 + 4,5 \cdot 0,1) \cdot 0,05}{(1,0 - 0,1)(1,00 - 0,05)} = 0,21;$$

этому значению соответствует, например, ряд  $\mu_p = 0,3; 0,5; 1,0$ . Тогда по формуле (6.36) этому ряду  $\mu_p$  соответствует ряд  $\mu_{\Pi} = 18,2; 5,8; 2,4$ .

*Примечание.* Вследствие ошибок I и II рода на поверочных операциях (при идеальном ремонте) также возможно забракование годных и пропуск негодных СИ. Тогда система массового обслуживания и соответствующие формулы (6.31–6.37) усложняются, так как появляются новые состояния – СИ, забракованные при проверке, но годные; СИ со скрытым браком, направленные в эксплуатацию. Расчетные формулы для этих ситуаций приведены в работе [37].

Приведенные расчеты не учитывают экономических показателей работы ПРО. Очевидно, необходимо стремиться, чтобы сумма приведенных потерь  $\Pi_1$  из-за простоев ПРО по причине отсутствия СИ была минимальна, используя при этом формулу

$$\Pi_1 = C_1 P_{00} = C_1 \left( 1 - \frac{\lambda_{\text{вх}}}{\mu} \right) \rightarrow \min, \quad (6.38)$$

где  $C_1$  – расходы на содержание ПРО в единицу времени;  $\lambda_{\text{вх}}$  – интенсивность входного потока ПРО ( $\lambda_{\text{вх}} = \lambda_{\text{вх}} + \omega$ ). Если рассматриваются отдельно подразделения проверки и ремонта, то  $\lambda_{\text{вх}} = \lambda$  или  $\lambda_{\text{вх}} = \omega$ ;  $\mu$  – интенсивность обслу-

живания. По аналогии с предыдущим, в целом для ПРО  $\mu = \mu_n + \mu_p$ ; в отдельности —  $\mu = \mu_n$  или  $\mu = \mu_p$ .

С другой стороны, потери  $\Pi_2$  из-за простоев СИ в очереди также должны быть минимальны

$$\Pi_2 = C_2 N = C_2 \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^2 \frac{1}{1 - (\lambda/\mu)} \rightarrow \min, \quad (6.39)$$

где  $C_2$  — средние потери из-за простоя одного СИ в очереди в единицу времени;  $N$  — число СИ, находящихся в очереди.

Тогда сумма  $\Pi_\Sigma = \Pi_1 + \Pi_2$  также должна быть минимальна. Дифференцируя ее и приравняв к нулю, получим формулу для оптимального коэффициента загрузки ПРО:

$$\rho_{\text{опт}} = \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}}.$$

Обменный фонд — это разновидность резерва СИ, применяемого для замены рабочих СИ при выходе их из строя или направлении на поверку. Очевидно, этот фонд должен быть оптимальным, поскольку излишний резерв СИ связан с удорожанием основных фондов предприятия и требует увеличения мощности поверочных органов: резервные СИ также должны проходить периодические поверки.

В качестве критерия эффективности обменного фонда предлагается отношение показателя  $P_{\Gamma_3}$  готовности СИ при наличии обменного фонда к показателю  $P_\Gamma$  готовности при отсутствии этого фонда:

$$\eta = P_{\Gamma_3} / P_\Gamma. \quad (6.40)$$

Здесь  $P_\Gamma$  — вероятность нахождения на местах их применения поверенных и признанных годными рабочих СИ;

$$P_{\Gamma_3} = P_{\Gamma_1} + P_3, \quad (6.41)$$

где  $P_{\Gamma_1}$  и  $P_3$  — вероятности нахождения поверенных СИ и признанных годными на местах их применения и в обменном фонде.

Для оценки  $\eta$  следует рассмотреть две модели эксплуатации СИ.

**Модель I.** Рабочие СИ находятся на местах эксплуатации (машинах, станках и т.п.), периодически подвергаются поверке, по результатам которой либо возвращаются на места

применения, либо направляются в ремонт. После ремонта они вновь поверяются и направляются на рабочие места.

Графически эта модель представлена на рис. 6.21, а. Здесь Г, П и Р — состояния готовности, поверки и ремонта СИ;  $\lambda$  и  $\omega$  — интенсивность направления СИ на поверку и в ремонт;  $\mu_1$  и  $\mu_2$  — производительность (производственная мощность) поверочных и ремонтных органов;  $r$  — доля СИ, бракуемых при поверке.

Эти состояния описываются системой дифференциальных уравнений:

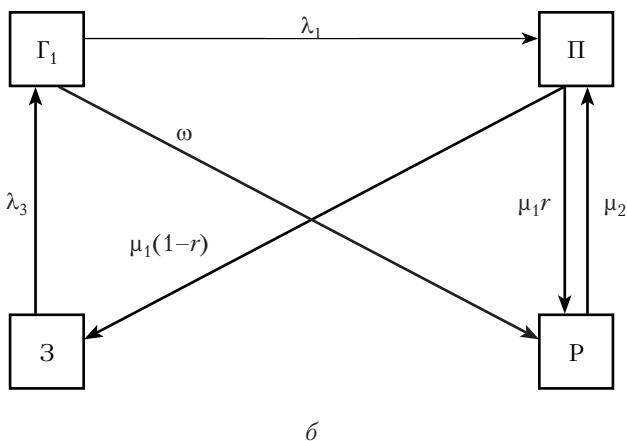
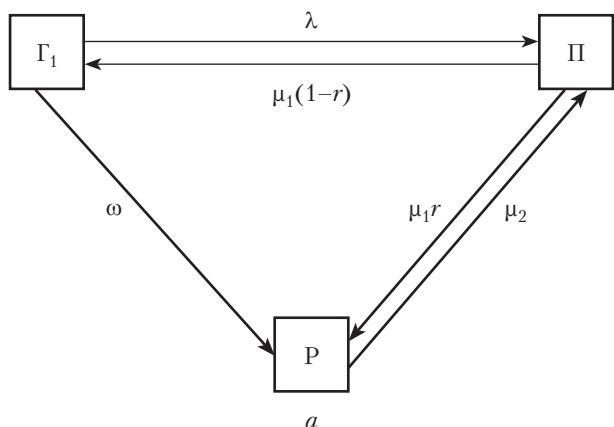


Рис. 6.21. Модели эксплуатации СИ с обменным фондом

$$\begin{cases} \frac{dP_{\Gamma}}{dt} = -(\lambda + \omega)P_{\Gamma} + \mu_1(1-r)P_{\Pi}; \\ \frac{dP_{\Pi}}{dt} = -\mu_1P_{\Pi} + \lambda P_{\Gamma} + \mu_2P_{\text{P}}; \\ P_{\Pi} + P_{\Gamma} + P_{\text{P}} = 1, \end{cases} \quad (6.42)$$

где  $P_{\Gamma}, P_{\Pi}, P_{\text{P}}$  — вероятность нахождения СИ в состоянии соответственно готовности, поверки и ремонта.

Решение (6.42) имеет вид

$$\begin{cases} P_{\Gamma} = \frac{\mu_1\mu_2(1-r)}{\mu_1\mu_2(1-r) + \mu_1(\lambda r + \omega) + \mu_2(\lambda + \omega)}, \\ P_{\Pi} = \frac{(\omega + \lambda)\mu_2}{\mu_1\mu_2(1-r) + \mu_2(\lambda r + \omega) + \mu_2(\lambda + \omega)}, \\ P_{\text{P}} = \frac{\mu_1(\lambda r + \omega)}{\mu_1\mu_2(1-r) + \mu_2(\lambda r + \omega) + \mu_2(\lambda + \omega)}. \end{cases} \quad (6.43)$$

**Модель II.** СИ направляются на поверку с интенсивностью  $\lambda$  или в ремонт с интенсивностью  $\omega$ . Взамен убывших СИ из обменного фонда поставляются резервные СИ с интенсивностью  $\lambda_3$ . Поверенные и признанные годными СИ направляются на восполнение обменного фонда (состояние З), а признанные негодными направляются в ремонт (состояние Р). Отремонтированные СИ поверяют и направляют в обменный фонд (рис. 6.21, б).

Тогда система уравнений, описывающих эту модель, будет отличаться от системы (6.42):

$$\begin{cases} \frac{dP_{\Gamma}}{dt} = -(\lambda + \omega)P_{\Gamma} + \lambda_3P_{\text{З}}, \\ \frac{dP_{\Pi}}{dt} = -\mu_1P_{\Pi} + \lambda P_{\Gamma} + \mu_2P_{\text{P}}, \\ \frac{dP_{\text{P}}}{dt} = -\mu_2P_{\text{P}} + \omega P_{\Gamma} + \mu_1P_{\Pi}, \\ P_{\Gamma} + P_{\Pi} + P_{\text{P}} + P_{\text{З}} = 1. \end{cases} \quad (6.44)$$

Решая уравнение (6.44) относительно  $P_{\Gamma_3}$  с учетом формул (6.43) и (7.40), получим (6.44)

$$\eta = \frac{(\lambda_3 + \lambda + \omega) [(\lambda + \omega)(\mu_1 + \mu_2) + \mu_1(1-r)(\mu_2 - \lambda)]}{(\lambda_3 + \lambda + \omega)\mu_1\mu_2(1-r) + \lambda_3 [\mu_1(\lambda r + \omega) + \mu_2(\lambda + \omega)]}$$

Очевидно, целесообразность наличия обменного фонда соответствует  $\eta > 1$ .

## 6.11. Метрологическая аттестация СИ и испытательного оборудования

**Метрологическая аттестация** — признание средства измерений (испытаний) узаконенным для применения на основании тщательных исследований метрологических свойств этого средства. При аттестации обязательно указываются метрологическое назначение и метрологические характеристики СИ.

Метрологической аттестации подвергаются СИ, не подлежащие государственным испытаниям или утверждению типа органами Государственной метрологической службы, а также опытные образцы СИ, измерительные приборы, выпускаемые или импортируемые в единичных экземплярах или мелкими партиями, измерительные системы и их каналы.

Основными задачами метрологической аттестации средств измерений являются:

- определение метрологических характеристик и установление их соответствия требованиям нормативной документации;
- установление перечня метрологических характеристик, подлежащих контролю при поверке;
- опробование методики поверки.

Метрологическую аттестацию СИ проводят органы Государственной метрологической службы или метрологической службы юридических лиц по специально разработанной и утвержденной программе. При положительных результатах выдается **свидетельство о метрологической аттестации** установленной формы, где указываются установленные метрологические характеристики СИ.

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

случае испытания, при котором погрешности воспроизведения режимов испытания не учитываются. В соответствии с этим существует различие в аттестации средств измерений и испытательного оборудования, основные положения и порядок проведения которого приведен в ГОСТ Р 8.568.97 ГСИ «Аттестация испытательного оборудования». 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.

Метрологическую аттестацию СИ и испытательного оборудования делят на первичную, периодическую и повторную.

**Первичная аттестация** состоит 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;
- обеспечение безопасности персонала и отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.

**Периодическая аттестация** проводится 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 аттестации на оборудование выдается аттестат определенной



формы и об этом делается запись в эксплуатационные документы.

**Повторную аттестацию** осуществляют при эксплуатации испытательного оборудования до наступления срока его периодической поверки при вводе испытательного оборудования в эксплуатацию после длительного хранения и ряде других случаев.

Нормативно-технической основой обеспечения единства испытаний являются стандарты «Системы государственных испытаний продукции» (СГИП), а также разработанные методики испытаний и ГСИ. Поэтому в соответствии РД 50-286—81 обеспечение единства испытаний — это комплекс научно-технических и организационных мероприятий, методов и средств, направленных на достижение требуемых точности, воспроизводимости и (или) достоверности результатов испытаний.

Обеспечение единства испытаний в системах управления качеством технических систем (ТС) направлено на устранение недопустимых расхождений в результатах повторных испытаний у поставщика и потребителя, создание условий для взаимного признания результатов испытаний у поставщика и потребителя в кооперированном производстве, внутреннем и международном товарообмене, национальной и международной сертификации продукции, создание условий для сокращения объема повторных испытаний.

Общие требования по обеспечению единства испытаний заключаются в том, что:

- допуски и предельные отклонения на параметры и показатели качества испытываемой ТС должны назначаться с учетом возможности обеспечения требуемых точности и (или) достоверности результатов испытаний, нестабильности этих параметров и неоднородности качества ТС;
- устанавливаемые в методиках испытаний показатели и нормы точности средств испытаний, воспроизведения условий испытаний, способы обработки данных испытаний, формы представления результатов испытаний, планы контроля при испытаниях, контрольные нормативы и решающие правила должны быть унифицированы и соответствовать установленным требованиям;
- аттестованная методика испытаний ТС должна гарантировать получение результатов испытаний с требуемыми точностными характеристиками;

- аттестованное испытательное оборудование должно обеспечивать воспроизведение необходимых условий испытаний с нормированной точностью;

- методы и средства метрологического обеспечения испытаний и контроля качества ТС, включая измерения параметров ТС, воздействующих факторов, испытательного оборудования и режимов испытаний, должны обеспечивать получение результатов испытаний с требуемой точностью и (или) достоверностью;

- аттестация испытательных организаций и подразделений должна удостоверять, что компетентность персонала подразделения, его техническая база и структура обеспечивают проведение испытаний в полном соответствии с требованиями НТД.

Все эти требования регламентированы в комплексе стандартов СГИП и соответствующих РД.

Задача испытаний — получение количественных или качественных оценок характеристик свойств ТС, т.е. оценивание способности выполнять требуемые функции, ее работоспособности в заданных условиях (режимы работы и воздействующие факторы). Для этого должна быть разработана модель, адекватно отражающая эти условия (не обязательно все, но основные, влияющие).

Задача контроля — только установление соответствия характеристик ТС заданным требованиям. То есть испытания сводятся к контролю, например, при приемо-сдаточных, периодических и сертификационных испытаниях.

Обе эти операции связаны с измерениями параметров, и, с формальной точки зрения, понятия «точность контроля», «точность результата испытания» и «точность измерения» совпадают. Однако по существу эти понятия относятся к разным объектам, что предопределяет появление дополнительных составляющих погрешности.

Действительно, погрешность  $\Delta_{и}$  испытаний определяется как

$$\Delta_{и} = x_{и} - x_{д},$$

где  $x_{и}, x_{д}$  — результат и действительное значение параметра соответственно в заданном режиме испытания при заданных внешних воздействующих факторах.

Однако заданные режимы испытания и воздействующие факторы не могут быть выдержаны идеально, и возникают погрешности режима и факторов:

$$\Delta_p = x_p - x_d; \Delta_\phi = x_\phi - x_d,$$

где  $x_p, x_\phi$  — реальные значения параметра ТС из-за отклонения фактического режима и воздействующих факторов от заданных соответственно.

Учитывая еще погрешность измерения  $\Delta_{\text{изм}}$  параметра, погрешность испытания будет

$$\Delta_{\text{и}} = \Delta_p + \Delta_\phi + \Delta_{\text{изм}}.$$

Поэтому для разграничения смысла рассматриваемых терминов можно использовать табл. 6.8 (см. также 5.1).

Функциональные связи погрешностей измерения с погрешностями испытания и достоверностью контроля показывают, что основной характеристикой погрешности измерений является ее СКО, включающее в себя как случайную, так и неисключенную систематическую составляющие. По СКО погрешности измерений можно определить любые показатели достоверности контроля и характеристики погрешностей испытаний. При технических измерениях знания СКО достаточно и для расчета интервала, в котором с заданной вероятностью находится погрешность измерения.

Термины «измерение», «испытание» и «контроль» несут не только разную смысловую нагрузку, от правильности их применения зависят также способы и уровень МО соответствующих технических средств. Дело в том, что технические средства, предназначенные для измерения в эксплуатации, подвергаются поверке, а средства испытания и контроля — аттестации.

Практически часто возникает вопрос, к какому виду отнести средства технического диагностирования (СТД) ТС, так как СТД используются и для измерения параметров, и для контроля, и для испытания ТС. Для этого можно использовать следующий метрологический принцип.

Таблица 6.8

**Соотношение понятий «измерение»,  
«испытание» и «контроль»**

Термин	Цель	Качество	Точность
Измерение	Определение значения величины (параметра)	Степень близости результатов измерения действительному значению	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$

Окончание табл. 6.8

Термин	Цель	Качество	Точность
Испытание	То же при заданных режимах и воздействующих факторах, определяющих значение величины (параметра)	То же при заданных режимах испытания и воздействующих факторах	$\Delta_{и} = \Delta_{р} + \Delta_{ф} + \Delta_{изм}$ , где $\Delta_{р}$ , $\Delta_{ф}$ – погрешности режима и факторов
Контроль	Установление факта нахождения величины (параметра) в заданном допуске при заданных режимах испытания и воздействующих факторах	Степень достоверности нахождения параметра в допуске	Вероятности ошибок I и II рода с учетом $\Delta_{и}$

В качестве СИ следует рассматривать СТД, предназначенные для измерения единиц физических величин, характеризующих параметры их узлов с нормированной точностью. Техническое состояние диагностируемой ТС определяется на основании количественной метрологической информации, полученной с помощью этих СИ, имеющих нормированные МХ.

К средствам контроля относятся технические средства, не имеющие нормированных метрологических свойств и предназначенные для определения качественного состояния диагностируемого объекта. Техническое состояние ТС определяется с помощью средств контроля без оценки нормированных значений ее параметров.

К испытательному оборудованию, предназначенному для технического диагностирования ТС, относятся технические средства, воспроизводящие нормированные внешние воздействующие факторы и режимы (условия нагрузки), используемые при техническом диагностировании. Техническое состояние диагностируемой ТС определяется на основании качественных оценок, сделанных при определенных в количественном отношении внешних воздействующих факторах и нагрузках, поддерживаемых с заданной точностью.

Средства контроля и испытательное оборудование могут быть укомплектованы СИ общего назначения, которые должны быть обеспечены поверкой отдельно.

Система государственных испытаний СИ включает: метрологическую экспертизу технических заданий (ТЗ) на разра-

ботку СИ (по ГОСТ 8.384—80); государственные испытания СИ, подлежащих серийному производству или ввозу из-за границы партиями (по ГОСТ 8.001—80); метрологическую аттестацию СИ единичного производства или ввозимых из-за границы единичными экземплярами (по ГОСТ 8.326—89); аттестацию стандартных образцов состава и свойств вещества и материалов.

Основные задачи государственных испытаний СИ заключаются в установлении соответствия СИ современному техническому уровню; определении целесообразности и возможности производства СИ в стране, а также целесообразности ввоза их из-за границы партиями; проверке обеспеченности СИ необходимыми методами и средствами поверки, а также ремонтом; проверке соответствия выпускаемых в стране и ввозимых из-за границы СИ требованиям НТД.

Установлены два вида государственных испытаний: приемочные и контрольные.

*Государственным приемочным* испытаниям подвергают опытные образцы новых СИ, предназначенных для серийного производства, и образцы зарубежных СИ, подлежащих ввозу партиями. Эти испытания проводят метрологические институты, ЦСМ, а также головные (базовые) организации МС ведомств. Как правило, в комиссию по проведению этих испытаний входят представители перечисленных организаций. Председателем комиссии не может быть руководитель организации-разработчика.

Положительные результаты государственных приемочных испытаний являются основанием для утверждения данного типа СИ Ростехрегулированием и выдачи разрешения на производство установочной партии (серии). Положительные результаты государственных приемочных испытаний, проведенных на образцах из установочной серии, являются основанием для утверждения данного типа СИ Ростехрегулированием, серийного производства и разрешения выпуска их в обращение.

*Государственным контрольным* испытаниям подвергают СИ из установочной серии (в том числе при передаче производства с одного предприятия-изготовителя на другое); по истечении срока действия разрешения на серийное производство (или ввоз из-за границы); при внесении изменений в конструкцию СИ, влияющих на МХ; в порядке государственного надзора за качеством (в том числе при наличии сведений об ухудшении качества СИ).

Контрольные испытания проводят территориальные органы Ростехрегулирования с привлечением представителей головной (базовых) организаций МС ведомства.

Положительные результаты государственных контрольных испытаний являются основанием для серийного производства этих СИ.

Расходы, связанные с проведением государственных испытаний, несет организация, представившая СИ на испытания.

Качество ТС — основа конкурентоспособности ТС на мировом рынке — включает уровень технико-экономических характеристик, надежность, долговечность, ремонтпригодность, условия сервиса и др. Инструментом, который независимо от того, где изготовлена ТС, давал бы гарантию, что эта ТС изготовлена в соответствии с требованиями установленной НТД, служит сертификация (см. раздел III).

### **6.12. Метрологическая аттестация нестандартизованных СИ**

До 50% СИ, применяемых в народном хозяйстве, выпускается разовыми партиями или единичными экземплярами для внутриведомственных нужд. Такие СИ не подлежат государственным испытаниям и относятся к нестандартизованным средствам измерения (НСИ), так как невозможно или нецелесообразно стандартизовать их технические и метрологические характеристики. Появление нестандартизованных СИ обусловлено ростом многообразия и специфичности видов измерений, играющих важную роль при диагностике, испытаниях, контроле режимов и управлении технологическими процессами (в конкретных условиях стандартные СИ либо отсутствуют вообще, либо дороги, либо не приспособлены к воздействию влияющих факторов). К группе НСИ относятся: имитаторы, преобразователи, модуляторы, пороговые устройства и т.д., которые могут включать в себя коммутационные элементы, элементы вычислительной техники, а также встроенные СИ. К НСИ, по всей видимости, следует отнести также калибры, которые по сути являются мерами, и СИ, ввезенные из-за рубежа в одном или нескольких экземплярах.

С целью МО разработки, изготовления и эксплуатации НСИ они подвергаются метрологической аттестации по ГОСТ 8.326—89.

Задачей метрологической аттестации является исследование НСИ и установление их соответствия требованиям технических заданий (ТЗ), технических условий (ТУ) и стандартов ГСИ. При метрологической аттестации определяют МХ НСИ, подлежащие контролю при их эксплуатации, а также методу и периодичность их поверки. МО НСИ включает следующие работы:

- разработку и метрологическую экспертизу ТЗ на создание НСИ;
- разработку проекта эксплуатационной документации;
- градуировку (при необходимости) НСИ;
- исследование погрешностей НСИ и других МХ;
- уточнение эксплуатационной документации по результатам метрологических исследований;
- МО эксплуатации НСИ в виде периодических поверок и метрологической аттестации.

ТЗ устанавливает исходные требования к НСИ (в частности, к его МО) и содержит ряд разделов, поясняющих назначение, область применения НСИ, технолого-экономическое обоснование, технические требования, этапы разработки и порядок контроля и приемки с указанием места проведения (в органах государственной или ведомственной МС) метрологической аттестации. При необходимости в ТЗ предусматривают разработку недостающих образцовых СИ или задают требования к ним.

Метрологическая экспертиза ТЗ должна подтвердить обоснованность всех его разделов и полноту требований к МО разработки, изготовления и эксплуатации НСИ.

Эксплуатационная документация на НСИ разрабатывается, начиная со стадии его проектирования, а затем корректируется в процессе экспериментальных исследований и опытной эксплуатации. В результате отрабатывается инструкция по эксплуатации совместно с техническим описанием и паспортом (или формуляром) НСИ.

Значительная часть условий эксплуатации может быть регламентирована как технические характеристики НСИ (диапазон измерения, рабочие условия, границы погрешностей и т.п.), включая комплектность НСИ и требования к поверочным операциям.

Градуировочные характеристики НСИ могут быть заданы в ТЗ. Тогда при настройке НСИ предусматривают регулировочные операции, обеспечивающие воспроизведение измеряемой величины при аналоговом или цифровом отсчете

в соответствии с заданной функцией (таблицей, графиком, формулой).

Если градуировочная характеристика заранее не определена, то проводят исследование НСИ с установлением модели зависимости выходного сигнала от информативного параметра (таблицы, графика, формулы) с помощью рабочих эталонов.

О приемлемости модели в дальнейшем судят по результатам исследований погрешности НСИ.

Исследование погрешностей НСИ осуществляют после его градуировки. Цель этого этапа — регламентация соответствующих МХ и стабильности НСИ в условиях конкретной эксплуатации, так как погрешность НСИ определяется его условиями применения.

При отсутствии вариации показаний (гистерезиса) точечные оценки систематической погрешности НСИ и ее СКО находят как

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i; \quad (6.45)$$

$$\bar{\delta} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}, \quad (6.46)$$

а оценка «сверху» СКО составит

$$[\delta]_T = x \bar{\delta}, \quad (6.47)$$

где  $\Delta_i = x_{\text{НСИ}} - a_x$ ;  $x_{\text{НСИ}}$  — результат измерений величины  $x$  с помощью НСИ;  $a_x$  — результат измерений с помощью образцового СИ;  $n$  — число измерений;  $k$  — поправочный коэффициент, зависящий от доверительной вероятности  $P$  и числа степеней свободы,  $k = n - 1$ .

При этом

$$x = \sqrt{k/\chi_P^2},$$

где  $\chi_P^2$  — квантиль распределения  $\chi^2$  при вероятности  $P$ . Значения  $x$  при  $P = 0,95$  приведены в табл. 6.9.

Оценка  $\bar{\Delta}$  принимается в качестве величины систематической погрешности НСИ, а  $\bar{\delta}$  — как оценка «сверху» СКО случайной погрешности НСИ.



Таблица 6.9

Соответствие степеней свободы  
и квантилей распределения

$n$	$x$	$k$	$x$	$k$	$x$	$k$	$x$	$k$	$x$	$k$	$x$
2	4,42	7	1,80	12	1,52	17	1,40	26	1,30	50	1,20
3	2,42	8	1,71	13	1,44	18	1,38	30	1,27	60	1,18
4	2,37	9	1,65	14	1,46	19	1,37	35	1,25	70	1,16
5	2,09	10	1,59	15	1,44	20	1,36	40	1,23	80	1,15
6	1,42	11	1,55	16	1,42	22	1,34	45	1,21	100	1,13

При наличии вариации показаний в каждой точке диапазона измерений проводят два ряда наблюдений величины  $x$  с помощью образцовых СИ. При медленном установлении величины  $x$  со стороны малых значений («снизу»)  $\bar{\Delta}'_i$  и со стороны больших значений («сверху»)  $\bar{\Delta}''_i$  определяют

$$\bar{\Delta}'_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta'_i; \quad \bar{\Delta}''_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta''_i; \quad (6.48)$$

$$\bar{\delta} = \sqrt{\frac{1}{2n-1} \left[ \sum_{i=1}^n (\Delta'_i - \bar{\Delta}'_i)^2 + \sum_{i=1}^n (\Delta''_i - \bar{\Delta}''_i)^2 \right]}; \quad (6.49)$$

$$[\delta]_T = x_T \bar{\delta}, \quad (6.50)$$

где  $x_T$  находят из табл. 6.9 при числе степени свободы  $k = 2n - 1$ . Точечная оценка систематической погрешности

$$\Delta_c^T = 0,5(\bar{\Delta}'_i + \bar{\Delta}''_i). \quad (6.51)$$

Точечную оценку вариации находят по формуле

$$v = |\bar{\Delta}''_i - \bar{\Delta}'_i|, \quad (6.52)$$

а оценку «сверху»

$$v_v = |\bar{\Delta}''_i - \bar{\Delta}'_i| + \frac{t_p}{x} \bar{\delta} \sqrt{\frac{2}{n}}, \quad (6.53)$$

где  $t_p$  — коэффициент Стьюдента при числе степеней свободы  $k = n - 1$ .

**Пример 6.12.** При исследовании НСИ для измерения напряжения переменного тока в качестве эталонного выбран вольтметр с относительной погрешностью не более 0,2% и с ценой деления 0,01 В. Оценку погрешности НСИ провести в точке, соответствующей 30 В. Предварительным опробованием НСИ зафиксировано, что имеет место вариация показаний.

*Решение.* Результаты  $n = 20$  наблюдений сведем в таблицу, фиксируя  $U_0$  эталонным вольтметром и вычислив  $\Delta'_i$  и  $\Delta''_i$ .

Погрешность эталонного СИ в точке 30 В находится в пределах  $\pm 0,2 \cdot 10^{-2} \cdot 30 = \pm 0,06$  В. Систематическая погрешность не может превышать полной погрешности. Полагая, что распределение систематической погрешности равномерно, считаем, что математическое ожидание этих погрешностей равно нулю, а СКО  $\delta = 0,06/1,7 = 0,04$  В. Поскольку цена деления эталонного вольтметра 0,01 В, то погрешностью считывания по его шкале следует пренебречь.

$i$	Установление $U_{НСИ} - 30$ В				$i$	Установление $U_{НСИ} - 30$ В			
	снизу		сверху			снизу		сверху	
	$U'_0, В$	$\bar{\Delta}'_i, В$	$U''_0, В$	$\bar{\Delta}''_i, В$		$U'_0, В$	$\bar{\Delta}'_i, В$	$U''_0, В$	$\bar{\Delta}''_i, В$
1	29,9	0,1	30,1	-0,1	11	29,8	0,2	30,1	-0,1
2	30,0	0	30,2	-0,2	12	29,9	0,1	30,2	-0,2
3	30,3	-0,3	30,0	0	13	30,1	-0,1	30,3	-0,3
4	30,1	-0,1	30,2	-0,2	14	30,0	0	30,0	0
6	30,2	-0,2	30,1	-0,1	16	30,1	-0,1	30,1	-0,1
7	30,0	0	30,3	-0,3	17	30,0	0	30,2	-0,2
8	30,0	0	30,2	-0,2	18	30,2	-0,2	30,4	-0,4
9	30,1	-0,1	30,0	0	19	30,0	0	30,1	-0,1
10	30,0	0	30,1	-0,1	20	30,1	-0,1	30,0	0

По формулам (6.48) находим, что

$$\bar{\Delta}' = -0,05 \text{ В и } \bar{\Delta}'' = -0,13 \text{ В.}$$

Тогда точечные оценки составят:  
систематической погрешности по формуле (6.51)

$$\Delta_C^T = 0,5(-0,05 - 0,13) = -0,09 \text{ В,}$$

СКО случайной погрешности — по формуле (6.49)  $\bar{\delta} = 0,12$  В, а вариации — по формуле (6.52)  $v = 0,08$  В.

Соответственно оценки «сверху» при  $P = 0,95$  и числе степеней свободы  $k = 2 \cdot 20 - 2 = 38$  ( $x = 1,23$  и  $t_p = 1,60$ ) составят по СКО

$$[\delta]_T = 1,23 \cdot 0,12 = 0,15 \text{ В,}$$

а по вариации

$$\bar{v}_B = 0,08 + 1,68 \sqrt{2/20} \approx 0,13 \text{ В.}$$

Как правило, погрешность НСИ исследуют в пяти точках, соответствующих 5, 25, 50, 75 и 95% диапазона измерений,

и наибольшее значение погрешности назначают в качестве предельного. Если имеются особые точки, в которых погрешность имеет экстремальные значения или претерпевает скачки, то эти точки также включают в число исследуемых.

Влияние случайных погрешностей можно уменьшить выбором соответствующего числа наблюдений. В качестве критерия выбора  $n$  при заданном допускаемом значении погрешности НСИ  $[\Delta_{НСИ}]$  можно использовать соотношение

$$\delta\sqrt{2/n} \leq 0,4[\Delta_{НСИ}].$$

Оценка различных факторов и соответствующих коэффициентов влияния, а при необходимости — исследование динамических свойств объекта осуществляется методами, изложенными в гл. 2.

Государственной метрологической аттестации подлежат НСИ, предназначенные для применения в системе Ростехрегулирования или разработанные его подразделениями и используемые в качестве исходных образцов для поверки СИ при проведении государственных испытаний, экспертиз, а также устанавливаемые перечнем рабочих СИ, подлежащих государственной поверке.

Государственной метрологической аттестации не подлежат НСИ, предназначенные для проведения научно-исследовательских экспериментальных, опытно-конструкторских работ, СИ, применяемые при контроле и управлении технологическими параметрами, а также контрольно-испытательные стенды, диагностическое оборудование и другие средства контроля, выпускаемые предприятиями ведомства, СИ, находящиеся в эксплуатации, изготовленные до введения в действие ГОСТ 8.326—89.

Метрологическую аттестацию НСИ проводят в индивидуальном порядке. Для партии однотипных НСИ допускается проведение аттестации ограниченного количества экземпляров, а остальные подвергаются первичной поверке.

Место проведения аттестации устанавливает предприятие, проводящее ее, а сроки сообщаются заинтересованным лицам не позднее 10 дней до ее начала.

Представленные на аттестацию НСИ должны быть полностью обеспечены технической документацией и вспомогательным оборудованием, необходимым для их нормального функционирования.

Техническая документация содержит:

- паспорт или техническое описание и руководство по эксплуатации;
- технические условия и (при необходимости) чертежи;
- программу и методику метрологической аттестации.

Метрологическую аттестацию НСИ проводят по программе, представленной эксплуатирующей организацией и утвержденной руководителем организации, проводящей аттестацию.

Программа метрологической аттестации должна предусматривать: проверку соответствия МХ СИ, содержащихся в технической документации, техническим требованиям; оценку полноты, правильности и способов выражения МХ; оценку методов экспериментального определения числовых значений МХ СИ с учетом точности их определения и влияния условий эксплуатации; представление методики метрологического обслуживания СИ в процессе эксплуатации.

Методика экспериментального определения МХ, как правило, должна основываться на методах и средствах, предусмотренных в действующей НТД на методы и средства поверки. Специальные методы и средства исследования МХ должны быть технически обоснованы.

В методике экспериментального определения каждой из МХ должны содержаться: требования к числу и величине интервалов между значениями измеряемого в процессе экспериментальных исследований параметра; требования к количеству измерений в каждой выбранной точке и числу серий измерений; указания о режиме измерений и их последовательности во времени; правила обработки результатов измерений; требования к точности измерений.

На НСИ, прошедшее метрологическую аттестацию с отрицательным результатом, выдается извещение о непригодности.

При совмещении метрологической аттестации с приемочными испытаниями дополнительно составляется акт о приемочных испытаниях и другие документы в соответствии с правилами приемки.

Метрологическая аттестация НСИ производится после приемочных испытаний.

Если НСИ представляет собой ИИС, комплектуемую у потребителя из агрегатных стандартных СИ, то организация и порядок проведения метрологической аттестации осуществляется по методике МИ 166–78.

### 6.13. Метрологическая экспертиза нормативно-технической документации

Вся документация на ТС, начиная от проекта ТЗ на ее разработку и кончая актом ее списания из эксплуатации, подвергается метрологической экспертизе (метрологическому контролю). Метрологическая экспертиза нормативно-технической документации (МЭ НТД) — это анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности измерений и обеспечению методами и СИ процессов разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта изделий. Цель МЭ НТД заключается в проверке соответствия метрологических положений НТД требованиям стандартов ГСИ и других нормативных документов.

Основные задачи МЭ НТД и способы их выполнения приведены в табл. 6.10.

Таблица 6.10

#### Задачи МЭ НТД и способы их выполнения

Задачи МЭ НТД	Способы выполнения задачи
Анализ полноты и четкости формирования технических требований	Проверка корректности формулирования технического требования, исключение неоднозначности его толкования: выражение технических требований стандартизованными или общепринятыми терминами
Оценка оптимальности номенклатуры измеряемых параметров	Обеспечение соответствия номенклатуры измеряемых параметров и их норм требованиям действующих стандартов и нормативных документов, требованиям достоверности контроля, качества управления, безопасности труда и охраны окружающей среды, экономической целесообразности выбранной номенклатуры измеряемых параметров
Оценка контроля пригодности ТС при испытании, эксплуатации и ремонте	Обеспечение доступа ко всем точкам измерений и возможность использования стандартного СИ или аттестованного НСИ
Проверка преимущественного использования стандартизованных и аттестованных МВИ	Использование нестандартизованных и неаттестованных МВИ недопустимо: при отсутствии указанных МВИ дать приложения для разработки аттестованных МВИ

Окончание табл. 6.11

Задачи МЭ НТД	Способы выполнения задачи
Анализ полноты и правильности требований к СИ	Обеспечение указания всех реквизитов и МХ СИ в соответствии с ГОСТ 8.009—84; возможность замены СИ на более совершенные (в перспективе); исключение СИ, снятых с производства; обеспечение соответствия условий измерения условиям применения выбранных СИ
Анализ технических решений по обоснованию норм точности и алгоритму обработки результатов наблюдений	Обеспечение соответствия составляющих погрешности измерений суммарной допустимой погрешности измерений; установление соответствия норм точности и экономических потерь качеству измерительной информации; установление соответствия норм точности показателям достоверности контроля, диагностирования и испытаний; использование стандартизованного или аттестованного алгоритма обработки результатов наблюдений
Проверка правильности выражения показателей точности	Исключение использования результатов измерений без показателей их точности; обеспечение соответствия формы выражения показателей точности измерений требованиям МИ 1317—2004
Проверка правильности употребления терминов, наименований, обозначений физических величин и применения их единиц	Недопущение использования терминов, наименований, обозначений физических величин и применения их единиц, не соответствующих РМГ 29—99, ГОСТ 8.417—2002 и действующим НТД

Порядок и организация проведения экспертизы конструкторско-технологической документации подробно изложены в МИ 1325—86, МИ 2267—2000 и МИ 2177—91.

Основная цель МЭ НТД в эксплуатации — анализ рациональности номенклатуры измеряемых параметров, правильности выбора СИ, а также оценка влияния погрешностей измерений на технико-экономические показатели эксплуатации ТС.

Перед МЭ осуществляют так называемую метрологическую проработку, задачами которой являются поиск технических решений по выбору параметров, норм точности, методов и СИ. Таким образом, МЭ в известной мере осуществляет контроль над метрологической проработкой, которую производит разработчик НТД (конструктор, технолог).

Наличие стандартов на МВИ или выбор СИ сводят функции МЭ к установлению соответствия НТД требованиям этих стандартов. Например, при организации линейных измерений достаточно лишь убедиться, что выбранный метод определения допусков и погрешностей измерения соответствует ГОСТ 8.051—81, а контролепригодность должна удовлетворять требованиям ГОСТ 18831—73.

Выбор СИ заключается в определении погрешности и диапазона его шкалы в зависимости от величины измеряемого параметра и его допускаемого отклонения, а также определения модификации СИ. При измерении одним и тем же СИ нескольких параметров проверка осуществляется для каждого случая. Погрешность измерительной системы, состоящей из нескольких измерительных элементов с нормированной погрешностью, рассчитывается согласно требованиям государственного стандарта.

Если условия эксплуатации СИ значительно отличаются от нормальных и это отличие специально оговаривается разработчиком, то на основе паспортных данных СИ рассчитывается его погрешность в реальных условиях эксплуатации и определяется правомерность выбора средства измерения. Далее по справочнику [8] или описаниям проверяется обоснованность выбора разработчиком модификации СИ или НСИ.

В первую очередь проверяется правильность записи метрологических характеристик СИ в документации (указание типа, предела измерения, класса точности, государственного стандарта, а также технического условия), т.е. контролепригодность, возможность контроля параметров изделия стандартными СИ или аттестованными НСИ. В том случае, если параметр неконтролепригоден, следует изменить величину параметра или его допуск, базу или форму детали, не нарушив функционирования изделия, а также создать условия для применения стандартного СИ.

Существенно и то, что МЭ конструкторской и технологической документации должна производиться до метрологического нормо-контроля. Это дает возможным «отсеять» неперспективные разработки на ранней стадии проектирования, более качественно провести последующую МЭ технологических карт и маршрутов, назначить оптимальные требования к СИ и МВИ.

Функции МЭ НТД заключаются в анализе и оценке принятых решений и при отсутствии конкретных метрологических рекомендаций на основании действующих стандартов

и общих нормативов (например, полноты предъявляемых требований к точности и достоверности и номенклатуре СИ, МВИ, диапазону измерений и т.д.).

МЭ НТД должна не только оценить перспективность требований к МХ СИ, но и установить соответствие их уровню производства, место СИ в поверочной схеме при эксплуатации, контролепригодность ТС, организацию и порядок госинспекций, требования к вопросам охраны труда.

При МЭ эксплуатационных документов (ЭД) выполняют следующие работы:

1) оценивают обоснованность номенклатуры параметров, измеряемых в процессе эксплуатации (включая параметры, измеряемые при настройке и регулировании ТС, проверках технического состояния, ТО и ТР в процессе эксплуатации). Число этих параметров должно быть минимальным, но достаточным для обеспечения заданных технических характеристик, своевременного выявления и устранения неисправностей. Обоснование номенклатуры параметров, измеряемых при эксплуатации, необходимо реализовать на стадии технического (эскизного) проекта. При отсутствии такого обоснования эксперт должен предложить выполнить его на последующей стадии разработки, а в ряде случаев — проанализировать номенклатуру измеряемых в процессе эксплуатации параметров непосредственно при МЭ;

2) проверяют соответствие контролируемых параметров требованиям технических условий и ТЗ. Технические данные, зафиксированные в ЭД, должны быть не хуже требуемых по ТЗ, но и не лучше гарантируемых по техническим условиям. Формы выражения технических данных не должны допускать возможности различного толкования соответствующих свойств ТС. При необходимости должны быть приведены пояснения, исключающие такую возможность;

3) проверяют наличие норм точности измерений, требований к достоверности контроля или других требований, исходя из которых может быть выполнен анализ правильности выбора СИ и параметров, измеряемых в процессе эксплуатации. При отсутствии НТД, регламентирующей такие нормы и требования, они должны быть установлены в ТЗ на разработку изделия или обоснованы в техническом (эскизном) проекте. При отсутствии требований, являющихся исходными для проверки правильности выбора СИ, эксперт должен вместо положительного заключения предложить разработчику обосновать эти требования;



4) оценивают контролепригодность конструкции ТС и ее составных частей в процессе эксплуатации. Контролепригодность конструкции достигается: возможностью доступа к встроенным СИ для их поверки без демонтажа, а также к элементам настройки и регулировки СИ и средств контроля; достаточным количеством контрольных гнезд и разъемов, нанесением у контрольных гнезд надписей и других обозначений, упрощающих процесс контроля (для обозначения единиц физических величин и надписей, помещаемых на изделиях, используют только международные), унификацией конструкции контрольных гнезд и разъемов; унификацией видов и уровней стимулирующих и контролируемых сигналов; наличием в составе изделия соединительных элементов, кабелей и других элементов, необходимых для контроля; достаточной защитой от влияния на точность измерений внешних и внутренних помех; исключением других факторов, вызывающих неприемлемо большие составляющие погрешности измерений, определяемые конструкцией;

5) при наличии в составе изделия СИ проверяют:

- полноту перечня СИ в разделе «Контрольно-измерительные приборы». В разделе должны быть указаны все встроенные СИ, а также входящие в его комплект специальные СИ, необходимые для настройки и регулирования изделия, проверок состояния его ТО, выявления и устранения неисправностей;

- полноту и правильность выражения приведенных технических характеристик СИ;

- соответствие условий применения СИ (по документации на них) условиям эксплуатации изделия;

- соответствие СИ номенклатуре средств измерений, разрешенных к применению;

- факт метрологической аттестации специальных СИ в установленном порядке;

6) рассматривают полноту и определенность требований к средствам, условиям и процедуре измерений параметров в процессе эксплуатации. Данные проверки осуществляются аналогично тому, как это производилось при контроле технических условий. К особенностям методик контроля относятся: в ЭД включены рабочие (непосредственно применяемые) методики; в ЭД, как правило, недопустимы ссылки на документы, не входящие в комплект изделия; ЭД должны предусматривать использование только таких средств для контроля изделия в процессе эксплуатации, которыми оснащены или могут быть оснащены органы, осуществляющие такой контроль; МВИ,

результаты которых фиксируются в формуляре или паспорте, должны содержать показатели точности измерений;

7) оценивают правильность выбора СИ и параметров, контролируемых в процессе эксплуатации (в том числе с помощью встроенных СИ). Если заданы нормы точности измерений, оценивают погрешность измерений и сравнивают ее с допускаемой. При недостаточной точности измерений предлагают тот или иной путь ее повышения. Если заданы требования к достоверности контроля, то оценивают погрешность измерений и, задавшись распределением контролируемого параметра, рассчитывают показатели достоверности контроля. В случае недостаточной достоверности наряду с путями повышения точности измерений рассматривают целесообразность сужения границ контрольного поля допуска;

8) рассматривают выполнение требований к производительности контрольно-измерительных операций (при наличии таких требований к контролю параметров в условиях эксплуатации);

9) проверяют достаточность указаний по обеспечению безопасности при выполнении измерений параметров в процессе эксплуатации;

10) проводят анализ разработанной системы поверки СИ, входящих в состав изделия, в частности:

- проверяют наличие инструкций по поверке на все СИ, входящие в состав изделия (или соответствующих разделов в ИЭ);

- проверяют соответствие инструкций по поверке требованиям. В общем случае инструкция по поверке должна содержать разделы, регламентирующие: перечень СИ, определяемых при поверке, средства поверки, условия поверки, подготовку и проведение поверки, обработку результатов наблюдений при поверке, оформление результатов поверки;

- выявляют наличие и анализируют обоснованность указаний о периодичности поверки;

- оценивают правильность выбора методов и средств поверки, обеспечивающих заданные критерии качества поверки;

- рассматривают возможность сокращения объема поверки (за счет поверки широкодиапазонных, многопредельных, комбинированных СИ только на тех диапазонах, пределах и по тем характеристикам, которые используются практически; за счет отнесения СИ, имеющих нормированные МХ, к индикаторам, не требующим поверки, если они используются, и др.);

11) при наличии ПС или ФО в комплекте эксплуатационных документов проверяют, предусмотрено ли в них определение показателя точности измерений в тех разделах, в которых фиксируются результаты измерений (при указании фактических значений параметров изделия, полученных при приемо-сдаточных его испытаниях или при периодическом контроле в процессе эксплуатации);

12) проверяют правильность метрологической терминологии, наименований и обозначений физических величин и их единиц.

Ниже приводится перечень типовых ошибок, встречающихся на практике при МЭ НТД:

- осуществляется неправильный выбор метода измерения, схемы включения или установки СИ;
- осуществляется неправильный выбор МХ (предел измерения, класс точности, быстродействие и др.);
- не проводится оценка МХ измерительной системы, состоящей из нескольких элементов с нормированными МХ (в простейшем случае первичный преобразователь — измерительный прибор);
- осуществляется неправильный выбор типа или конструктивной модели СИ, иногда снятых с производства;
- не учитывается влияние на МХ СИ условий эксплуатации (температуры, вибрации, влажности и т.п.);
- выбранный тип СИ не соответствует объекту контроля (по массе, габаритам, конструктивной модификации);
- не обосновывается экономически выбор типа СИ;
- используется неправильное и неполное обозначение наименования и характеристик СИ и т.д.

Распространены также ошибки, характеризующие:

- неконтролепригодность параметров ТС;
- неправильное назначение СИ или отсутствие допуска на контролируемый параметр;
- неправильный выбор базы и простановку размеров;
- недоступность к точкам контроля;
- выбор размеров не из ряда предпочтительных чисел;
- неправильный выбор методики контроля (последовательности операций при измерении);
- несоответствие производительности СИ производительности технологического оборудования;
- несоответствие методики контроля требованиям техники безопасности при измерении;

- отсутствие объективных критериев контроля внешнего вида;
- отождествление погрешности измерения, погрешности СИ и цены деления (разряда) СИ;
- задание только одного интервала суммарной погрешности измерений без указания соответствующей доверительной вероятности (вообще отступление от МИ 1317—2004);
- избыточное (или недостаточное) количество контролируемых параметров;
- отклонение от требований ГОСТ 8.417—2002 по использованию единиц физических величин (например, мощность двигателей внутреннего сгорания выражается в лошадиных силах вместо киловатт) и т.п.

МЭ малоэффективна, если она становится только ревизией документации без внесения конструктивных предложений по устранению выявленных недостатков.

Широкое использование в отдельных отраслях импортного оборудования выдвигает требование организации МЭ заявок на импортные СИ. Здесь МЭ позволяет оценить не только качество, но и соответствие импортных СИ, подлежащих закупке, современному техническому уровню, степень обеспеченности их методами и средствами поверки, ремонтнопригодность в эксплуатации.

Существенную помощь в этом может оказать банк данных о зарубежных СИ, банк сравнительных МХ импортных и отечественных СИ. Эти данные должны быть заложены в память ЭВМ и извлекаться с целью оперативной МЭ, например, на соответствующих международных выставках. Прямой экономический эффект от достоверности такой МЭ заключается в сокращении валютных расходов.

## 6.14. Метрологическое обеспечение технологических операций

Измерительные процессы в технологических операциях при производстве продукции занимают существенный удельный вес и используются для контроля, диагностики, учета количества изделий, оптимизации режима производства и реализации многих функций управления. При этом возникает проблема оптимизации метрологического обслуживания измерительного комплекса с конкретизацией метрологических задач:

установления необходимой точности измерений, разработки и аттестации МВИ, выборе СИ и методов метрологического обслуживания, оценкой экономических и экологических потерь при ненадлежащем МО. Надо учитывать также ограниченность возможностей технологических подразделений в использовании корректных метрологических служб и методов. Поэтому считают, что с вероятностью, близкой к единице, распределение погрешности измерений подчиняется симметричным законам. Чаще всего это нормальный закон распределения. При этом принимается, что из результата измерений исключены известные систематические составляющие погрешности измерений, а неисключенные систематические составляющие учитываются как случайные. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами регламентировано МИ 2233—2000. Здесь при отсутствии требований к точности измерений конкретных технологических параметров рекомендуется использовать следующие положения.

1. Точность измерений соответствует требованию обеспечения эффективности измерений, если погрешность измерений оптимальна в экономическом аспекте.

2. Должны быть оценены потери, вызываемые погрешностью измерений (из-за брака контроля, отклонений режима от оптимального, неверного срабатывания аварийной защиты и блокировки, несвоевременного вывода оборудования в ремонт и т.п.).

В ряде случаев погрешность измерений может вызывать не только изменение указанной части.

3. Потери из-за погрешности измерений определяются весьма ориентировочно. Это вызвано тем, что исходная информация для аналитического решения такой задачи весьма скудна, а экспериментальное определение указанных потерь практически невозможно.

В этой связи может быть определен лишь диапазон значений границ погрешности измерений, который соответствует удовлетворительному уровню эффективности измерений. Данный диапазон характеризует неопределенность в решении вопроса о необходимой точности измерений.

4. Погрешность измерений наиболее важных измеряемых параметров может считаться соответствующей обеспечению эффективности измерений, если удовлетворяется следующее условие:

$$0,15 < 3/\Pi < 15,$$

где  $Z$  — затраты на измерения за расчетный период (например, среднегодовые приведенные затраты);  $\Pi$  — потери из-за погрешности измерений за тот же расчетный период.

Если  $Z/\Pi < 0,15$ , то погрешность измерений необходимо уменьшить, при этом соответствующие мероприятия будут экономически оправданы, а экономический эффект будет тем больше, чем больше потери  $\Pi$ . Если  $Z/\Pi > 15$ , то погрешность измерений может быть увеличена за счет применения менее точных и дорогих средств измерений и (или) упрощения их метрологического обслуживания, при этом экономический эффект будет тем больше, чем больше затраты  $Z$ .

Для наиболее важных параметров, для которых практически невозможно определить потери из-за погрешности измерений, точность измерений может быть признана удовлетворяющей требованиям обеспечения эффективности измерений при выполнении следующего условия:

$$0,2 < \delta / \delta_{\text{д}} < 0,7,$$

где  $\delta$  — граница относительной погрешности измерений (без учета знака);  $\delta_{\text{д}}$  — граница относительного значения допускаемого отклонения измеряемого параметра от номинального значения либо относительное значение половины интервала допускаемых значений измеряемого параметра (без учета знака).

5. Для параметров, не относящихся к наиболее важным, точность измерений может быть признана удовлетворяющей требованиям обеспечения эффективности измерений при выполнении условия

$$0,3 < \delta / \delta_{\text{д}} < 1.$$

Если номинальное значение измеряемого параметра равно или близко к 0, то вместо отношения  $\delta / \delta_{\text{д}}$  необходимо использовать отношение соответствующих значений абсолютной погрешности  $\Delta / \Delta_{\text{д}}$ .

6. При оценивании погрешности измерений параметров целесообразно использовать рекомендации МИ 2232—2000 ГСИ «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами, оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации».

Методы и средства измерений выбирают в соответствии с МИ 1967—89, методическими указаниями по использованию конкретных типов средств измерений (например, РД 50-98—96).

Многие параметры, не относящиеся к наиболее важным, измеряются с большим запасом по точности. Это вызвано отсутствием выпуска средств измерений широкого применения с большими допускаемыми погрешностями.

Так, ежегодно выпускаются миллионы технических манометров классов точности 1,5 и 2,5. Вместе с тем для удовлетворительного управления и контроля большинства технологических процессов измерения давления в различных точках могут выполняться с погрешностью, в несколько раз превышающей погрешность манометров класса точности 1,5 и 2,5. Такая же ситуация характерна для измерений с помощью многих типов щитовых электроизмерительных приборов, целого ряда типичных измерительных каналов ИИС и АСУТП и т.д.

В подобных случаях целесообразно применить положения ПР 50.2.006—94, которые позволяют устанавливать в технической документации предприятий соответствующие метрологические требования к СИ, не подлежащим обязательной государственной поверке.

Некоторые параметры измеряются косвенными методами, которым присущи методические составляющие погрешности измерений. При определении доли допускаемой погрешности СИ в общей погрешности можно исходить из квадратического суммирования границ составляющих. Это же допущение может быть использовано для суммирования погрешностей отдельных СИ в измерительных каналах ИИС или АСУТП.

Арифметическое суммирование составляющих погрешности в большинстве случаев приводит к чрезмерно завышенным оценкам погрешности измерений, и решения на основе таких оценок приводят к неоправданным затратам или потерям.

Во многих системах управления технологическими процессами имеет место структурная и временная информационная избыточность. Использование информационной избыточности для целей повышения точности измерений позволяет снизить требования к точности применяемых средств измерений.

При выборе по точности СИ целесообразно принимать во внимание возможность исключения из результатов измерений систематических составляющих погрешности конкретных экземпляров СИ.

Для некоторых типов СИ характерна доминирующая систематическая составляющая погрешности, изменения которой можно обнаружить только через длительный интервал

времени. Систематическая медленно меняющаяся составляющая погрешности может быть определена при периодической поверке средств измерений и исключена из результатов измерений путем внесения соответствующей поправки.

Метрологическая пригодность СИ в процессе их эксплуатации — это такое состояние СИ, при котором их метрологические характеристики обеспечивают необходимое качество реализации технологических процессов и функционирования систем управления ими.

Метрологическая пригодность СИ в конкретных точках технологических процессов характеризуется одним или несколькими из следующих признаков:

- характеристики продукции соответствуют установленным требованиям;
- обеспечивается размерная и функциональная взаимозаменяемость деталей, узлов и составных частей изделий;
- режимы технологических процессов соответствуют заданным;
- расходы сырья, материалов, топлива, энергии на единицу продукции не превышают установленных норм;
- расхождения (невязки) в результатах измерений общего расхода ресурсов предприятием и суммы расходов этих ресурсов отдельными цехами (либо в другой системе измерений потоков ресурсов) не превосходят допускаемых значений;
- обеспечиваются условия техники безопасности и безвредности производства и защиты окружающей среды от вредных выбросов.

Рекомендуемые способы обнаружения метрологической непригодности средств измерений:

а) по результатам периодической поверки средств измерений, в том числе с помощью встроенных образцовых мер и устройств;

б) по результатам тестирования систем управления или их составных частей;

в) по невязкам в балансе материальных и энергетических потоков (для средств измерений расхода, массы, энергии и т.п.);

г) по расхождениям показаний дублирующих средств измерений или приведенных значений взаимосвязанных параметров;

д) по выходу измеренных значений параметра за пределы установленных границ при нормальном протекании техноло-



гического процесса, что фиксируется по показаниям средств измерений других параметров;

е) по превышению скорости изменения результатов измерений максимально возможной скорости изменения параметра.

Для СИ наиболее важных параметров поверка, выполняемая традиционными способами или с помощью встроенных средств, должна быть обязательной. Положительные результаты контроля метрологической пригодности СИ, осуществляемые любым способом, указанным в п. «б», «в», «г», могут служить предпосылкой к увеличению межповерочного интервала.

Отрицательные результаты такого контроля дают основания для внеочередной поверки или сокращения межповерочного интервала.

Наиболее надежным способом контроля метрологической пригодности СИ параметров, не относящихся к наиболее важным, но измеряющих параметры основного технологического оборудования, качественных и количественных характеристик готовой продукции, является поверка. Вместе с тем плановая поверка СИ этой группы может не проводиться, если имеется возможность реализовать одновременно два способа контроля:

- по невязке баланса потоков;
- по результатам измерений дублирующими приборами или взаимосвязанным параметрами.

Отрицательные результаты контроля одним из этих способов могут служить предпосылкой внеочередной поверки.

Нередко часть средств измерений (щитовые вольтметры, технические манометры, тягомеры, напоромеры, некоторые дифманометры и т.п.) применяют как индикаторы наличия напряжения или давления, для индикации перетоков среды и других состояний технологического процесса и оборудования. Средства измерений подобного применения могут быть переведены в индикаторы, и такие их метрологические характеристики, как погрешность и ряд других, могут не контролироваться.

## 6.15. Методики выполнения измерений

**Методика выполнения измерений** (МВИ; иногда упрощенно — методика измерений) — документированная совокуп-

ность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом. Следовательно, современные МВИ играют решающую роль в метрологическом обеспечении измерений. При разработке Государственной системы обеспечения единства измерений оказалось недостаточно иметь СИ, характеристики которых удовлетворяют традиционным требованиям, поскольку погрешность измерения часто зависит от методики измерения, погрешности метода, условий измерений и т.д.

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. Измерения такого рода 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.

Разрабатывают МВИ 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;
- 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, если в них есть необходимость.

Совокупность операций и правил, обеспечивающая получение результатов измерений с известной погрешностью, отмечает два важных признака: МВИ представляет собой описание операций и в ней предписывается погрешность измерения.

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 СИ, осуществляемый на основе нормативных документов.

В документах на МВИ указывают:

- назначение МВИ;
- условия и методы измерений;
- требования к погрешности измерений и (или) ее приписанные характеристики;
- требования к СИ, вспомогательным устройствам, материалам.

Выбор СИ — сложная задача, решение которой следует проводить на основе определенного технико-экономического критерия. 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 вычисление 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;
- подготовка нормативов и процедур контроля точности получаемых результатов измерений;
- составление документа на МВИ;
- метрологическая экспертиза проекта документов на МВИ — анализ и оценка выбора методов и СИ, операций и правил проведения измерений и обработки их результатов с целью установления соответствия МВИ предъявляемым метрологическим требованиям;
- аттестация МВИ.

**Аттестация МВИ** — установление и подтверждение ее соответствия предъявляемым к ней метрологическим требованиям. Осуществляют аттестацию путем метрологической экспертизы документации, теоретических или экспериментальных исследований МВИ. Аттестованные МВИ подлежат метрологическому надзору и контролю (ГОСТ Р 22.2.04—94).

При аттестации МВИ допускается указывать типы средств измерения, их характеристики и обозначения документов, где приведены требования к средству измерений:

- 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.

Как следует из определения, СВИ представляет собой технологический процесс измерения. Поэтому нельзя смешивать МВИ и документ на МВИ, поскольку не все методики описаны соответствующим документом. Для измерений, проводимых с помощью простых показывающих приборов, не требуется особых документированных МВИ. В этих случаях достаточно в нормативной документации указать тип и основные метрологические характеристики средств измерений.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000 предусматривает прослеживаемость измерений до единиц Международной системы (СИ). Дело в том, что если поверка или калибровка подтвердила, что измерительное оборудование работает правильно (в соответствии с техническими условиями на него), то обычно считают, что полученные при его использовании погрешности не превышают установленных пределов допустимой погрешности, причем это распространяется на весь период эксплуатации до следующей поверки или калибровки. Это предположение может оказаться ошибочным в рабочих условиях, более жестких, чем контролируемые условия поверки или калибровки. Поэтому может оказаться целесообразным компенсировать эту разницу путем сличения с соответствующим рабочим эталоном.

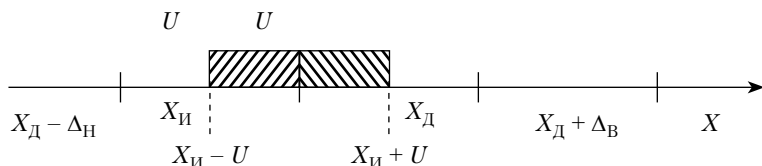
Неразрывная цепь калибровок или сопоставлений может быть достигнута за несколько этапов, выполняемых различными лабораториями. Так что данная процедура может быть весьма продолжительной и трудоемкой, если потребует проведение межлабораторных сравнений результатов испытаний и (или) калибровок. При этом должна быть гарантирована

и оценка неопределенности: «Оценка неопределенности измерения должна быть выполнена по каждому процессу, включенному в систему управления измерениями. Анализ неопределенности измерения должен быть закончен до начала метрологического подтверждения измерительного оборудования и до подтверждения соответствия процесса измерения установленным для него требованиям».

Надо сказать, что использование понятия «неопределенность результата измерения» позволяет обойтись без стилистически неудачного выражения «погрешности от погрешности» или «погрешности определения погрешности».

Прогнозируемое на межповерочный интервал соответствие СИ требованию по пределам погрешностей (по нестабильности за межповерочный интервал — для градуируемых СИ) опирается на результаты предшествовавших испытаний СИ с целью утверждения типа с утверждением методики поверки и межповерочного интервала. Формулировка действий в этапах поверки ориентирована на СИ, у которых доминирует систематическая погрешность, определяемая в эксперименте, а случайная составляющая погрешности входит в суммарную расширенную неопределенность измерения. Такая ситуация обычна для большинства видов современных СИ и для них систематическая погрешность фактически совпадает с общей погрешностью. Для СИ, у которых систематическая погрешность не обнаруживается в эксперименте на фоне доминирующей расширенной неопределенности измерения, при оценке соответствия используется критерий:  $U$  не выходит за установленные пределы допускаемой погрешности.

Расширенной неопределенностью  $U$  измерения при поверке на этапе подтверждения соответствия (рис. 6.22) пре-



**Рис. 6.22. Схема учета неопределенности при подтверждении соответствия поверяемого СИ:**

$X_Д$  — действительное значение (показание эталона);  $X_И$  — показания поверяемого прибора (номинальные значения);  $\Delta_Н$ ,  $\Delta_В$  — нижний и верхний пределы допускаемой погрешности на поверяемое СИ (обычно  $\Delta_Н = \Delta_В = \Delta$ )

небрегают, если  $U \leq \Delta / 3$ . Наиболее распространенный вариант критерия соответствия при поверке: годным считать СИ, если  $|X_{\text{и}} - X_{\text{д}}| \leq \Delta - U$ , т.е. предела допускаемой погрешности, уменьшенной на значение расширенной неопределенности. Возможны и иные варианты критериев соответствия.

В сертификате калибровки, не являющемся документом обязательного подтверждения соответствия (см. резолюцию 11 XXII ГКМВ, 2003 г.), приводятся результирующие данные измерительного эксперимента. Сертификат не гарантирует длительную неизменность этих данных. Здесь уместно заметить, что при наличии сведений о результатах предшествовавших калибровок данного конкретного СИ путем сравнения с ними результатов проведенной калибровки может быть сделан вывод о стабильности (или нестабильности) данного СИ. На основе этого потребитель может принять решение о межкалибровочном интервале времени, хотя неопределенность результата калибровки нельзя считать метрологической характеристикой СИ.

### **6.16. Внедрение стандартов ИСО 5725 в практику метрологического обеспечения**

Стандарты ГОСТ Р ИСО 5725 четко обозначили два направления деятельности метрологических лабораторий.

Первое — это взвешенное оценивание характеристик погрешности и (или) ее составляющих с применением методов межлабораторного эксперимента. В этом случае для стандартизованных методик (исключаются методики, оформленные в виде стандартов предприятий, имеющих ограниченную область применения) возможно объективное установление приписанной характеристики погрешности или ее составляющих.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 воспроизводимость рассматривается как один из крайних случаев прецизионности (в условиях получения результатов в разных лабораториях). Это обстоятельство диктует ввести определенные коррективы в формы представления результатов в протоколах измерений (испытаний), выдаваемых конкретной лабораторией, ибо в рамках конкретной лаборатории погрешность результата обусловлена промежуточной (внутрилабораторной) прецизионностью. Под внутрилабораторной

прецизионностью понимают промежуточную прецизионность, обусловленную вариацией всех возможных факторов, которые могут формировать разброс результатов измерений в рамках данной лаборатории.

Второе направление — применение показателей качества методик (точности, прецизионности, правильности), т.е. по сути контроль качества результатов измерений.

Внедрение стандартов ИСО 5725 позволит в силу их взаимосвязи с ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000, конкретизировать требования к Руководству по качеству лаборатории в части регламентации в них процедур контроля стабильности результатов анализа. Внедрение стандартов ИСО 5725 позволит устранить сложившиеся противоречия между различными системами аккредитации измерительных лабораторий и лабораторий, осуществляющих испытания, в основе которых лежат измерительные процедуры.

Каждая стандартизованная (документированная) МВИ должна обладать двумя обязательными показателями — правильностью и прецизионностью. Правильность метода характеризуется способностью МВИ дать верный (правильный!) количественный результат измерений (испытаний), а прецизионность метода гарантирует с определенной вероятностью повторение полученного результата.

Поскольку стандарты ИСО 5725 вносят существенные коррективы в процедуры обеспечения точности (качества) измерений (испытаний), то главной задачей испытательных лабораторий становится освоение и внедрение регламентированных ИСО 5725 процедур внутрилабораторного контроля качества (точности).

Таким образом, можно считать, что основными направлениями внедрения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 в практику лабораторий являются:

- прямое применение международных правил для оценки качества методик выполнения измерений (испытаний, анализа);
- разрешение спорных ситуаций между поставщиком и получателем продукции либо заказчиком и исполнителем услуг;
- внутрилабораторный контроль качества (точности) результатов измерений (испытаний, анализа);
- установление систематической погрешности лаборатории (п. 3.9 ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002) и контроль ее стабильности в условиях промежуточной прецизионности;

— участие лабораторий в межлабораторных экспериментах по оценке точности (правильности и прецизионности) МВИ при их разработке, в том числе с целью последующей стандартизации;

— разработка МВИ на базе ГОСТ Р ИСО 5725-5—2002.

Основные мероприятия по внедрению в лаборатории стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 должны быть нацелены на изучение и освоение положений и процедур, регламентированных в ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 и ГОСТ Р ИСО 5725-6—2002, а также ГОСТ Р ИСО 5725-2—2002 (в части способов оценки повторяемости и воспроизводимости), ГОСТ Р ИСО 5725-3—2002 (в части способов оценки промежуточных показателей прецизионности) и ГОСТ Р ИСО 5725-4—2002, который устанавливает способы оценки систематической погрешности лаборатории.

При внедрении стандартов следует иметь в виду, что стандарты, определенные в п. 3.16 и 3.20 ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 «предел повторяемости (сходимости)» ( $r$ ) и «предел воспроизводимости» ( $R$ ) «привязаны» к расхождениям между двумя результатами измерений, полученными соответственно в условиях повторяемости по п. 3.14 (между двумя повторами или, что то же, между двумя параллельными определениями) и в условиях воспроизводимости по п. 3.18 (в разных лабораториях). Согласно этим стандартам оба результата, полученные в условиях повторяемости, признаются приемлемыми, если абсолютное расхождение между ними не превышает предела повторяемости  $r$ , установленного в стандарте на метод испытаний или в документе на МВИ. В качестве окончательного результата в этом случае указывается среднее арифметическое значение результатов двух измерений.

К сожалению, это положение стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 не всегда учтено в действующих стандартах на методы испытаний продукции и документах на МВИ (в том числе в свидетельствах об аттестации МВИ).

Очень часто в стандартах, регламентирующих процедуру выполнения измерений (испытаний, анализа), указывают, что измерение проводят не менее трех (а иногда и более) раз, за результат измерения принимают среднее арифметическое из трех (или более) результатов, допускаемые расхождения между которыми устанавливаются не по абсолютной разности между тремя (или более) результатами ( $x_{\max} - x_{\min}$ ), а в относительных процентах от среднеарифметического, т.е. от



окончательного результата измерения. Определяемое таким образом допускаемое расхождение по существу не является допускаемым расхождением между параллельными определениями. Это всегда должно быть абсолютное значение с установленной доверительной вероятностью и только оно может рассматриваться в качестве предела (норматива) повторяемости (сходимости)  $r$  по ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002.

Если в стандарте на методы контроля предусмотрено получение результатов измерений в разных лабораториях и в результате контроля предел воспроизводимости ( $R$ ) превышен, необходимо выяснить, вызвано ли превышение низкой повторяемостью ( $r$ ) результатов измерений в одной из лабораторий и (или) различием в испытуемых объектах.

Внедрение стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 — основа для эффективного назначения характеристик погрешности стандартизуемых методик испытаний и подтверждения компетентности испытательных лабораторий, поскольку эти стандарты определили понятие погрешности методик измерений, номенклатуру характеристик составляющих погрешности, расставили акценты в системе требований к процедурам их оценивания, процедурам внутрилабораторного контроля точности результатов измерений при применении методик. Эти стандарты взаимосвязаны с важнейшим стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000, требованиями которого руководствуются при подтверждении компетентности испытательных и измерительных лабораторий при их аккредитации. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000 в рамках требований компетентности важнейшее место отводит контролю стабильности результатов измерений в пределах лаборатории, процедуры которого должны быть прописаны в Руководстве по качеству лаборатории. Стандарты ГОСТ Р ИСО 5725 содержат алгоритмы контроля стабильности результатов измерений, реализуемые путем контроля показателей внутрилабораторной прецизионности (промежуточной прецизионности) и контроля систематической погрешности лаборатории при применении конкретной методики измерений.

Важно подчеркнуть, что стандарты ГОСТ Р ИСО 5725 подтвердили правильность той идеологии, которая была положена в основу аккредитации в Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) (СААЛ): неправомерна постановка вопроса о компетентности аналитической лаборатории, если лаборатория не в состоянии гарантировать и подтвердить качество получаемых результатов.

## 6.17. Гармонизация метрологических правил и норм

Одна из основных задач законодательной метрологии состоит в гармонизации (согласовании) метрологических правил и норм, действующих в разных странах.

Известно, что проблемы гармонизации метрологических правил и норм касаются как норм технических, так и норм общеправового содержания, в частности: норм, определяющих правовые основы метрологической деятельности; ее инфраструктуру; государственное управление метрологией; систему и компетенцию государственных органов власти, осуществляющих руководство этой деятельностью; права и обязанности уполномоченных организаций и лиц; порядок выполнения метрологических работ; требования к квалификации специалистов; к информации; основы государственного метрологического надзора и ответственность за нарушение метрологических требований; принципы международного сотрудничества в области метрологии и т.п.

В рамках МОЗМ гармонизация национальных норм стран — членов МОЗМ реализуется по их собственному усмотрению и на добровольных началах.

На иной основе гармонизация норм реализуется в рамках Евросоюза, где трансформация в национальное законодательство европейских директив, базирующихся на взаимно признанных или согласованных национальных нормах, является уставной обязанностью каждого члена Союза.

Гармонизация норм может осуществляться и в одностороннем порядке, по инициативе страны, желающей воспользоваться положительным зарубежным опытом и заинтересованной во внедрении в свое законодательство положений, эффективность которых уже подтверждена.

Рассмотрим наиболее важные положения, предусматриваемые международными документами последнего времени, проанализированные в работах Л. К. Исаева.

**Документ МОЗМ Д 1 2005 г., озаглавленный «Элементы закона по метрологии»**, заслуживает особого внимания. В отличие от своего предшественника — МОЗМ Д 1 1975 г., которым была представлена типовая модель закона по метрологии, МОЗМ Д 1 2005 г. не ограничивается определением круга вопросов, подлежащих законодательному регулированию. Этот Документ относится к документам концептуальным. Основные принципы и аспекты метрологической деятельно-

сти определены Д 1 2005 г. с учетом условий современного мира. В связи с этим значительное внимание уделено также вопросам международного сотрудничества в области метрологии, включая вопросы гармонизации и сближения национальных правил и норм.

Д 1 2005 г. подчеркивается, что по мере расширения участия государств в транснациональных, региональных и международных торговых соглашениях потребность в национальных законах по метрологии возрастает, поскольку международные договоренности базируются, как правило, на положениях национального законодательства. Приводится при этом ссылка на Соглашение о технических барьерах в торговле, реализуемое в рамках ВТО, которым в целях гармонизации национальных требований на страны возлагается обязанность принимать национальные нормативные документы на базе существующих международных стандартов. Это положение имеет принципиальное значение для России, учитывая подготовку страны к вступлению в ВТО.

Поощряется также активное участие стран в международных системах оценки соответствия и в соглашениях о взаимном признании правил и норм. Это соотносится с содержанием директив ЕС, положения которых включают ссылки на требования известных международных стандартов, в том числе стандартов серии ИСО 9000 и др. Подчеркивается необходимость достижения «эквивалентности систем законодательной метрологии» и совместимости национальных правил законодательной метрологии с рекомендациями МОЗМ.

Чрезвычайно важными являются положения, касающиеся национальной метрологической инфраструктуры и ее элементов. Эти вопросы рассматриваются весьма детально. Выделяются положения, касающиеся национальной политики в области метрологии. Согласно Д 1 2005 г. определение национальной политики отнесено к числу функций, осуществляемых правительством.

Документами МОЗМ, определяющими значение и компетенцию органов власти в области метрологии, подчеркивается необходимость строжайшего соблюдения принципа централизованного государственного руководства этими вопросами. Пункт III.2 гласит: «Всеми направлениями политики в области метрологии на центральном уровне (научными, промышленными и законодательными видами работ) должен руководить или координировать один единственный, центральный орган власти. Нецелесообразным и непоследователь-

ным явилось бы решение о создании различных центральных органов, на каждый из которых возложена ответственность за различные аспекты политики в области метрологии, что повлекло бы пренебрежительное отношение к вопросам координации этой деятельности». Эти положения полностью расходятся с реалиями отечественной практики, допускающей ничем не обоснованное распределение управленческих функций в области метрологии между двумя федеральными органами исполнительной власти РФ — Минэнерго России и Ростехрегулированием.

Большое значение придается вопросам аккредитации измерительных и испытательных лабораторий и, в отличие от практики, сложившейся в нашей стране, эти вопросы отнесены к сфере метрологии. Предусмотрено, что обязанность увязки метрологической деятельности с деятельностью национальной системы аккредитации должна быть возложена на центральный орган власти по метрологии, имея в виду необходимость создания прочной метрологической базы для этой системы.

При рассмотрении вопросов инфраструктуры выделяются положения о территориальных органах по метрологии и об их взаимоотношениях с высшими органами власти. Подчеркивается также необходимость поддержания тесной связи между законодательной метрологией, с одной стороны, и наукой и научными исследованиями, с другой. Отдельная глава посвящена национальным метрологическим институтам, на которые возлагается исключительно широкий круг обязанностей, рекомендуется развивать механизм сочетания научной и законотворческой деятельности.

**Документ МОЗМ Д 9 «Принципы метрологического надзора»**, утвержденный в 2004 г., направлен на устранение технических барьеров в торговле и на обеспечение беспристрастности на рынке. Цель Документа — создание модели метрологического надзора, которая может служить в качестве основы для гармонизации метрологического надзора на международном уровне.

Наряду с положениями, регламентирующими традиционные вопросы метрологического контроля и надзора (область распространения, разновидности контрольно-надзорной деятельности и др.), Д 9 вводит ряд новых понятий контроля и надзора, осуществление которых полностью подчинено особенностям современных рыночных отношений.

Так, Документ включает понятие «оценка соответствия средств измерений», определяемое как «испытание

и оценка средств измерений, проводимые в целях подтверждения, что средство измерений, а также разовая партия или серийно произведенные средства измерений соответствуют (или не соответствуют) всем установленным требованиям, распространяющимся на данный тип средств измерений». Определение дополняется примечанием о том, что оценка соответствия включает не только метрологические требования, но также требования, связанные с безопасностью, электромагнитной совместимостью, идентификацией программного продукта, удобством использования, маркировкой и т.д. Здесь важно заметить, что термин «оценка соответствия средств измерений» вводится не взамен поверки или утверждения типа средств измерений, содержание и значение которых полностью сохраняются и реализуются до поступления товара на рынок. Оценка соответствия средств измерений производится после размещения товара на рынке, причем в рамках надзора за рынком, в целях проверки правильности декларации о соответствии, заявленной изготовителем.

Д 9 разграничивает понятия «размещение на рынке», т.е. первичное поступление средства измерений или фасованного товара на рынок, и «введение в обращение», т.е. первичное применение средства измерений конечным пользователем.

Предлагаются две новые разновидности надзора: надзор за системой управления качеством и надзор за рынком. При этом традиционные формы метрологического контроля и надзора (утверждение типа, поверка, надзор за состоянием и применением средств измерений и др.) подлежат сохранению. До поступления товара на рынок стороны могут действовать на основе своего национального законодательства (национальной законодательной метрологии), и только впоследствии, в зависимости от договоренностей между сторонами (либо в свободной экономической зоне), ими могут быть применены также новые виды метрологического контроля и надзора. Таким образом, порядок осуществления метрологического контроля и надзора дифференцируется в зависимости от стадии его осуществления: до или после поступления товара на рынок.

Привлечение частных организаций к выполнению операций по метрологическому контролю и надзору допускается, однако, с существенной оговоркой о том, что частным организациям может быть поручено выполнение только технических операций. Действия, имеющие юридическое значение

или влекущие юридические последствия, составляют прерогативу исключительно представителей органов власти.

Заслуживает внимание положение, согласно которому в качестве профилактической меры предусмотрена предварительная регистрация компетентными органами власти владельцев средств измерений. Регистрация касается также изготовителей, монтажников и ремонтников. Действующим законодательством РФ, в отличие от ранее действовавшего, такая форма надзора не предусмотрена, что представляется не вполне оправданным.

**Документ МОЗМ Д 27 «Первичная поверка средств измерений с использованием системы управления качеством изготовителя»** представляет модель внедрения и реализации правил законодательной метрологии по первичной поверке с использованием системы управления качеством изготовителя. По своему содержанию это руководство для компетентного органа власти, уполномоченного предоставлять изготовителю право декларировать соответствие СИ требованиям законодательной метрологии по первичной поверке. Первичная поверка СИ, осуществляемая либо непосредственно после их изготовления, либо после установки, но до начала эксплуатации, представлена Документом как элемент системы управления качеством.

Как следует из Д 27, согласование положений, регламентирующих систему управления качеством, с правилами законодательной метрологии потребовало использования ряда терминов, применяемых документами системы управления качеством. Например, «оценка типа СИ»; «метрологическое подтверждение»; «уполномоченный изготовитель» (т.е. организация, уполномоченная компетентным органом декларировать соответствие изготовленного средства измерений установленным требованиям) и др. «Декларация о соответствии» определяется как заявление, сделанное под личную ответственность уполномоченного изготовителя, имеющего признанную систему качества и подтверждающего, что средства измерений соответствуют правилам законодательной метрологии о первичной поверке, выполненной в соответствии с утвержденным типом. При этом подчеркивается, что система управления качеством изготовителя, используемая для обеспечения соответствия средств измерений требованиям законодательной метрологии к первичной поверке, должна быть подконтрольной национальному органу власти по законодательной метрологии.

Что касается измерительного и испытательного оборудования, применяемого при осуществлении этих операций, то оно подлежит метрологическому подтверждению, осуществляемому в соответствии с положениями международного стандарта ИСО 10012 «Системы управления измерениями. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию».

Таким образом, Д 27, формулируя весь объем требований к первичной поверке, подлежащих метрологическому надзору в условиях признанной системы управления качеством изготовителя, предлагает принципиально новый подход к реализации поставленных задач.

**ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».** Стандарт базируется на Руководстве ИСО/МЭК 25, ЕН 45001 и включает все требования ИСО 9001 и ИСО 9002, относящиеся к сфере испытаний и калибровки, реализуемые в системе управления качеством. Стандартом предусмотрено, что «признанию результатов испытаний и калибровок, проводимых в разных странах, следует содействовать при условии, если лабораториями соблюдается настоящий стандарт и они аккредитованы органами, заключившими соглашения о взаимном признании с аналогичными органами других стран в соответствии с настоящим стандартом».

Стандартом определены обязанности испытательных и калибровочных лабораторий и, в частности, их обязанности по установлению, внедрению и поддержанию принятой системы качества. Предусмотрено, что методы испытаний и калибровок должны определяться при заключении контрактов с клиентами и на основе учета заявки и потребностей заказчика.

**Международный стандарт ИСО 10012:2003 «Системы управления измерениями. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию»** также относится к группе документов, в которых четко прослеживается тесное взаимодействие МОЗМ с другими международными организациями, а требования к процессам измерений и измерительному оборудованию формулируются применительно к системе управления качеством. Предусмотрено, что процессы измерений должны рассматриваться как специальные процессы, направленные на поддержание качества продукции, производимой организацией, а ответственность за установление требований к системе управления измерениями несут соответствующие организации.

Определены также метрологические требования к процессам измерений и измерительному оборудованию: требования к идентификации измерительного оборудования; к калибровке, поверке и подтверждению пригодности измерительного оборудования, применяемого в соответствии с конкретным видом продукции; требования к методам и процессам выполнения измерений, которые формулируются с учетом потребностей потребителя; требования к неопределенности измерений и прослеживаемости и др. Подчеркивается необходимость привлечения надежных калибровочных лабораторий. Вышнему руководству организации вменяется в обязанность образование специальной метрологической службы и поддержание ее в рабочем состоянии. Вся полнота ответственности за соблюдение требований стандарта возлагается на руководство организации. Особенности постановки метрологических задач проявляются в четко выраженной ориентации на интересы потребителя.

Большое значение придается ответственности за качество выпускаемой продукции ее изготовителем (обозначается знаком «СЕ»). Для средств измерений, в отличие от других видов продукции, предусмотрена дополнительная метрологическая маркировка «М». Ответственность изготовителя за соблюдение требований Директивы должна быть специально оговорена.

Анализ изложенных правовых документов позволяет сделать следующие выводы:

- международные документы по метрологии, принятые в течение последнего десятилетия, включили ряд принципиально новых положений, не получивших еще отражения в нормативных правовых актах РФ.

В целях дальнейшего сближения отечественных и международных правил законодательной метрологии дополнительное изучение заслуживают вопросы:

- метрология выступает как обособленный элемент в общей системе государственного управления. Это, в первую очередь, касается вопросов инфраструктуры и научной обоснованности метрологической деятельности, необходимости соблюдения принципа централизованного государственного руководства этой деятельностью, установления единых правовых основ этой деятельности;

- возросшее значение международного сотрудничества в области метрологии, включая проблемы сближения, гармонизации и согласования метрологических правил и норм,



должно найти отражение этих положений в отечественной законодательной метрологии;

- задачи метрологических служб в реализации систем управления качеством занимают ведущее место;

- возникла новая разновидность метрологического надзора — надзор за рынком и надзор за системой качества.

В международных документах в области метрологии выделяются два основных вида деятельности по подтверждению соответствия СИ требованиям законодательной метрологии:

- испытания с последующим утверждением типа;
- подтверждение соответствия характеристик индивидуального СИ нормам, установленным при утверждении типа.

В последнее время с внедрением в практику так называемого нового европейского подхода и с принятием документов, основанных на этом подходе, в частности, Директивы 2004/22/ЕС, все больше внимания уделяется таким процедурам, как декларация изготовителя и оценка соответствия. Отметим, что утверждение типа «в настоящее время» является главным условием, обеспечивающим наиболее полное соответствие требованиям законодательной метрологии и создающим предпосылки для нанесения соответствующей индивидуальной маркировки на СИ.

Для тех СИ, для которых проводились испытания и утверждался тип, поверка, как первичная, так и периодическая, сводится к проверке выполнения двух видов требований:

- административных (наличие необходимых свидетельств и сертификатов, наличие предписанной маркировки, наличие и правильность установки защитных пломб и клейм и т.д.);

- технических, включая метрологические.

Если СИ не подвергались испытаниям с целью утверждения типа, то содержание первичной поверки существенно расширяется. В этом случае возникает необходимость подтверждения того, что конкретное измерительное устройство соответствует всем требованиям законодательной метрологии к подобным СИ. Поэтому, помимо определенных испытаний (контроля), должны также использоваться данные об изготовителе, его декларация соответствия, а в некоторых случаях — его система обеспечения качества. Простого контроля технических характеристик в данном случае недостаточно.

Обеспечение возможности взаимного признания результатов первичной поверки нацелено на предотвращение размещения на рынке и (или) ввода в эксплуатацию СИ, не отвечающих установленным для них требованиям.

Ту же цель преследуют схемы подтверждения соответствия, установленные для различных групп СИ в приложениях МІ-001 ± МІ-010 к директиве 2004/22/ЕС Европейского парламента и Совета на СИ. В приложениях рассмотрены десять возможных схем такого подтверждения:

- В + D — Испытание типа + Декларация соответствия типу на основе обеспечения качества процесса производства;
- В + E — Испытание типа + Декларация соответствия типу на основе обеспечения качества контроля и испытания конечной продукции;
- В + F — Испытание типа + Декларация соответствия типу на основе проверки продукции;
- А1 — Декларация соответствия типу на основе внутреннего контроля производства и испытания продукции нотифицированной организацией;
- D1 — Декларация соответствия на основе обеспечения качества процесса производства;
- E1 — Декларация соответствия на основе обеспечения качества контроля и испытания конечной продукции;
- F1 — Декларация соответствия на основе проверки продукции;
- G — Декларация соответствия на базе проверки образца;
- Н — Декларация соответствия на базе полного обеспечения качества;
- Н1 — Декларация соответствия типу на основе полного обеспечения качества и проверки разработки.

Приведенные требования Директивы по оценке соответствия СИ, размещаемых на рынке, распространяются либо на систему контроля средств измерений (А1, F, F1, G), либо на систему качества производителя (D, D1, E, E1, H, H1). Процедуры D, D1, E, E1, H и H1 предполагают наличие у изготовителя развитой системы качества. Минимальные требования к такой системе предъявляются в процедурах D и D1. Основным различием этих двух процедур является то, что первая из них предполагает проведение испытаний и утверждение типа СИ до начала их производства, а вторая допускает оценку соответствия типа СИ предъявляемым к нему требованиям на основе технической документации изготовителя.

## 6.18. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний

**Анализ состояния измерений, контроля и испытаний** проводится с целью установления соответствия современным требованиям средств и методов измерений и для разработки на этой основе мероприятий по совершенствованию МО предприятий. При разработке документированной процедуры, регламентирующей проведение анализа, целесообразно руководствоваться требованиями национальных стандартов: ГОСТ Р 8.563—96 ГСИ «Методики выполнения измерений»; ГОСТ Р 8.568—97 ГСИ «Аттестация испытательного оборудования. Основные положения»; ГОСТ 51000.4—96 ГСИ «Система аккредитации в Российской Федерации. Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий и инструкций»; МИ 2240—98 ГСИ «Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии, в организации, объединении. Методика и порядок проведения работы»; МИ 2386—96 ГСИ «Анализ измерений, контроля и испытаний в центрах (лабораториях), осуществляющих сертификацию продукции и услуг. Методика проведения работы»; МИ 2427—97 ГСИ «Оценка состояний в испытательных и измерительных лабораториях» и МИ 2304—94 ГСИ «Метрологический контроль и надзор, осуществляемый МС юридических лиц».

При проведении анализа состояния измерений устанавливают:

- влияние состояния измерений на основные технико-экономические показатели предприятий отрасли: качество, систему учета и сроки выпуска продукции, производительность труда, экономию различных видов материальных ресурсов и эксплуатационных затрат, снижение себестоимости продукции, эффективность мероприятий по охране труда и окружающей среды;
- наличие на предприятиях и в организациях НТД, регламентирующей требования к средствам и методам измерений, испытаний и контроля параметров продукции в процессе ее производства, испытания, приемки и эксплуатации и правильность отражения в этой НТД конкретных требований к нормам точности, методам, средствам, условиям, процедуре выполнения измерений и способам оценки точности измерений, испытаний и контроля основных параметров продукции или технологических процессов;

- состояние внедрения и соблюдения на предприятиях и в организациях основополагающих государственных стандартов, ГСИ и НТД, регламентирующих требования к обеспечению единства и требуемой точности измерений, испытаний и контроля на всех стадиях разработки, производства, испытаний, приемки и эксплуатации продукции;
- состояние оснащения предприятий и организаций современными средствами измерений, испытаний, контроля, необходимыми для обеспечения оптимальных режимов технологических процессов, внедрения АСУ ТП, объективного контроля качества сырья, материалов, комплектующих, узлов и блоков изделий, полупродуктов и готовой продукции, соблюдения правил безопасности труда, учета всех видов материальных ресурсов, а также для проведения НИОКР;
- обеспеченность планируемых разработок новой техники и технологии, освоения их производства и внедрения средствами измерений, испытаний, контроля, отвечающими по точности, быстродействию, производительности и уровню автоматизации требованиям проектной, конструкторской и технологической документации;
- соответствие научно-технического уровня находящихся в обращении средств измерений, испытаний и контроля современным требованиям разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции, а также лучшим зарубежным аналогам;
- эффективность использования находящихся в обращении средств измерений, испытаний, контроля, средств их градуировки, поверки и аттестации, интенсификация использования дефицитных средств, в том числе на основе развития коллективных форм пользования (проката) средств измерения;
- укомплектованность служб квалифицированными кадрами, их роль в обеспечении качества выпускаемой продукции, взаимодействие с органами Ростехрегулирования;
- состояние аттестации, унификации и стандартизации применяемых в отрасли МВИ, испытаний и контроля важнейших параметров продукции, технологических процессов, опасных и вредных производственных факторов, состояния окружающей природной среды;
- состояние применяемых в отрасли средств измерений, испытаний, контроля, обеспеченность их метрологическим обслуживанием (поверкой, метрологической аттестацией, ремонтом), в том числе образцовыми СИ, поверочным обо-

дованием, стандартными образцами состава и свойств веществ и материалов, нормативно-техническими документами, необходимыми для поверки и аттестации применяемых СИ; состояние аттестации НСИ и испытательного оборудования в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов; состояние работ по автоматизации поверки с целью повышения достоверности результатов поверки, увеличения производительности и снижения трудоемкости поверочных работ; обеспеченность специальными помещениями, необходимыми для проведения метрологических работ и хранения средств измерений; обеспеченность ремонтно-поверочным оборудованием, запасными частями, ремонтной документацией, необходимыми для централизованного ремонта применяемых СИ;

- эффективность работ по проведению МЭ проектной, конструкторской и технологической документации, проектов нормативно-технических документов;

- состояние работ, выполняемых для организаций и предприятий отрасли органами Ростехрегулирования;

- потребность предприятий и организаций отрасли в серийно выпускаемых и новых типах средств измерений, испытаний и контроля, средств их градуировки, поверки, метрологической аттестации, необходимых для дооснащения производственных процессов, научно-исследовательских, проектно-конструкторских, испытательных подразделений и организаций, органов метрологических служб;

- потребность в стандартных справочных данных о свойствах веществ и материалов, необходимых для повышения точности и достоверности оценки результатов измерений, испытаний и контроля качества продукции и параметров технологических процессов;

- потребность отрасли в кадрах специалистов-метрологов, в том числе в кадрах поверителей.

Работы по анализу состояния измерений проводятся в соответствии с координационным планом работ по разработке программы МО. По решению министерства (ведомств) и Ростехрегулирования для лучшей организации работ могут издаваться совместные приказы, в которых устанавливают: сроки проведения анализа и представления материалов анализа в базовые организации МС; перечень предприятий и организаций, подлежащих обследованию; состав бригад для проведения обследования, сроки его проведения и представления материалов; сроки и место проведения организацион-

ного совещания о порядке, методике и сроках проведения обследования; организации от министерства и Ростехрегулирования, ответственные за проведение совещания, обобщение материалов анализа, подготовку предложений к проекту программы и пояснительной записки доклада, срок утверждения структуры программы и ответственных за ее составление и согласование; срок представления проекта программы на утверждение.

Анализ фактического состояния измерений на предприятиях и в объединениях проводится специалистами всех технических служб под руководством главного метролога. Совместно с техническими службами в проведении анализа принимают участие и другие специалисты, назначенные приказом.

По результатам анализа состояния измерений на предприятии составляется пояснительная записка, к которой прилагаются все исходные материалы. В пояснительной записке указывается краткая характеристика производственных процессов и выпускаемой предприятием продукции, а также излагаются основные результаты анализа и предложения по улучшению метрологического обеспечения производства на обследованном предприятии. Данные предложения при обобщении материалов по предприятиям отрасли включают в проект программы метрологического обеспечения отрасли.

Работа по анализу состояния измерений отличается от контрольно-ревизионной. Она не имеет целью применение к предприятиям мер воздействия при обнаружении недостатков. По результатам анализа должны быть разработаны мероприятия по улучшению МО с указанием конкретных сроков их выполнения.

Программы метрологического обеспечения, как правило, включают разделы, которые предусматривают:

- создание и освоение новых средств измерений и испытаний, необходимых для создания и внедрения новой техники и технологии, контроля и автоматизации систем управления технологическими процессами, контроля качества конечной продукции, сырья, материалов, комплектующих изделий;
- проведение научно-исследовательских работ по разработке, пересмотру и аттестации методик выполнения измерений основных параметров технологических процессов, сырья, материалов, полуфабрикатов и конечной продукции, в том числе методик химико-аналитического, металлографического неразрушающего и активного контроля;

- аттестацию нестандартизованных средств измерений и испытаний;

- разработку и пересмотр НТД на методы испытаний и методики выполнения измерений, испытаний и контроля качества продукции, сырья, материалов с целью введения прогрессивных методов и средств, обеспечивающих заданную точность результатов измерений, контроля и испытаний, в том числе стандартизацию методик массовых измерений по результатам их аттестации;

- разработку и организацию изготовления, в том числе в рамках действующих международных соглашений, государственных специальных и рабочих эталонов, образцовых средств измерений, поверочного оборудования, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, необходимых для аттестации и поверки средств измерений, контроля и испытаний, а также для аттестации применяемых методик выполнения измерений, контроля и испытаний;

- выполнение научно-исследовательских работ (НИР) по разработке новых методов измерений, контроля, испытаний;

- разработку НТД на методы и средства поверки средств измерений, применяемых при производстве продукции;

- разработку НТД, определяющих систему МО как подсистему отраслевых систем технологической подготовки производства и управления качеством продукции;

- подготовку кадров метрологов для подразделений метрологических служб;

- предложения по строительству и расширению приборостроительных предприятий, ремонтно-поверочных и других метрологических комплексов в системе отрасли. В программу можно включать не все перечисленные выше разделы, а лишь необходимые. По решению министерства-разработчика в структуре программы могут быть представлены и другие разделы.

В каждом из разделов программы устанавливаются начальные и конечные сроки исполнения работ, сроки промежуточных этапов, указываются ответственные исполнители, организации-заказчики и организации, с которыми согласуются технические задания. Этапы по каждому заданию и сроки их выполнения определяют в зависимости от состояния работ и установленного конечного срока.

В заданиях по созданию новых средств измерений, испытаний и контроля, к примеру, предусматривают следующие

этапы: НИР, выдачу исходных требований к СИ, разработку технической документации, изготовление опытных образцов и проведение их государственных приемочных испытаний, корректировку документации и подготовку к производству, выпуск установочной серии, организацию серийного производства.

В заданиях по разработке или пересмотру НТД на методы испытаний и методики выполнения измерений основных параметров технологических процессов, конечной продукции предусматривают такие этапы: НИР по разработке методики и ее метрологическим исследованиям, аттестации, представление предложений по стандартизации методики, утверждение технического задания на разработку (пересмотр) НТД на методику испытания, разработку первой редакции проекта НТД, проведение научно-технической экспертизы, разработку окончательной редакции проекта НТД, утверждение НТД, введение в действие НТД.

К программе МО прилагается пояснительная записка, содержащая научно-техническое и технико-экономическое обоснование программы, в которой указывают: цель ее разработки в соответствии с утвержденным исходным заданием, краткое изложение выполненных НИОКР, результаты которых предполагается использовать в ходе реализации программы, экономическую эффективность от реализации отдельных заданий, разделов и программы в целом с учетом перспектив развития отрасли, результаты увязки разработанной программы с реализацией утвержденных ранее программ.

Согласование, утверждение и регистрация программ, проекты программ МО отраслей народного хозяйства и промышленности согласуются с министерствами (ведомствами) — генеральными заказчиками. Согласование обеспечивает министерство (ведомство), ответственное за разработку программы.

Перед согласованием проводится экспертиза проекта программы. Для этого во ВНИИМС представляется проект программы, подписанный всеми исполнителями разработки, с приложением доклада о состоянии измерений в отрасли и пояснительная записка к программе.

По результатам анализа состояния измерений на предприятии разрабатывается стандарт организации (СТО) «Метрологическое обеспечение на предприятии» на базе системы метрологического обеспечения.



## 6.19. Система метрологического обеспечения

Система метрологического обеспечения (СМО) охватывает метрологические службы, нормативную, материальную и информационную базы. Поэтому уровень СМО должен характеризоваться наличием НТД, регламентирующей требования к точности СИ и методике выполнения измерений; наличием самих СИ, МВИ, образцовых мер, эталонов; состоянием СИ; квалификацией обслуживающего персонала; правилами взаимодействия МС различного подчинения. Как правило, МО должно охватывать разные по назначению измерительные объекты: контрольно-измерительные приборы и установки, диагностическое оборудование, испытательное оборудование и комплексы (особенно в ремонтных подразделениях), а также широкую номенклатуру технологического и вспомогательного оборудования.

Для разработки структуры СМО необходимо сформулировать методологические принципы МО.

Учитывая, что МО предназначено для повышения эффективности и качества эксплуатации ТС, первый методологический принцип заключается в оценке «веса» МО в системе эксплуатации ТС. Это необходимо для последующего определения объема ресурсов на МО. В настоящее время «вес» МО по объему контрольно-диагностических и испытательных работ в общем объеме трудозатрат на поддержание работоспособности ТС в эксплуатации колеблется для различных отраслей в широких пределах (от 1—2 до 50—70%). Поэтому такой анализ необходимо проводить для каждой отрасли отдельно.

Вторым методологическим принципом МО является программно-целевой подход к определению задач, функций и ресурсов МО. Причем, поскольку МО является подсистемой системы технической эксплуатации, цели МО должны соответствовать целям системы высшего уровня.

Третий методологический принцип заключается в достижении указанных целей на основе стандартизации норм и правил МО во взаимосвязи научных исследований с производством. Здесь должны быть увязаны все вопросы МО начиная с этапа НИОКР до оценки конечных результатов и составления прогнозов, касающихся как развития самого МО, так и технического состояния ТС. Таким образом, регламентация МО должна основываться на комплексной стандар-

тизации на базе международных, государственных, отраслевых стандартов и разработанных на их основе стандартов предприятия.

Четвертый принцип — принцип устойчивого функционирования СМО, характеризующий «жизнеспособность» системы. Он предусматривает: наличие сформулированных целей; согласованность и ответственность производственных подразделений и отдельных исполнителей при решении задач МО; наличие информационной подсистемы для сбора, обработки и передачи информации в соответствии с целями и задачами МО; тесное взаимодействие исполнителей в данной организационной структуре; совпадение внешних и внутренних мотиваций отдельных исполнителей и подразделений; наличие конечного результата и адаптируемость системы при изменении условий ее существования.

Структура изложенных методологических принципов приведена на рис. 6.23 и определяет задачи МО, которые в зависимости от иерархического уровня и задач технической эксплуатации также можно классифицировать на общегосударственные, межотраслевые, отраслевые, внутриотраслевые и внутрихозяйственные (рис. 6.24).

Изложенное позволяет уже подойти к формированию СМО с разбивкой ее на ряд подсистем со своими функциональными факторами (целями, задачами, функциями и ресурсами). При этом можно выделить четыре подсистемы (табл. 6.12).

**Подсистема I** связана с метрологической подготовкой производства, охватывает широкий круг организационно-методических мероприятий. Один из главных вопросов в этой подсистеме — проблема подготовки кадров по МО, так как метролог должен обладать широким комплексом знаний в области измерений разнородных физических величин, в силу того, что ТС, как правило, является весьма сложной и многоплановой физической системой.

Разработка планов МО на основе анализа состояния измерений должна осуществляться с учетом современных научно-технических достижений в области метрологии путем обобщения и анализа предложений низовых организаций и во взаимодействии с метрологическими институтами. Большое внимание должно быть уделено метрологической экспертизе (МЭ) НТД.

**Подсистема II** направлена на МО технологических операций и должна осуществляться при тесном контакте научных, проектных и производственных учреждений.

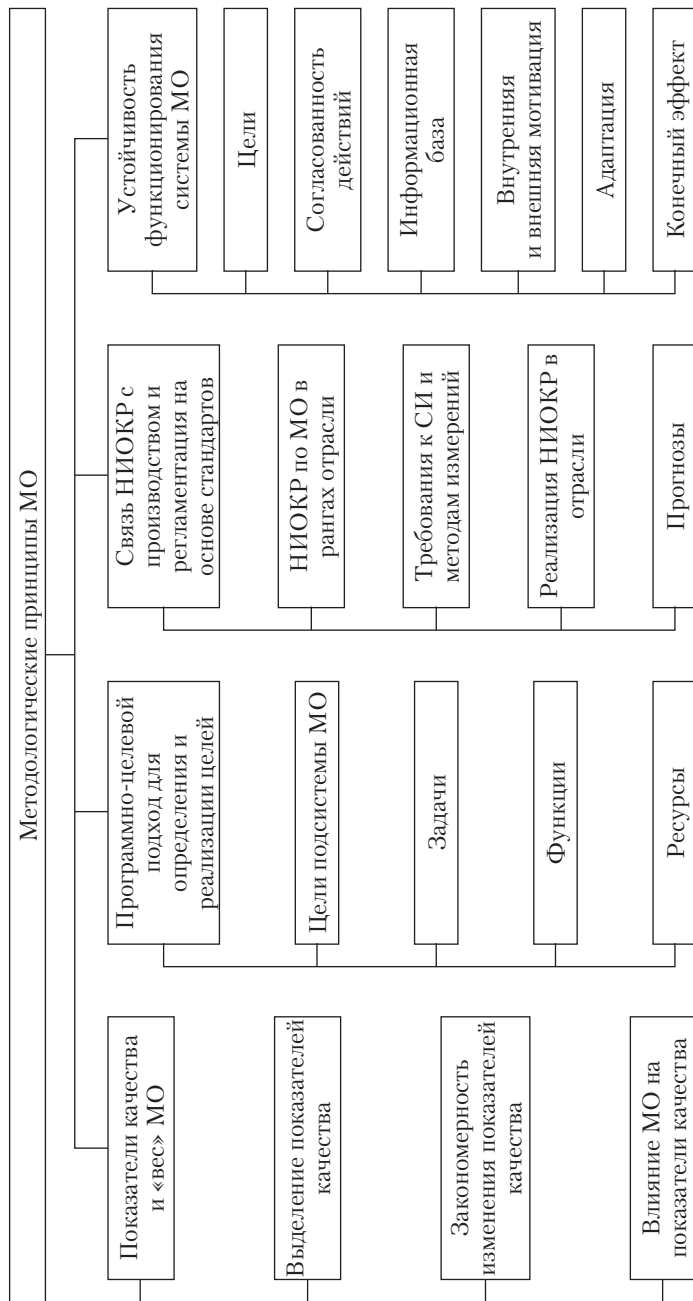


Рис. 6.23. Классификация методологических принципов МО

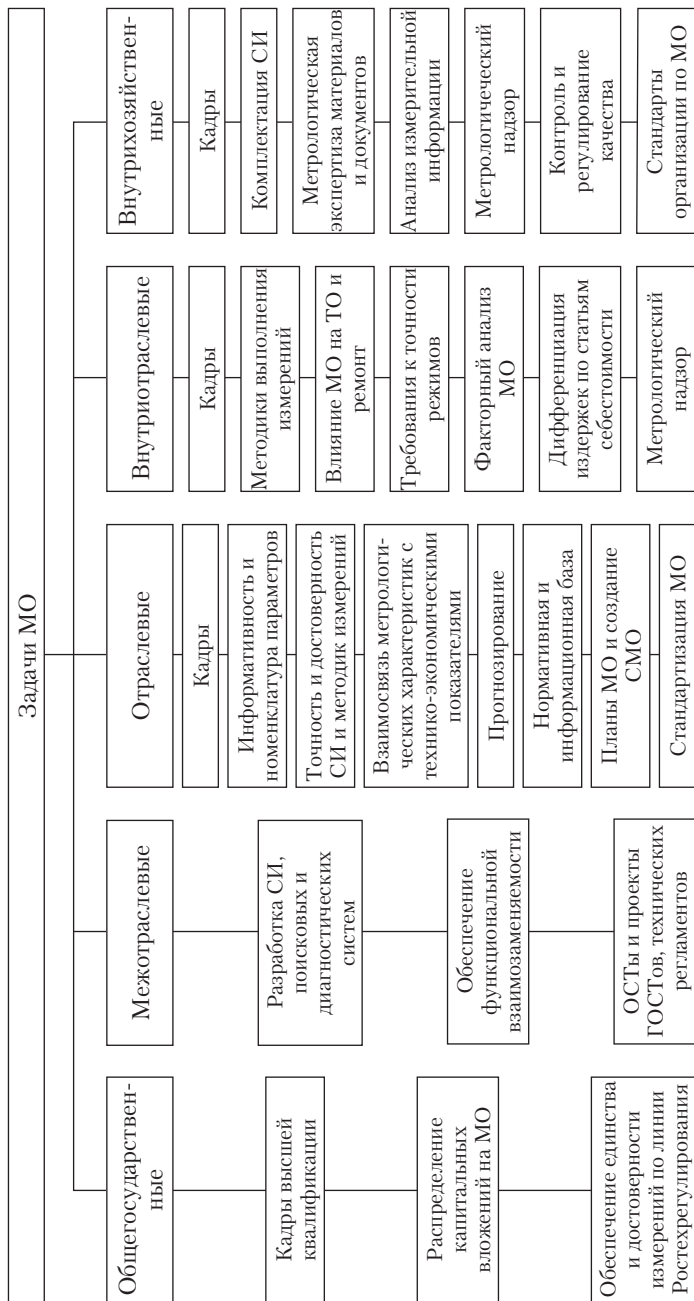


Рис. 6.24. Классификация задач МО

Таблица 6.12

## Система метрологического обеспечения эксплуатации ТС

Подсистема	Цель	Задачи	Функция	Ресурсы
Организационно-методическая	Метрологическая подготовка персонала (эксплуатации)	Подготовка кадров	Организация подготовки и повышение квалификации кадров	Трудовые ресурсы, средства на образование
		Анализ измерений и разработка планов МО	Анализ состояния измерений и предложения по планам МО, координация планов МО и распределение заданий	Статистические данные по состоянию измерений, планы развития отрасли, приказы
		Финансирование МО	Распределение фондов по подразделениям	Финансы
		Методическое руководство	Проведение НИОКР, стандартизация, информационная работа, разработка МВИ, расчет обеспечения метрологических служб	Трудовые ресурсы, финансы, НТД инструктивные документы
		Нормо-контроль и МЭ НТД	Осуществление нормо-контроля и МЭ конструкторско-технологической документации, ТУ, ТЗ, МУ, РТМ и СТО	ГОСТы, ОСТы, инструкции, технические регламенты
		Внешние связи	Взаимодействие с Ростехрегулированием, ведомственными службами, клиентурой	Приказы, инструкции, СИ

Продолжение табл. 6.12

Подсистема	Цель	Задачи	Функция	Ресурсы
Технологическая	МО технологических процессов ТО и ремонта	Совершенствование контроля за поставками и производственными процессами Поддержание стабильности технологических процессов Выходной контроль	Метрологическая аттестация производственных процессов, поставок сырья, полуфабрикатов, комплектующих  Выбор номенклатуры измеряемых параметров НТД и СИ, обоснование и поддержание норм точности, выбор МВИ  Анализ конечных результатов ТО и ремонта, подготовка сводных данных по стабильности технологических процессов	Оснастка и поставки смежников  НТД, СИ  Инструкции и отчетные формуляры
Надзора за СИ и МВИ	Достижение единства и точности измерений	Аттестация и поверка СИ, аттестация МВИ и испытательного оборудования  Обеспечение СИ производственных подразделений  Анализ используемых СИ и испытательного оборудования	Разработка календарных планов государственной и ведомственной аттестаций и поверок; проведение аттестаций и поверок, подготовка к проведению госинспекций, аттестация новых и нестандартизованных СИ  Комплектация, получение, хранение и учет СИ  Ремонт, юстировка, изъятие СИ и испытательного оборудования из обращения, подготовка данных об использовании технических средств МО	НТД, поверочное оборудование    Производственные площади, поставки смежников  Производственные площади, НТД, формуляры

Окончание табл. 6.12

Подсистема	Цель	Задачи	Функция	Ресурсы
Управление	МО качества и эффективности ТО и ремонта	Оценка качества и эффективности от МО Управление производственными процессами на базе информации МС Анализ результатов функционирования СМО	Контроль и обобщение деятельности МС по повышению качества Оперативное регулирование технологических процессов по результатам измерительной информации, моральное и материальное стимулирование Сбор, подготовка, обработка данных по МО, оценка взаимосвязи МС с ТЭП предприятия, дифференциация потерь от некачественного МО, передача данных по МО в вышестоящие подразделения	Инструкции и методики Средства оргтехники, инструкции Формуляры, инструкции, средства оргтехники, вычислительная техника и ЭВМ

Основная цель этой подсистемы — снизить ошибки в производственном процессе за счет выбора и использования исправных СИ и объективных МВИ. Обоснованию измерительного процесса должны предшествовать теоретические и экспериментальные исследования по выбору номенклатуры измеряемых параметров и определению норм точности при известном решении вопроса об использовании измерительной информации в управлении технологическим процессом, разбраковке, учете продукции и анализе эксплуатационных показателей.

Для того чтобы МО технологических процессов не являлось самоцелью и для ликвидации разрыва в работах по оценке качества продукции (эксплуатационных показателей) и определении метрологического состояния производства, указанные работы должны вестись одновременно с определением влияния состояния измерительной техники на комплексные показатели качества и эффективности ТС.

**Подсистема III** предполагает метрологический надзор за СИ и МВИ и осуществляется на различных уровнях СМО. Основной задачей этой подсистемы является поддержание измерительной техники в исправном состоянии, чтобы метрологические характеристики СИ соответствовали установленным нормам.

Эта задача решается путем разработок объективных методик поверки СИ (методик аттестации — для нестандартизованных СИ) и МВИ. Немаловажное значение при этом имеют вопросы хранения, учета, комплектации и ремонта СИ.

Отдельную проблему (особенно при диагностировании) в свете требований ГОСТ 8.236—89 представляет использование так называемых нестандартизованных СИ (НСИ), изготовленных неспециализированными предприятиями небольшими сериями или единично, а также импортируемых, от технического состояния которых зависит достоверность диагностирования и прогнозирования состояния ТС. Поскольку такое оборудование не проходит государственных испытаний, то важное значение приобретает тщательность проверки его первого образца, начиная с метрологической экспертизы НТД.

Особое внимание следует уделить назначению метрологических показателей испытательного оборудования. Дело в том, что метрологический надзор Ростехрегулирования зачастую имеет дело не с погрешностью измерений, а с погрешностью СИ, т.е. прибор оценивается вне связи с конкретными



условиями измерения. При метрологической же аттестации, например, диагностического оборудования и испытательных стендов данная задача ставится шире и необходимо говорить о погрешности измерений в целом для конкретных режимов диагностирования. Иногда ту или иную диагностическую установку трудно однозначно отнести к СИ или испытательным средствам. Основным отличительным признаком испытательного оборудования является возможность задания и поддержания определенных режимов в известном диапазоне воздействий. Вследствие этого МО испытательного оборудования должно осуществляться теми же методами и органами, что и МО СИ.

Немаловажное значение имеет вопрос создания специальных образцовых мер и СИ для конкретных объектов. Это продиктовано ограниченными возможностями оценки существующими образцовыми средствами динамических погрешностей, несовпадением зачастую диапазонов общетехнических СИ и условий измерений при диагностических операциях, отсутствием образцовых средств для оценки методов измерения нестационарных процессов.

Улучшение метрологических характеристик СИ приводит к повышению достоверности и сопоставимости результатов только при выполнении определенных условий получения измерительной информации. Для этого МВИ также должны быть стандартизованы или аттестованы.

Представляет существенный интерес установление норм на объем эксплуатируемых СИ, имеющих погрешность, превышающую допустимую. Например, в системе Ростехрегулирования принято, что число таких СИ без ущерба для качества изделий может составлять до 5%. Очевидно, что на авиационном или автомобильном транспорте эта цифра недопустима при оценке качества узлов, обеспечивающих безопасность полета или движения (тормоза, рулевое управление).

**Подсистема IV** осуществляет управление качеством и эффективностью на базе МО и проводит анализ деятельности метрологических служб. Поэтому прежде всего встает вопрос о разработке комплексных критериев оценки служб конкретных предприятий. Эта подсистема является информационной базой МО и предполагает широкое использование ЭВМ как связующего звена в системе управления. Работа этой подсистемы направлена на координирование мероприятий по МО отдельных подразделений МС и необходима для введения сведений по МО в межотраслевые автоматизиро-

ванные информационно-управляющие системы Ростехрегулирования.

### Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение понятия технического регулирования.
2. Каковы правовые основы технического регулирования?
3. Перечислите технические регламенты и их виды.
4. Назовите органы и объекты государственного контроля (надзора).
5. Каковы полномочия органов государственного контроля (надзора)?
6. В чем состоит государственный метрологический контроль и надзор?
7. Укажите основные цели и задачи проведения государственного контроля и надзора.
8. Каковы сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора?
9. Назовите виды метрологического контроля и надзора.
10. В чем заключается государственный метрологический надзор за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм?
11. Сформулируйте основные требования к аттестованным методикам выполнения измерений.
12. Назовите порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов.
13. Назовите функции государственных инспекторов по обеспечению единства измерений.
14. Каковы основные принципы государственных испытаний средств измерений?
15. Какие виды поверок средств измерений существуют?
16. Что является результатом поверки?
17. Охарактеризуйте различия в требованиях к аккредитации метрологических служб юридических лиц и государственных метрологических служб на право проведения поверок, калибровок, аттестации методик выполнения измерений и метрологической экспертизы.
18. В чем заключается калибровка средств измерений?
19. Изложите принципы РСК.
20. В чем суть метрологической экспертизы НТД?

21. Дайте понятие анализа состояния измерений на предприятии.
22. В чем заключается система метрологического обеспечения организации (предприятия)?
23. Что такое метрологическое обеспечение?
24. В чем суть Закона об обеспечении единства измерений?
25. Назовите функции, задачи и обязанности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сфере метрологии.
26. Что такое «утверждение типа СИ»?
27. Сопоставьте операции поверки и калибровки.
28. В чем заключается метрологическая аттестация НСИ?
29. Назовите основные этапы метрологической экспертизы НТД.
30. Дайте характеристику типовым ошибкам, выявляемым при МЭ НТД.
31. В чем заключается гармонизация метрологических прав и норм?
32. Назовите основные международные метрологические организации и их функции.



## **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.

Важнейшими результатами стандартизации являются:

- обеспечение безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- повышение степени соответствия продукции, процессов и услуг их функциональному назначению;
- устранение барьеров в торговле и содействие научно-техническому прогрессу и сотрудничеству;
- обеспечение совместимости, взаимозаменяемости, унификации, защиты продукции, единства измерений, взаимопонимания, обороноспособности и мобилизационной готовности.

Результатом работы по стандартизации является принятие стандарта.

*Стандарт* — документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт также может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения. 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 законодательных, организационных, методических и практических разработках, которые используются эффективно во всех звеньях народного хозяйства.

Законодательную и нормативную базу стандартизации составляют:

- Конституция РФ, которая относит стандарты к вопросам исключительного ведения Российской Федерации;
- Закон о техническом регулировании, определивший правовые основы стандартизации в Российской Федерации, участников работ по стандартизации, правила разработки и добровольность применения стандартов;
- нормативные правовые акты Правительства РФ по вопросам стандартизации;
- основополагающие стандарты национальной системы стандартизации (технические регламенты).

Организационно-функциональную базу стандартизации составляют:

- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии;
- научно-исследовательские организации по стандартизации;
- технические комитеты по стандартизации;
- разработчики стандартов.

Основополагающим документом в России по стандартизации является Закон о техническом регулировании. Настоя-

ций Закон устанавливает правовые основы стандартизации в Российской Федерации, определяет права и обязанности участников, регулируемые Законом отношения. Он регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии, применении и использовании обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации и утилизации, а также разработке, принятии, применении и использовании на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг.

Законодательство РФ о стандартизации состоит из Закона о техническом регулировании и применяемых в соответствии с ним иных федеральных законов и нормативных актов РФ. Положения иных федеральных законов и нормативных правовых актов РФ, касающиеся сферы стандартизации (в том числе прямо или косвенно предусматривающие осуществление контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов), применяются в части, не противоречащей основному документу. Федеральные органы исполнительной власти вправе издавать в среде технического регулирования акты только рекомендательного характера, за исключением регулирования в отношении оборонной продукции (работ, услуг) и продукции (работ, услуг), сведения о которой составляют государственную тайну.

Если международным договором РФ в сфере технического регулирования установлены иные правила, чем те, которые предусмотрены Законом о техническом регулировании, применяются правила международного договора, а в случае, если из международного договора следует, что для его применения требуется издания внутригосударственного акта, применяются правила международного договора и принятие на его основе законодательства РФ.

Стандартизация в свете указанного Закона — деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядочения в сферах производства и обращения продукции, и повышение конкурентноспособности продукции, работ и услуг.

Согласно Закону о техническом регулировании стандартизация осуществляется в целях:

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



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

- повышения уровня безопасности объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и технического характеров;

- обеспечения научно-технического прогресса;

- повышения конкурентоспособности продукции, работ и услуг;

- рационального использования ресурсов;

- технической и информационной совместимости;

- сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных;

- взаимозаменяемости продукции.

Стандартизация руководствуется следующими принципами:

- добровольного применения стандартов и обязательности их соблюдения в случае принятия решения об их использовании;

- максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;

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

- недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации;

- недопустимости установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам;

- обеспечения условий для единообразного применения стандартов.

Одна из главных идей указанного Закона заключается в том, что обязательные требования, содержащиеся сегодня

в нормативных актах, в том числе и в национальных стандартах, вносятся в область технического законодательства — федеральные законы (технические регламенты). Создается двухуровневая структура нормативных и нормативно-правовых документов: технический регламент, содержащий обязательные требования, и стандарты, содержащие гармонизированные с техническим регламентом и международными стандартами добровольные нормы и правила.

Для усиления роли стандартизации в научно-техническом прогрессе, повышения качества продукции и экономичности ее производства разработана Государственная система стандартизации (ГСС). В настоящее время проводится работа по формированию нового комплекса национальных стандартов Российской национальной системы стандартизации (РНСС). В нее войдут с изменениями в свете Закона о техническом регулировании основные стандарты Государственной системы стандартизации: ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» — стандарт определяет цели и задачи стандартизации, основные принципы и организацию работ по стандартизации в Российской Федерации, категории нормативных документов по стандартизации, виды стандартов, основные положения по международному сотрудничеству в области стандартизации; ГОСТ Р 1.2—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены» — стандарт устанавливает требования к разработке, согласованию, утверждению, регистрации, изданию, обновлению (изменению, пересмотру) и отмене стандартов Российской Федерации; ГОСТ Р 1.4—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения» — стандарт устанавливает общие положения по разработке, принятию, регистрации, изданию, применению, изменению и отмене стандартов организаций; ГОСТ 1.5—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления обозначения» — стандарт устанавливает требования к стандартам, действующим только на федеральном уровне; ГОСТ Р 1.8—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты межгосударственные. Правила проведения в Российской Федерации работ по разработке, применения, обновления и прекращению применения» — стандарт устанавливает порядок

разработки проектов межгосударственных стандартов, порядок рассмотрения в Российской Федерации проектов межгосударственных стандартов, порядок применения таких стандартов, внесение изменений в действующие межгосударственные стандарты, а также порядок прекращения их применения в Российской Федерации; ГОСТ Р 1.9—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Знак соответствия национальным стандартам Российской Федерации. Порядок применения» — стандарт устанавливает общие требования к этой процедуре; ГОСТ Р 1.11—99 «ГСС РФ. Метрологическая экспертиза проектов государственных стандартов» — устанавливает порядок и правила проведения метрологической экспертизы проектов национальных стандартов; ГОСТ Р 1.12—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения». РНСС 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 РФ, порядок разработки, оформления, согласования, утверждения, издания, внедрения стандартов и другой нормативно-технической документации, а также контроля (надзора) за их внедрением и соблюдением.

В состав фонда документов РНСС входят также межгосударственные, национальные стандарты, отраслевые стандарты, правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации.

РНСС определяет организационные, методические и практические основы стандартизации во всех звеньях народного хозяйства.

Основные цели стандартизации согласно ГОСТ Р. 1.0—2004:

- защита интересов потребителей и государства в вопросах номенклатуры и качества продукции, услуг и процессов, обеспечивающих безопасность использования их для жизни и здоровья людей, а также их имущества;
- повышение качества продукции в соответствии с развитием науки и техники, с потребностями населения и народного хозяйства, охрана окружающей среды;
- 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 народнохозяйственных 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 материало-, 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 РФ методами и средствами стандартизации.

Принципиально новым в РНСС, 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 Ростехрегулирование.

Работы по стандартизации в области строительства организует Росстрой. Другие органы государственного управления организуют деятельность по стандартизации в пределах их компетенции.

Основные цели и задачи Ростехрегулирования:

- 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 национальных стандартов;
- извещение о зарегистрированных стандартах на соответствующую продукцию;
- государственный контроль и надзор за соблюдением требований технических регламентов;
- методическое руководство деятельностью различных ведомств в области стандартизации, унификации, метрологии, 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 технических регламентов, а также указания предприятиям, организациям, независимо от их ведомственного подчинения, об обнаруженных нарушениях требований, установленных национальными и международными 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 РФ;
- регламентация в государственных стандартах РНСС 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 Ростехрегулирования в рамках РНСС 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 РФ, работники производственных, научных и учебных организаций, представители общественных объединений.

Ростехрегулированию 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 Ростехрегулирования;
- создавать по вопросам, отнесенным к компетенции Ростехрегулирования, 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 РФ, субъектами хозяйственной деятельности;
- представлять в установленном порядке Российской Федерации 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 Ростехрегулирование осуществляет непосредственно или через научно-исследовательские институты, конструкторские бюро и опытно-экспериментальные базы этих институтов, межобластные и областные органы по техническому регулированию и метрологии и ряд других.

Для организации и проведения работ по актуализации и гармонизации действующих нормативных документов, а также разработке новых в рамках Ростехрегулирования 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 Ростехрегулирования или предприятий, деятельность которых соответствует специализации ТК.

Основные функции технических комитетов следующие:

- определение концепции развития СМС в своих областях;
- составление проектов новых национальных стандартов и обновление действующих;
- оказание научно-технической помощи организациям, участвующим в разработке стандартов и применяющим нормативные документы;
- гармонизация отечественных стандартов с международными; разработка программ и планов проведения работ по стандартизации;
- участие в работе ТК международных организаций по стандартизации;
- разработка проектов или участие в разработке международных и межгосударственных стандартов, подготовка предложений по закреплению за ТК тематике для включения в планы и программы работ технических органов международных организаций по стандартизации;
- подготовка предложений к позиции Российской Федерации по проектам международных и межгосударственных стандартов;



- подготовка предложений по участию в заседаниях технических комитетов международных организаций по стандартизации.

Правовой основой для создания технических комитетов служит решение Ростехрегулирования или Росстроя, кроме того, предприятия и организации могут направлять предложения по участию их специалистов в работе технического комитета в один из указанных выше государственных органов. Ростехрегулирование или Росстрой 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.

Основу *территориальных органов* Ростехрегулирования составляют межобластные и областные органы по техническому регулированию и метрологии, расположенные в центрах субъектов РФ и координирующие работу в области метрологии, стандартизации и сертификации. Кроме этого, есть несколько специализированных территориальных органов, расположенных в городах, где действуют крупные метрологические институты.

Межобластные и областные лаборатории государственного надзора за стандартами и измерительной техникой осуществляют на данной территории функции Ростехрегулирования. 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 проектировании и производстве;
- 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 со стандартами) Ростехрегулирования или Росстроя.

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 стандартиза-

ции. 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 деятельностью 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 ока-

зания 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.

Организационно в ИСО входят руководящие и рабочие органы (рис. 7.1).

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.

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 11 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

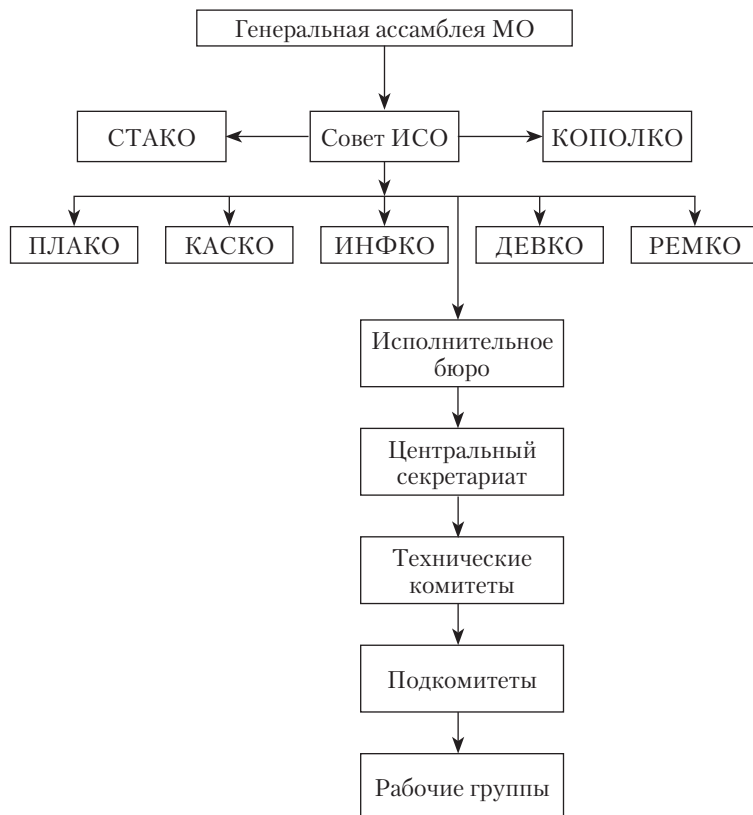


Рис. 7.1. Исполнительная система ИСО

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 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. 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. Основной вид деятельности СТАКО — 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 являются:

- проведение работы в качестве Генеральной ассамблеи информационной сети ИСО (ИСОИОНЕТ). Цель ИСОИОНЕТ —

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 двустороннего 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 объединяет представителей организаций потребителей комитетов — членов ИСО и решает следующие вопросы:

- изучает пути содействия получения потребителями наибольшего эффекта 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 (ВОЗ), Европейскую экономическую комиссию ООН (ЕЭК ООН) и др. Основная цель МЭК — содействие международному сотрудничеству по стандартизации в области электротехники и радиотехники с помощью разработки международных стандартов и других документов. Технические комитеты всех стран образуют Совет — высший руководящий орган МЭК. Ежегодные заседания Совета, которые проводятся поочередно в разных странах МЭК, направлены на решение всего комплекса вопросов деятельности организации. Решения принимаются простым большинством голосов. Президент имеет право решающего голоса, которое реализует в случае равного распределения голосов.

Основной координирующий орган МЭК — Комитет действий выявляет необходимость новых направлений работ, разрабатывает методические документы, обеспечивающие техническую работу, участвует в решении вопросов сотрудничества с другими организациями, выполняет задания Совета.



Структура технических органов МЭК, непосредственно разрабатывающих международные стандарты, аналогична структуре ИСО.

По содержанию международные стандарты МЭК отличаются от стандартов ИСО большей конкретностью: в них изложены технические требования к продукции и методам ее испытаний, а также требования по безопасности, что актуально не только для объектов стандартизации МЭК, но и для сертификации на соответствие требованиям стандартов по безопасности.

Кроме стандартизации МЭК занимается сертификацией изделий.

Цель ВОЗ — достижение всеми народами высшего уровня здоровья (физического, душевного и социального благосостояния). Среди широкого круга проблем, которыми занимается ВОЗ, основное внимание уделяется развитию служб здравоохранения, профилактике болезней и борьбы с ними, созданию широкой сети здравоохранения, оздоровлению окружающей среды.

Главная задача ЕЭК ООН в области стандартизации состоит в разработке основных направлений политики по стандартизации на правительственном уровне и определении приоритетов в этой области, а также в установлении международной стандартизации в приоритетных областях.

Основной рабочий орган ЕЭК ООН по проблемам стандартизации, сертификации, качества — рабочая группа. В работе ЕЭК ООН принимают участие:

- Комиссия по транспорту (разработка Правил ЕЭК ООН);
- Комитет по сельскому хозяйству;
- Комитет по лесу (стандартизация, контроль качества лесных товаров);
- Комитет по населенным пунктам (принятие единых норм качества строительной продукции);
- Комитет по развитию торговли (стандартизация торговых документов);
- рабочая группа по углю.

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 одобрения 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 — членом 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 Ростехрегулировании 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 Коми-

тета 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 РФ.

В ГОСТ Р 1.5—2004 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.

К международным организациям по стандартизации относятся также региональные организации, такие, как:

- 1) Европейская организация по стандартизации (СЕН), основной целью которого является содействие развитию торговли товарами и услугами путем разработки европейских стандартов (EN);

2) Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (СЕНЭЛЕК), основная цель комитета — разработка стандартов на электротехническую продукцию. Стандарты СЕНЭЛЕК рассматриваются как необходимое средство для создания единого европейского рынка;

3) Европейский институт по стандартизации в области электросвязи (ЕТСИ), создание которого было вызвано необходимостью гармонизации стандартов в области электросвязи, что является актуальным для развития электросетей, промышленности и новейших технологий;

4) Межскандинавская организация по стандартизации (ИНСТА). Основной задачей организации является содействие созданию согласованных национальных стандартов Скандинавских государств;

5) Международная ассоциация стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН);

6) Панамериканский комитет стандартов (КОПАНТ), созданный для устранения барьеров в региональной торговле.

Стандартизация в рамках СНГ. Стандартизация, сертификация и метрология в рамках СНГ осуществляется в соответствии с соглашением «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации», которое является межправительственным и действует с 1992 г.

Создан Международный совет (МГС) стран — участниц СНГ, в котором представлены все национальные организации по стандартизации. МГС принимает межгосударственные стандарты. Работа по стандартизации ведется в соответствии с программами, которые МГС составляет на основе обобщения предложений, поступающих от национальных органов по стандартизации. Задачи МГС: развитие сотрудничества с ИСО, МЭК, СЕН и другими международными и региональными организациями по стандартизации, метрологии и сертификации; создание в рамках МГС Евро-Азиатский региональной организации по аккредитации испытательных лабораторий; решение проблем единообразия учебных дисциплин для специалистов по стандартизации, метрологии, сертификации.

### Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите законодательную и нормативную базу стандартизации.
2. Что называют стандартизацией и стандартом?

3. С какой целью введена РНСС и проведение каких работ по стандартизации она регламентирует?
4. Перечислите основные стандарты РНСС.
5. Объясните основные цели РНСС.
6. Перечислите цели и задачи стандартизации и поясните на примерах.
7. Перечислите основные цели и задачи Ростехрегулирования.
8. Какие ведущие международные организации по стандартизации вы знаете?
9. Перечислите головные научно-исследовательские институты по стандартизации и расскажите, какими вопросами они занимаются.
10. Какие основные функции выполняют технические комитеты Ростехрегулирования?
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

## МЕТОДЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

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 конкурентоспособность и стабильность качества.

Методы стандартизации — это прием или совокупность приемов, с помощью которых достигаются цели стандартизации.

Стандартизация базируется на общенаучных и специфических методах. Ниже рассмотрим широко применяемые в работе по стандартизации методы:

- 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;
- комплексная и опережающая стандартизация.

### 8.1. Систематизация, кодирование и классификация

*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 (Ростехрегулирование регистрирует ГОСТ Р 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, позволяющие 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.

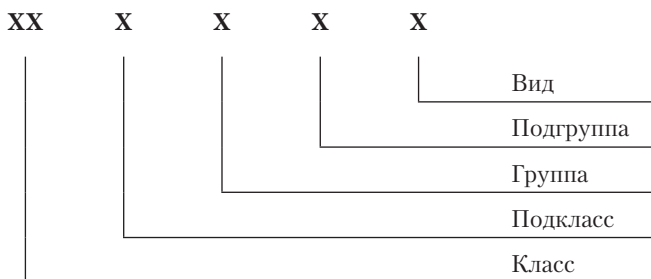
Широкое применение в отечественной и зарубежной практике кодирования информации находят цифровые коды. При этом, как правило, используются десятичные коды, т.е. когда подмножество не превышает 10 объектов, код составляет один знак — от 0 до 9 включительно, а когда превышает 10 объектов — два знака — от 00 до 99 включительно и т.д. Установ-



лено, 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 одинако-

выми 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 вычленения 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 — это официальные документы, представляющие собой систематизированный свод наименований и кодов классификационных группировок или объектов классификации в области технико-экономической информации.

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 (ОК) технико-экономической и социальной информации:

- ОК 001—93 «Общероссийский классификатор стандартов»;
- ОК 00293 «Общероссийский классификатор услуг населению»;
- ОК 003—93 «Общероссийский классификатор информации по социальной защите населения»;
- ОК 005—93 «Общероссийский классификатор продукции»;
- ОК 006—93 «Общероссийский классификатор органов государственного управления»;
- ОК 007—93 «Общероссийский классификатор предприятий и организаций»;
- ОК 009—2003 «Общероссийский классификатор специальностей по образованию»;
- ОК 010—93 «Общероссийский классификатор занятий»;
- ОК 011—93 «Общероссийский классификатор управленческой документации»;
- ОК 012—93 «Общероссийский классификатор конструкторской документации (классификатор ЕСКД)»;
- ОК 013—94 «Общероссийский классификатор основных фондов»;
- ОК 014—2000 «Общероссийский классификатор валют»;
- ОК 015—94 «Общероссийский классификатор единиц измерения»;
- ОК 016—94 «Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов»;
- ОК 017—94 «Общероссийский классификатор специальностей высшей научной квалификации»;
- ОК 018—95 «Общероссийский классификатор информации о населении»;
- ОК 015—95 «Общероссийский классификатор объектов административно-территориального деления»;
- ОК 020—95 «Общероссийский классификатор деталей, изготавливаемых сваркой, пайкой, склеиванием и термической резкой»;
- ОК 021—95 «Общероссийский технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения»;

- ОК 022—95 «Общероссийский технологический классификатор сборочных единиц машиностроения и приборостроения»;
- ОК 023—95 «Общероссийский классификатор начального профессионального образования»;
- ОК 024—95 «Общероссийский классификатор экономических регионов»;
- ОК 025—2001 «Общероссийский классификатор стран мира»;
- ОК 026—95 «Общероссийский классификатор информации об общероссийских классификаторах»;
- ОК027—99 «Общероссийский классификатор форм собственности»;
- ОК 028—99 «Общероссийский классификатор организационно-правовых форм»;
- ОК029—2001 «Общероссийский классификатор видов экономической деятельности».

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.

Общероссийские классификаторы утверждает Ростехрегулирование, 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 (министер-

ства, ведомства) при заполнении отраслевых документов, а классификаторы предприятий — в рамках утвердивших их предприятий (объединений, ассоциаций и др.). В качестве классификаторов предприятий могут служить выборки из общероссийских и отраслевых классификаторов.

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 разделии труда.

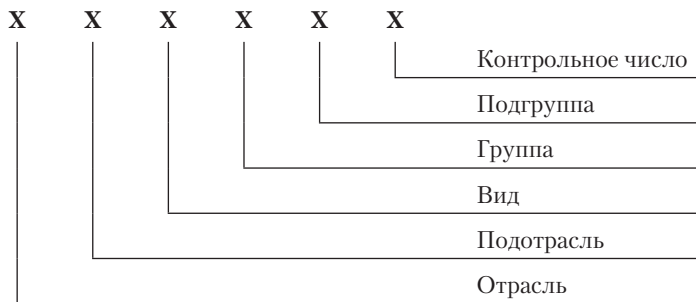


Рис. 8.2. Структура кода для Общероссийского классификатора отраслей народного хозяйства



В классификаторе используется пятиразрядный цифровой код (рис. 8.2).

*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 РФ, 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 (семи- или четырехзначные) коды территорий, на которых расположены эти объекты, и пятизначные 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. 8.3.

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.

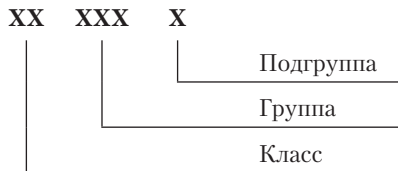


Рис. 8.3. Структура кода для **Общероссийского классификатора стандартов**

## 8.2. Унификация, симплификация, типизация и агрегатирование машин

*Унификация* — это научно-технический метод определения и регламентации оптимальной и сокращенной номенклатуры объектов одинакового функционального назначения. Унифицированным является изделие (деталь, узел, агрегат, конструктивный элемент, технологический процесс и т.д.), которое создано на базе некоторого количества ранее суще-

ствующих различных исполнений путем приведения их к единому исполнению, заменяющему любое из первичных. 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 конструкций 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.

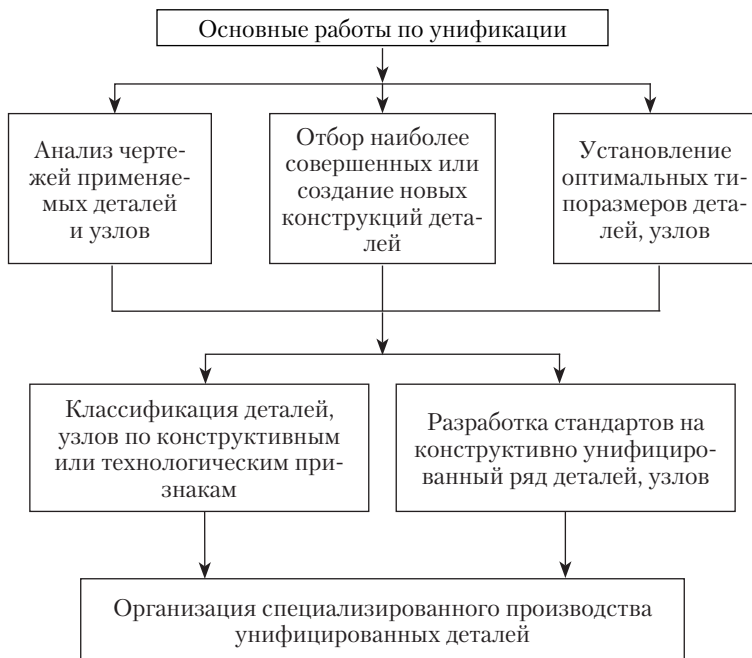
Унификация может проводиться на заводском, отраслевом и межотраслевом уровнях.

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 очевидно, 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.

Эффективность работ по унификации характеризуется уровнем унификации.

Под уровнем унификации и стандартизации изделий понимают насыщенность их соответственно унифицированными



**Рис. 8.4. Последовательность работ по унификации в машиностроении и приборостроении**

и стандартными составными частями (детальями, узлами, механизмами), и наиболее часто для их расчета используются коэффициенты применяемости и повторяемости.

Коэффициент применяемости  $K_{пр}$  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

$$K_{пр.т} = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100, \quad (8.1)$$

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

$$K_{\text{пр.ч}} = \frac{N - N_0}{N} \cdot 100, \quad (8.2)$$

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

$$K_{\text{пр.с}} = \frac{C - C_0}{C} \cdot 100, \quad (8.3)$$

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

$$K_{\text{пр.к}} = \frac{A_{\text{д.в}} \cdot C_{\text{у}} + A_{\text{д.т}} \cdot h}{A_{\text{д.в}} \cdot C_{\text{т}} + A_{\text{д.т}} \cdot h} \cdot 100, \quad (8.4)$$

где  $C_{\text{у}}$  — средняя стоимость веса материала унифицированных деталей;  $C_{\text{т}}$  — средняя стоимость веса материала изделия в целом;  $h$  — средняя стоимость нормо-ч;  $A_{\text{д.в}}$  — вес всех унифицированных деталей в изделии;  $A_{\text{д.т}}$  — суммарная трудоемкость изготовления унифицированных деталей;  $A_{\text{д.в}}$  — общий вес изделия;  $A_{\text{д.т}}$  — полная трудоемкость изготовления изделия.

Коэффициент повторяемости составных частей в общем числе составных частей данного изделия  $K_{\text{п}}$  (%) характери-

зует уровень унификации и взаимозаменяемость составных частей изделий определенного типа:

$$K_{\Pi} = \frac{N-n}{N-1} \cdot 100, \quad (8.5)$$

где  $N$  — общее число составных частей изделий,  $n$  — общее число оригинальных типоразмеров.

Среднюю повторяемость составных частей в изделии характеризует коэффициент повторяемости

$$K_{с.п} = \frac{N}{n}. \quad (8.6)$$

**Пример 8.1.** Определить уровень стандартизации и унификации продольнообрабатывающего станка по коэффициенту применимости (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  $n_o = 203$ , общее число деталей  $N = 5402$ , оригинальных —  $N_o = 620$ , стоимость всех деталей  $C = 85\,000$  руб., оригинальных —  $C_o = 27\,200$  руб.

**Решение.** По формулам (8.1)–(8.3) определяем:

$$K_{\text{пр.т}} = [(1657 - 203) / 1657] \cdot 100 = 87,7\%;$$

$$K_{\text{пр.ч}} = [(5402 - 620) / 5402] \cdot 100 = 88,5\%;$$

$$K_{\text{пр.с}} = [(85\,000 - 27\,200) / 85\,000] \cdot 100 = 68\%.$$

Коэффициент повторяемости рассчитываем по формулам (8.5) и (8.6):

$$K_{\Pi} = [(5402 - 1657) / (5402 - 1)] \cdot 100 = 69,3\%;$$

$$K_{с.п} = 5402 / 1657 = 3,2.$$

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 приведены в табл. 8.1.



Таблица 8.1

### Последовательность работ и методика агрегатирования технологического оборудования

Наименование этапа	Результат выполнения этапа
Разработка системы классификации деталей, обрабатываемых на агрегатном технологическом оборудовании	Методика выбора деталей для обработки на агрегатном оборудовании
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
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
Разработка научных основ создания оптимальных компоновок агрегатного оборудования.	Стандартизация схем оптимальных компоновок агрегатного оборудования в зависимости от вида производства
Разработка показателей качества агрегатного оборудования	Стандарты на показатели качества отдельных агрегатов и агрегатного оборудования
Опытно-конструкторские и экспериментальные работы по созданию оборудования	Рабочие чертежи, изготовление и испытание опытных образцов
Разработка рекомендаций по созданию специализированного производства агрегатов и узлов и по организации проектно-монтажных баз	Организация специализированного производства стандартных узлов и агрегатов и проектно-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 типовых размеров 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;

- 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.

### 8.3. Комплексная и опережающая стандартизация

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, ремонтпригодности, 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  $K_{\text{инт}}$ , получаемый перемножением частных коэффициентов, характеризующих уровень стандартизации сырья, полуфабрикатов, частей и деталей конструкций, комплектующих изделий, оснащения, методов испытаний, готовой продукции и др.:  $K_{\text{инт}} = K_1 K_2 K_3 \dots K_n$ , где  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  — частные коэффициенты стандартизации каждого элемента конструкции, компонента, входящего в изделие.

Частный коэффициент  $K$  представляет собой отношение количества разработанных нормативно-технических доку-

ментов на стандартизованные элементы конструкции ( $K_{ст}$ ) к общему количеству нормативно-технических документов, необходимых для выпуска данной продукции ( $K_{общ}$ ), т.е.  $K = (K_{ст} : K_{общ}) \cdot 100$ .

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

В современных условиях инструментом практической организации работ по КС продукции является разработка и реализация программ комплексной стандартизации. Они направлены на решение важнейших народнохозяйственных 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* устанавливает для всех организаций страны единый порядок организации проектирования, единые правила выполнения и оформления чертежей и ведения чертежного хозяйства, что упрощает 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.* Технологическая документация, как и конструкторская, в значительной степени определяет трудоемкость, продолжительность подготовки производства и качество продукции. Этим стандартом 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 применяемости 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* — 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 подготовки 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 ТПП.

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 перенастраиваемыми 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 (объ-

единений) 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—83 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: обеспечение безостановочной переналадки 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* 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—87. 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.

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 обществен-

ного 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 устаревают и должны систематически пересматриваться с учетом долгосрочного прогноза и опережения темпов научно-технического прогресса. Этим требованиям отвечает метод опережающей стандартизации.

*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 устанавливаются 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 ОС 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. 8.2).

Таблица 8.2

### Структура процесса создания ОС

Этапы создания изделия	Поле деятельности	Направление опережаемости
Проектно-конструкторские работы по созданию опытного образца изделия	В пределах предприятия (отрасли)	По ассортименту (типам), видам, маркам, типоразмерам изделий
Техническая подготовка производства изделия	В пределах одного государства	По признакам, свойствам и функциям изделий
Производство изделия	В пределах региональной группы стран	По преемственности (взаимоувязке) элементов конструкций старых и новых изделий
	В мировом масштабе	По количественному значению показателей признаков продукции

Одним из главных условий дальнейшего развития ОС является долгосрочное научное прогнозирование. Оно позволяет видеть основные направления дальнейшего совершен-

ствования 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, замечаниями и рекомендациями, учитывая достигнутые результаты в промышленности и народном хозяйстве в целом. Для длительного прогноза (20–25 лет) необходим тщательный всесторонний 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 ОС 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 ОС целесообразно проводить с помощью вычислительной техники и автоматизированных систем управления.

### Контрольные вопросы и задания

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 различие 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.
17. Дайте определение комплексной стандартизации.
18. Перечислите основные межотраслевые системы стандартов.
19. Каковы цели Единой системы конструкторской документации?

20. Что предусматривает Единая система технической документации?
21. Охарактеризуйте содержание Единой системы технологической подготовки производства.
22. Опишите Единую систему стандартов приборостроения.
23. В чем состоит суть опережающей стандартизации (ОС)?
24. Объясните структуру процесса прогнозирования опережающей стандартизации.
25. Охарактеризуйте принцип прогнозирования ОС.
26. Опишите основные требования, которые необходимо предъявлять к ОС.

## Глава 9

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ 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 стандартизации (рис. 9.1).

Научно-технические принципы стандартизации относятся к методическим основам стандартизации и способствуют эффективной разработке стандартов производства, сферы услуг, применения взаимозаменяемости изделий и др.

#### 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 элемен-



Рис. 9.1. Научно-технические принципы стандартизации

тов, 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 стандартизуемых 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 стандартизируют 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  $A_x = 2$  и  $A_2 = 1,6$  прогрессии имеют вид: 1; 2; 4; 8; 16; 32; ... и 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; ... Соответственно их знаменатели равны:  $A_x = 2/1 = 4/2 = \dots = 32/16 = 2$ ;  $A_2 = 1,6/1 = 2,5/1,6 = 4/2,5 = 6,3/4 = 1,6$ .

Произведение или частное любых двух членов геометрической прогрессии всегда является ее членом:

$$2 \cdot 4 = 8; \quad 8 \cdot 4 = 32; \quad 16 : 2 = 8; \quad 8 : 2 = 4; \quad 32 : 4 = 8.$$

Любой член такой прогрессии, возведенный в целую положительную или отрицательную степень, также является членом этой прогрессии:

$$2^2 = 4; \quad 2^3 = 8; \quad 2^4 = 16; \quad \sqrt{4} = 2; \quad \sqrt[3]{8} = 2; \quad \sqrt[3]{64} = 4 \text{ и т.д.}$$

В связи с перечисленными свойствами геометрической прогрессии зависимости, определяемые из произведений членов или их целых степеней, всегда подчиняются закономерности ряда. Например, если ряд определяет линейные размеры, то площади или объемы, образованные из этих линейных величин, также подчиняются его закономерности.

Наиболее удобны геометрические прогрессии, включающие число 1 и имеющие  $A_n = \sqrt[n]{10}$ . В соответствии с рекомендациями ИСО установлены ряды предпочтительных чисел со знаменателями  $A$ :

$$\begin{aligned} \sqrt[5]{5} &\approx 1,6; \quad \sqrt[10]{10} \approx 1,25; \quad \sqrt[20]{10} \approx 1,12; \\ \sqrt[40]{10} &\approx 1,06; \quad \sqrt[80]{10} \approx 1,03; \quad \sqrt[160]{10} \approx 1,015. \end{aligned}$$

Произведение или частное двух предпочтительных чисел, а также положительные или отрицательные степени чисел ряда дают предпочтительное число этого же ряда с относительной ошибкой в пределах от  $-1,01$  до  $+1,26\%$ . Куб любого числа ряда в  $2 \sqrt[10]{10}$  раза больше куба предыдущего числа, а квадрат в  $1,6$  раза больше квадрата предыдущего числа (с относительной ошибкой до  $0,1\%$ ).

Положительные свойства геометрической прогрессии заключаются в том, что количество членов в каждом десятичном интервале ( $1-10$ ;  $10-100$ ;  $100-1000$  и т.д., а также  $1-0,1$ ;  $0,1-0,01$ ;  $0,01-0,001$  и т.д.) на протяжении всей прогрессии постоянно и равно  $5$ ,  $10$ ,  $20$ ,  $40$ ,  $80$  и  $160$  для названных знаменателей прогрессий. Произведение или частное двух любых членов прогрессии является членом этой прогрессии. Целые положительные или отрицательные степени любого члена прогрессии всегда являются ее членами. Члены ряда со знаменателем прогрессии  $\sqrt[10]{10}$  удваиваются через каждые три члена, со знаменателем  $\sqrt[20]{10}$  — через каждые шесть, со знаменателем прогрессии  $\sqrt[40]{10}$  — через каждые 12, со знаменателем  $\sqrt[80]{10}$  — через каждые 24, а со знаменателем  $\sqrt[160]{10}$  — через каждые 48 членов. В рядах со знаменателями  $\sqrt[10]{10}$ ;  $\sqrt[20]{10}$ ;  $\sqrt[40]{10}$ ;  $\sqrt[80]{10}$ ;  $\sqrt[160]{10}$  содержится число  $3,15$ , приблизительно равное  $\pi$ . Благодаря этому длина окружности и площади круга, диаметр которого — предпочтительное число, примерно равны предпочтительным числам. Ряд со знаменателем прогрессии  $\sqrt[40]{10}$  включает предпочтительные числа  $375$ ,  $750$ ,  $1500$ ,  $3000$ , имеющие особое значение в электротехнике, так как представляют собой синхронные частоты вращения валов электродвигателей, измеряемые оборотами в минуту.



Многие промышленно развитые страны приняли национальные стандарты на нормальные линейные размеры. ГОСТ 8032—84 составлен с учетом рекомендаций ИСО и устанавливает четыре основных ряда предпочтительных чисел ( $R5$ ,  $R10$ ,  $R20$ ,  $R40$ ) и два дополнительных ( $R80$  и  $R160$ ). В эти ряды входят предпочтительные числа, представляющие собой округленные значения иррациональных чисел. Почти во всех случаях необходимо использовать 40 основных предпочтительных чисел, входящих в четыре ряда (табл. 9.1).

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 перемножить 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.

Таблица 9.1

### Главные ряды предпочтительных чисел

Основные ряды				Номер предпочтительного числа	Расчетные величины числа
$R5$	$R10$	$R20$	$R40$		
1,00	1,00	1,00	1,00	0	1,000
			1,06	1	1,0593
		1,12	1,12	2	1,1220
			1,18	3	1,1885
	1,25	1,25	1,25	4	1,2589
			1,32	5	1,3335
		1,40	1,40	6	1,4125
			1,50	7	1,4965
1,60	1,60	1,60	1,60	8	1,5849
			1,70	9	1,6788
			1,80	10	1,7783

Окончание табл. 9.1

R5	Основные ряды			Номер предпочтительного числа	Расчетные величины числа
	R10	R20	R40		
			1,90	11	1,8836
	2,00	2,00	2,00	12	1,9953
			2,12	13	2,1135
		2,24	2,24	14	2,2387
			2,36	15	2,3714
2,50	2,50	2,50	2,50	16	2,5119
			2,65	17	2,6607
		2,80	2,80	18	2,8184
			3,00	19	2,9854
	3,15	3,15	3,15	20	3,1623
			3,35	21	3,3497
		3,55	3,55	22	3,5481
			3,75	23	3,7584
4,00	4,00	4,00	4,00	24	3,9811
			4,25	25	4,2170
		4,50	4,50	26	4,4668
			4,75	27	4,7315
	5,00	5,00	5,00	28	5,0119
			5,30	29	5,3088
		5,60	5,60	30	5,6234
			6,00	31	5,9566
6,30	6,30	6,30	6,30	32	6,3096
			6,70	33	6,6834
		7,10	7,10	34	7,0795
			7,50	35	7,4989
	8,00	8,00	8,00	36	7,9433
			8,50	37	8,4140
		9,00	9,00	38	8,9125
			9,50	39	9,4406
10,00	10,00	10,00	10,00	40	10,000

В порядке исключения если округление до приведенных чисел связано с потерей эффективности или невозможно, то можно воспользоваться предпочтительными числами дополнительных рядов — R80 и R160. 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  $R5$  необходимо предпочесть величинам ряда  $R10$ , величины ряда  $R10$  — величинам  $R20$ , последние — величинам  $R40$ .

Выборочные ряды предпочтительных чисел получают путем отбора каждого 2, 3, 4, ...,  $n$ -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, ...,  $n$ . Если ряд ограничен, обозначение должно содержать члены, ограничивающие его; если он не ограничен, должен быть указан хотя бы один его член, например:

$R5/2$  (1, ..., 1 000 000) — выборочный ряд, составленный из каждого второго члена основного ряда  $R5$ , ограниченный членами 1 и 1 000 000;

$R10/3$  (... 80 ...) — выборочный ряд, составленный из каждого третьего члена основного ряда  $R10$ , включающий член 80 и не ограниченный в обоих направлениях;

$R20/4$  (112 ...) — выборочный ряд, составленный из каждого четвертого члена основного ряда  $R20$  и ограниченный по нижнему пределу членом 112;

$R40/5$  (... 60) — выборочный ряд, составленный из каждого пятого члена основного ряда  $R40$  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 характе-

ристик, зависящих от параметров и размеров, образованных на базе основных рядов.

Убывающие ряды положительных предпочтительных чисел получают на основании убывающей геометрической прогрессии,  $i$ -й член которой равен  $g_i = 1 / \epsilon_i = 10^{i/R}$ .

Обозначение убывающего ряда положительных предпочтительных чисел получают добавлением к обозначению каждого основного и дополнительного ряда предпочтительных чисел знака «↓», например: ↓R5, ↓R10 {...1,25}, ↓R20 {45...}, ↓R40 {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 метрической резьбы: 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,21; ...; 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:

$$\text{ряд E3 с } A = \sqrt[3]{10} \approx 2,2; \text{ ряд E12 с } A = \sqrt[12]{10} \approx 1,2;$$

$$\text{ряд E6 с } A = \sqrt[6]{10} \approx 1,5; \text{ ряд E24 с } A = \sqrt[24]{10} \approx 1,1.$$

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 выпустить семь типоразмеров двигателей (минимальная мощность первого типоразмера 10 кВт), то по нормальному ряду чисел параметрического ряда R5 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 обеспечивают 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  $U_n = Sn / 30$  ( $S$  — ход поршня;  $n$  — 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  $D$ . Это дает возможность создать ряд геометрически подобных двигателей с соотношением  $S/D = \text{const}$ , 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  $h$  будет такими же, как и градации  $D$ .

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.

Существует 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

$$K_{и.з} = 1 / K_{и.п}^z, \quad (9.2)$$

где  $K_{и.п} = B_{п'}/B_{п}$ ,  $B_{п}$  — коэффициент изменения программы;  $z = 0,2, \dots, 0,3$  определяют исходя из программы выпуска, количества потребляемого металла и др.

Таким образом, прочие затраты на единицу изделия при изменении программы  $c'_{п}$  можно определить, пользуясь величиной прочих затрат  $c'$ , вычисленной для ранее намеченной программы выпуска тех же изделий:

$$c'_{п} = c'K. \quad (9.3)$$

**Пример 9.1.** Рассчитать себестоимость годового выпуска валов, длины которых назначены по ряду *Ra20*. Установить экономическую целесообразность изготовления этих валов с длинами по ряду *Ra10*. Затраты по эксплуатации валов считать неизменными

и при расчетах не учитывать;  $z = 0,2$ . Данные выпуска валов приведены в таблице.

Длина вала, мм	Годовая программа	Затраты на материалы	Прочие затраты
	$B$ , тыс. шт.	$M$ , тыс. руб.	$c'$ , тыс. руб.
400	10,0	0,84	0,42
450	16,0	0,9	0,45
500	3,0	0,96	0,53
560	10,0	1,02	1,21
630	3,6	1,13	1,24

*Решение.* Себестоимость валов, имеющих длину по ряду  $Ra20$ , рассчитанная по формуле (9.1), следующая.

Длина вала, мм	400	450	500	560	630
Себестоимость изделия $c$ , тыс. руб.	1,26	1,35	1,49	2,23	2,37
Себестоимость годовой программы $C$ , млн руб.	12,60	21,60	4,47	22,3	8,53
Общая себестоимость валов годовой программы	$C_{\Pi} = 69,5$ млн руб.				

Определим себестоимость валов, соответствующую размерному ряду  $Ra10$ . Общая годовая программа не меняется. Число валов, длины которых отсутствуют в ряде  $Ra10$  (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:  $B_{\Pi} = 16$  тыс. + 3 тыс. = 19 тыс. шт.; с длиной 630 мм  $B_{\Pi} = 3,6$  тыс. + 10 тыс. = 13,6 тыс. шт. Значения коэффициентов,  $c'_{\Pi}$  определяем по формулам (9.1)–(9.3).

Себестоимость годовой программы вычисляем по формулам:  $c_{\Pi} = M + c'_{\Pi}$  и  $C_{\Pi} = c_{\Pi} B_{\Pi}$ . Результаты расчета заносим в таблицу.

Длина вала, мм	Годовая программа выпуска валов $B_{\Pi}$ , тыс. шт.	Затраты на материалы $M$ , тыс. руб.	Коэффициент изменения		Прочие затраты $c'$ , тыс. руб.	Себестоимость изделия $c$ , тыс. руб.	Себестоимость годовой программы выпуска валов $C_{\Pi}$ , млн руб.
			$K_{и.п}$	$K_{и.з}$			
400	10,0	0,84	1,00	1,00	0,42	1,26	12,60
500	19,0	0,96	6,33	0,69	0,37	1,13	25,27
630	13,6	1,13	3,78	0,76	0,95	2,08	28,29

Итого  $C_{\Pi} = 66,16$  млн руб.

$C_{\Pi}$  при применении ряда  $Ra10$  оказалось меньше, чем в предыдущем случае. Следовательно, применение ряда  $Ra10$  в технологическом отношении экономичнее, чем ряда  $Ra20$ .



*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.

*Взаимосвязка 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 народнохозяйственное 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.

### Контрольные вопросы и задания

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.

# Глава 10

## КАТЕГОРИИ И ВИДЫ СТАНДАРТОВ

### 10.1. Категории стандартов

В зависимости от специфики объекта стандартизации и содержания устанавливаемых к нему требований в Российской Федерации приняты различные категории и виды стандартов. К *объектам стандартизации* относятся: продукция (производственно-технического назначения, товары народного потребления, сырье, оборудование), услуги (материальные, социально-культурные), процессы, организационно-методические и общетехнические объекты, организация работ по стандартизации, единый технический язык, типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий общего применения (подшипники, крепеж, инструмент и др.), программные и технические средства информационных технологий, организация работ по метрологическому обеспечению, взаимозаменяемость изделий, справочные данные о свойствах веществ и материалов, классификация и кодирование технико-экономической информации, достижение науки и техники и др. Объектами стандартизации на предприятиях и в организациях могут быть вопросы организационно-методического характера, документы, регламентирующие правила и порядок управления производством и качеством продукции, типовые технологические правила и нормы и т.д.

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.

*Технический регламент (ТР)* — документ, который принят международным договором РФ, ратифицированным в порядке, установленном законодательством РФ, или федеральным законом, или указом Президента РФ, или постановлением Правительства РФ, и устанавливает обязательные для применения и использования требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Технические регламенты принимаются в целях:

- защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

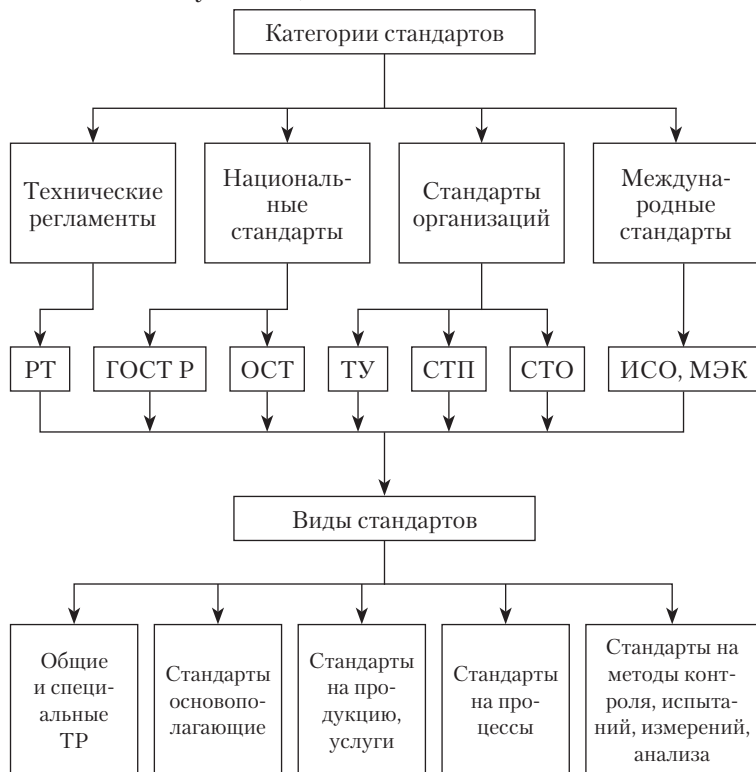


Рис. 10.1. Классификация категорий и видов стандартов

- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей.

В Закон о техническом регулировании вошли следующие статьи о технических регламентах:

- содержание и применение технических регламентов; виды технических регламентов;
- порядок разработки, применения, изменения и отмены технического регламента;
- особый порядок разработки и применения технических регламентов.

Технический регламент должен содержать требования к характеристикам продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, но не должен содержать требования к конструкции и исполнению за исключением случаев, если из-за отсутствия требований к конструкции и исполнению с учетом степени риска причинения вреда не обеспечивается защита жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества. В нем могут содержаться с учетом степени риска причинения вреда специальные требования к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения, обеспечивающие защиту отдельных категорий граждан (несовершеннолетних, беременных женщин, кормящих матерей, инвалидов).

Технические регламенты не должны препятствовать торговле в большей степени, чем это необходимо для выполнения легитимных задач. Они применяются одинаковым образом и в равной мере независимо от страны или места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, видов или особенностей сделок и физических и юридических лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

Разработчиком проекта технического регламента может быть любое юридическое или физическое лицо, т.е. любая организация или гражданин. Структура технического регламента включает следующие положения.

1. Общие положения: а) сфера применения регламента; б) объекты технического регулирования; в) основные поня-

тия, термины и определения; г) общие положения для размещения продукции на рынке.

2. Обязательные требования: а) к информации для потребителей; б) на стадиях жизненного цикла (при проектировании и конструировании, производстве, транспортировании и хранении, реализации, эксплуатации, выводе из эксплуатации и утилизации); в) к характеристикам продукции (существенные требования, перечень показателей); г) применение стандартов.

3. Подтверждение соответствия: а) классификация продукции на основе оценки риска; б) формы и схемы подтверждения соответствия.

4. Ответственность за внедрение технического регламента.

5. Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований регламентов: а) органы и объекты государственного контроля (надзора); б) порядок проведения государственного контроля (надзора); в) ответственность за нарушение требований технического регламента.

6. Переходный период.

Порядок разработки технического регламента следующий:

- публикуется уведомление о разработке проекта технического регламента с обоснованием необходимости его разработки и указанием технических требований;
- проводится обсуждение проекта технического регламента всеми заинтересованными лицами;
- публикуется уведомление о завершении публичного обсуждения проекта технического регламента;
- проводится экспертиза проекта технического регламента экспертной комиссией по техническому регулированию;
- проект рассматривается Государственной Думой и Правительством РФ в установленном порядке.

Поскольку разработка технических регламентов — процесс длительный, то в исключительных случаях (угроза жизни и здоровья людей, экологии и др.) могут быть приняты обязательные к исполнению технические регламенты в виде указов Президента России или постановлений Правительства РФ без их публичного обсуждения.

*Национальный стандарт* (ГОСТ Р) — стандарт, утвержденный национальным органом РФ по стандартизации. Они разрабатываются в соответствии с ежегодно принимаемой Ростехрегулированием Программой.

К приоритетам Программы разработки национальных стандартов относятся:

- гармонизация национальных стандартов с международными и межгосударственными стандартами, обеспечивающими конкурентноспособность продукции и услуг, рациональное использование природных ресурсов, техническую и информационную совместимость, единство измерений;
- нормативное обеспечение выполнения целевых программ развития оборонных и народнохозяйственных отраслей;
- поддержка методами стандартизации национальных проектов и программ социально-экономического развития Российской Федерации;
- разработка национальных стандартов, направленных на выполнение требований технических регламентов и обеспечение государственных закупок;
- разработка межгосударственных стандартов формируемых единое экономическое пространство со странами СНГ и др.

Национальные стандарты разрабатываются и утверждаются в порядке установленном Законом о техническом регулировании. Они применяются как признанные обществом, но добровольные для использования независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг, видов или особенностей сделок и лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

Добровольное применение стандартов означает, что изготовитель его добровольно выбирает, а выбрав, обязан соблюдать его требования. В то же время национальный стандарт становится обязательным к применению в случае, если:

- техническое законодательство страны предусматривает наличие обязательных стандартов в той или иной сфере деятельности (например, в США или других странах);
- органами власти в нормативных и правовых документах делаются ссылки на определенные стандарты добровольного применения. В результате прямой ссылки эти стандарты становятся составной частью технических регламентов;
- изготовитель на добровольных началах применяет стандарт и маркирует продукцию знаком соответствия национальному стандарту или заявляет об этом соответствии в рекламной или сопроводительной документации;

- поставщик и потребитель по договоренности сделали ссылку на стандарт добровольного применения в контракте на поставку продукции;
- продукция, изготовленная по требованиям национального стандарта добровольного применения, поставляется для государственных нужд (по контракту с правительством, включающем ссылку на стандарт);
- изготовитель по собственной инициативе сертифицировал свою продукцию в той или иной системе добровольной сертификации на соответствие требованиям национальных стандартов.

Правила разработки и утверждения национальных стандартов включают следующее:

- национальный орган по стандартизации разрабатывает и утверждает программу разработки национальных стандартов;
- уведомление о разработке стандарта направляется в национальный орган по стандартизации и публикуется. Разработчик должен обеспечить доступность проекта стандарта для ознакомления всеми заинтересованными лицами;
- разработчик дорабатывает проект национального стандарта с учетом полученных в письменной форме замечаний заинтересованных сторон;
- уведомление о завершении публичного обсуждения проекта национального стандарта должно быть опубликовано в печатном издании федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и в информационной системе общего пользования;
- проект национального стандарта с перечнем полученных замечаний представляется разработчиком в технический комитет по стандартизации для экспертизы;
- технический комитет по стандартизации готовит мотивированное предложение об утверждении или отклонении проекта стандарта;
- национальный орган по стандартизации на основании документов, представленных техническим комитетом, принимает решение об утверждении или отклонении национальных стандартов;
- уведомление об утверждении национального стандарта подлежит опубликованию в печатном издании федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и в информационной системе общего пользования.

Применение национального стандарта подтверждается знаком соответствия национальному стандарту.



*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 РФ, а также органов местного управления в пределах сферы их деятельности. ГОСТы Р устанавливают преимущественно на продукцию массового и крупносерийного производства, изделия, прошедшие государственную аттестацию, экспортные товары, а также на нормы, правила, требования, понятия, обозначения и другие объекты межотраслевого применения, которые необходимы для обеспечения оптимального качества продукции, единства и взаимосвязи различных отраслей науки, техники, производства и др. 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 народнохозяйственных 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 двусторонним обязательствам;
- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, нормативные документы, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами,

группами, видами и другими) и являющиеся обязательными для применения при создании государственных информационных систем и информационных ресурсов и межведомственным обмене информацией.

Разработку государственных стандартов РФ осуществляют, как правило, технические комитеты по стандартизации в соответствии с заданными планами государственной стандартизации РФ, программами (планами) работ технических комитетов и договорами на разработку стандартов. При разработке стандартов следует руководствоваться действующим законодательством РФ, государственными стандартами и другими нормативными документами по стандартизации, а также учитывать документы международных и региональных организаций по стандартизации.

В государственные стандарты РФ 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—2004.

ГОСТы Р утверждаются Ростехрегулированием. Перед утверждением стандарта Ростехрегулирование проводит их проверку на соответствие требованиям законодательства, действующим ТР и национальным стандартам РФ, 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 устанавливается. После утверждения ему присваивается индекс ГОСТ Р, номер стандарта, год утверждения или пересмотра (например, ГОСТ Р 248—2006). Государственную регистрацию стандарта осуществляет Ростехрегулирование в установленном порядке.

*Отраслевые стандарты (ОСТ)* разрабатывают в случаях, когда на объекты стандартизации отсутствуют государственные стандарты РФ или при необходимости установления требований, превышающих требования государственных стандартов РФ (требования отраслевых стандартов не должны противоречить техническим регламентам, обязательным требованиям государственных стандартов и рекомендациям международных 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 имеют однородное потребление или функциональное назначение. 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 федеральным органом исполнительной власти, принявшего стандарт. После утверждения им присваивается индекс ОСТ, цифровой код отрасли, номер стандарта и полностью год утверждения или пересмотра (например, ОСТ 3.348—2005).

*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 национальных стандартов или противоречат им.

ТУ применяют на территории РФ 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 регистрируются в областных органах по техническому регулированию и метрологии. 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 Ростехрегулирования.

*Стандарты предприятий (СТП) и организаций (СТО)* 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—2004. 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 Ростехрегулирования не подлежат.

В зависимости от специфики предприятия (организации) специалисты по стандартизации могут работать в конструкторском, технологическом, научно-исследовательском, метрологическом, инновационном подразделении, отделе технического контроля или контроля качества или в специализированном отделе (службе) стандартизации.

Любое из перечисленных подразделений призвано осуществлять организационно-методическое и научно-техническое руководство работами по стандартизации на предприятии (в организации), а также непосредственно проводить эти работы. При этом задачами специалистов по стандартизации являются:

- определение тематики и объемов работ по стандартизации, формирование программ (планов) их проведения;
- разработка документов (возможно в статусе стандартов организации), устанавливающих порядок разработки стандартов организации на предприятии;
- порядок внедрения на предприятии российских национальных стандартов, порядок соблюдения требований технических регламентов, порядок обеспечения учета интересов предприятия при разработке российских национальных, межгосударственных и международных стандартов;
- выполнение и (или) участие в выполнении научно-исследовательских, опытно-конструкторских, технологических и проектных работ, связанных со стандартизацией и унификацией;
- изучение передового отечественного и зарубежного опыта по стандартизации, в частности, поиск и рассмотрение международных, европейских региональных, межгосударственных, российских и зарубежных национальных, фирменных стандартов по тематике, затрагивающей интересы предприятия, а также учет этого опыта в своих работах по стандартизации и доведение информации о нем до заинтересованных подразделений предприятия;
- разработка или участие в разработке стандартов организации, технических условий и других технических документов предприятия;
- участие в разработке российских национальных стандартов (если предприятие разрабатывает эти стандарты) или рассмотрение проектов российских национальных, межгосударственных, международных стандартов (если их разработка осуществляется другими организациями);
- участие во внедрении на предприятии российских национальных стандартов и иных стандартов, а применении которых заинтересовано предприятие.

Специалисты по стандартизации должны участвовать в контроле за соблюдением требований технических регламентов и стандартов, в том числе при постановке продукции на производство, а также при подготовке к сертификации.

Важной функцией специалистов по стандартизации является участие в информационном обеспечении различных видов деятельности предприятия. С этой целью организуется учет действующих (внедренных) на предприятии стандартов, технических условий и других технических и нормативных

документов. Эти документы составят фонд нормативной документации предприятия, который должен постоянно обновляться (своевременно вносятся принятые и утвержденные изменения в стандарты, изымаются отмененные стандарты, проводятся регулярные проверки нормативных и технических документов с целью оценки необходимости их актуальности).

*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 направляют в органы Ростехрегулирования.

При разработке всех типов отечественных стандартов учитывают рекомендации международных организаций по стандартизации.

Согласно ГОСТ Р 1.4—2004 в состав обозначения утвержденного стандарта организации на продукцию, поставляемую на внутренний или внешний рынок, на работы, выполняемые на стороне, или оказываемые ею на стороне услуги следует включить аббревиатуру СТО, код по Общероссийскому классификатору предприятий и организаций ОК 007,



позволяющий идентифицировать организацию — разработчика стандарта; регистрационный номер, присваиваемый организацией, разрабатывающей и утвердившей стандарт, и год утверждения стандарта.

Классификационный код стандарта организации (ОКС) устанавливаются по Общероссийскому классификатору стандартов ОК (МК(ИСО/ИНФКО МКС) 001—96)001, классификационный код продукции (ОКП) или услуги (ОКУН), на которую распространяется стандарт организации, — по общероссийским классификаторам ОК 005 или ОК 002 соответственно и приводят на последней странице стандарта организации.

*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 14043:1989).

Ростехрегулирование 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:

- общие и специальные технические регламенты:
  - ✓ стандарты основополагающие;
  - ✓ стандарты на продукцию, услуги;
  - ✓ стандарты на процессы;
- стандарты на методы контроля, измерений, испытаний, анализа и др.

*Общие технические регламенты* разрабатываются по определенным вопросам безопасности, и их действие распространяется на большие группы продукции. Их требования направлены на обеспечение пожарной безопасности, промышленной безопасности, безопасности эксплуатации и утилизации машин и оборудования, эксплуатации зданий, сооружений, безопасности использования прилегающих к ним территорий, а также биологической, экологической, ядерной, радиационной безопасности, электромагнитной совместимости.

Требования общего технического регламента обязательны для применения и соблюдения в отношении любых видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и унификации.

*Специальные технические регламенты* устанавливают конкретные требования для специфических видов продукции в случае, если требований общих технических регламентов недостаточно для обеспечения безопасности этих видов продукции.

Требованиями специального технического регламента учитываются технологические и иные особенности отдельных видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

*Стандарты основополагающие* разрабатывают с целью содействия взаимопониманию, 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 Национальной системы стандартизации в России и др.).

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

Примерами 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 информирования 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 длительную 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.

На современном этапе большое значение приобретают стандарты на процессы управления в рамках систем обеспечения качества продукции (услуг), управление документацией, закупками, подготовкой кадров и т.п.

*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.

*Взаимозаменяемость* 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 тогда, 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 деталей поверхности 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 раз-

личным. Размеры в поперечном сечении можно определить переменным радиусом  $R$ , отсчитываемым от геометрического центра  $O$  номинального сечения. Этот радиус называют текущим размером, т.е. размером, зависящим от положения осевой координаты  $x$  и угловой координаты  $\varphi$  точки, лежащей на измеряемой поверхности. Отклонение  $\Delta R$  текущего размера  $R$  (при выбранном значении  $x$ ) от номинального (постоянного) размера  $R_0$  можно выразить зависимостью

$$\Delta R = R - R_0 = f(\varphi),$$

где  $f(\varphi)$  — функция, характеризующая погрешность профиля ( $\varphi$  — полярный угол).

Контур поперечного сечения удовлетворяет условиям замкнутости, следовательно,

$$f(\varphi + 2\pi) = f(\varphi),$$

т.е. функция имеет период  $2\pi$ .

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  $f(\varphi)$  в ряд Фурье.

Рассматривая отклонения  $\Delta R$  радиус-вектора в полярной системе координат как функцию полярного угла  $\varphi$ , можно представить отклонения контура поперечного сечения детали в виде ряда Фурье:

$$f(\varphi) = (a_0 / 2) + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi),$$

где  $a_0 / 2$  — нулевой член разложения;  $a_k, b_k$  — коэффициенты ряда Фурье  $k$ -й гармоники;  $k$  — порядковый номер составляющей гармоники.

Ряд Фурье можно представить также в виде

$$f(\varphi) = (c_0 / 2) + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \cos(k\varphi + \varphi_k),$$

где  $c_k$  — амплитуда  $k$ -й гармоники;  $\varphi_k$  — начальная фаза.



Функция  $f(\varphi)$  определяется совокупностью величин  $c_k$  (спектра амплитуд) и  $\varphi_k$  (спектра фаз).

В дальнейшем используем ряд с ограниченным числом членов, т.е. тригонометрический полином

$$f(\varphi) = (c_0 / 2) + \sum_{k=1}^n c_k \cos(k\varphi + \varphi_k),$$

где  $n$  — порядковый номер высшей гармоники полинома.

Согласно теореме Фурье нулевой член разложения в общем случае является средним значением функции  $f(\varphi)$  за период  $T = 2\pi$ , определяемым расстоянием от базового уровня отсчета текущего размера до средней линии геометрических отклонений профиля (до среднего цилиндра):

$$c_0 / 2 = (1 / 2\pi) \int_0^{2\pi} f(\varphi) d\varphi.$$

Таким образом,  $c_0/2$  есть постоянная составляющая отклонения текущего размера. Первый член разложения  $c_1 \cos(\varphi + \varphi_1)$  выражает несовпадение центра вращения  $O$  с геометрическим центром сечения  $0$  (эксцентриситет  $e$ ), т.е. отклонение расположения поверхности. Здесь  $c_1, \varphi_1$  — амплитуда и фаза эксцентриситета.

Члены ряда, начиная со второго и до  $k = p$

$$\sum_{k=2}^p c_k \cos(k\varphi + \varphi_k),$$

образуют спектр отклонений формы детали в поперечном сечении. При этом второй член ряда Фурье  $c_2 \cos(2\varphi + \varphi_2)$  выражает овальность, третий член  $c_3 \cos(3\varphi + \varphi_3)$  — огранку с трехвершинным профилем и т.д. Последующие члены ряда, имеющие номер  $k > p$ , 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:

$$f(z) \neq f(z + l),$$

где  $z$  — переменная, отсчитывается вдоль оси цилиндра, причем  $0 \leq z \leq l$ ;  $l$  — длина детали.

Введя цилиндрическую систему координат  $R$ ,  $\varphi$ ,  $z$  и условно приняв, что период  $T = 2l$ , представим отклонения контура реальной цилиндрической детали в продольном сечении  $f(z)$  в виде тригонометрического полинома

$$f(z) \approx (c_0 / 2) + \sum_{k=1}^p c_k \sin(k\pi / 2l)z,$$

где  $k$  — порядковый номер члена разложения.

При  $k = 1$  первый член  $f_1(z) = c_1 \sin(0,5\pi z / l)$ . Тогда  $f_1(z) = 0$  при  $z = 0$  и  $f_1(z) = c_1$  при  $z = l$ .

Первый член разложения характеризует наклон образующей цилиндра (конусообразность). Второй член разложения  $f_2(z) = c_2 \sin(\pi z / l)$  характеризует выпуклость контура в продольном сечении (бочкообразность). Этот же член разложения при наличии сдвига фазы  $f_2(z) = c_2 \sin(\pi z / l - \pi / 2) = c_2 \cos(\pi z / l)$  выражает седлообразность 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 —  $D_n$  ( $D$ ), вала —  $d_n$  ( $d$ ) (рис. 10.2, а).

*Номинальный размер* является основным размером деталей 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  $D_d$ , а для вала —  $d_d$ .

*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 ( $D_{\min}, d_{\min}$ ) и наибольшим предельным размером ( $D_{\max}, d_{\max}$ ), (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 ( $ES$  — для отверстия,  $es$  — для вала) — алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами:

$$ES = D_{\max} - D_n, es = d_{\max} - d_n.$$

Нижнее отклонение ( $EI$  — для отверстия,  $ei$  — для вала) — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами:

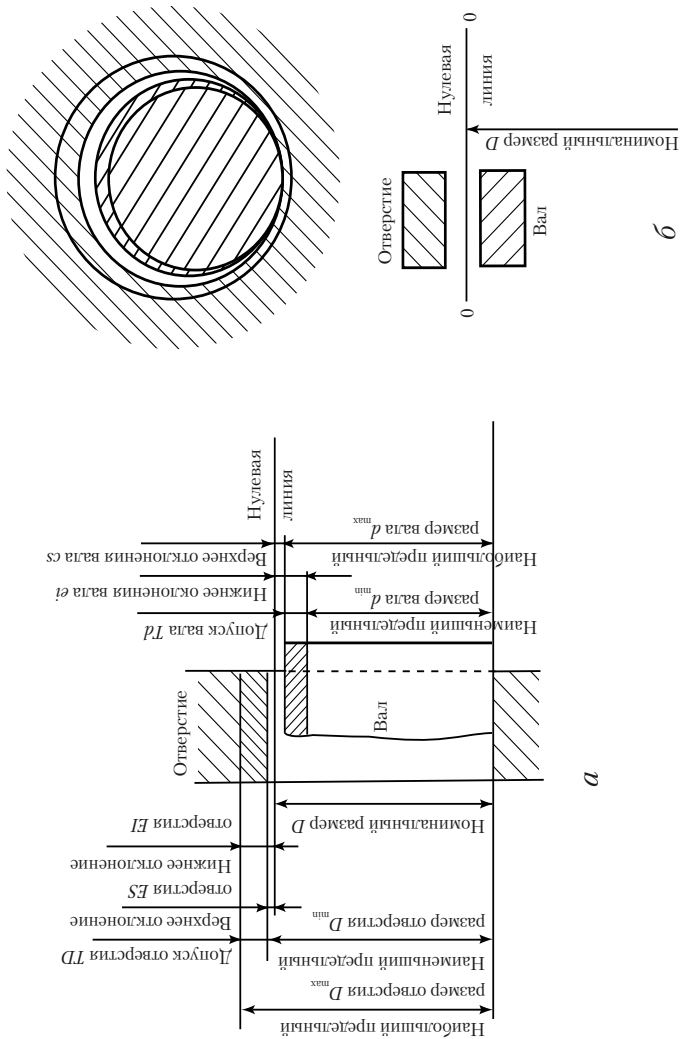


Рис. 10.2. Поля допусков отверстия и вала при посадке с зазором (отклонения отверстия положительные, отклонения вала отрицательные)

$$EI = D_{\min} - D_n, ei = d_{\min} - D_n.$$

Действительным отклонением называют алгебраическую разность между действительным и номинальным размерами. Отклонение является положительным, если предельный или действительный 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  $58^{+0,013}$ ;  $42_{-0,024}$ ;  $50^{+0,107}$ ;  $74 \pm 0,2$ ; угловые размеры и их предельные отклонения — в градусах, минутах или секундах с указанием единицы, например  $0^\circ 30' 40''$ ;  $120^\circ \pm 20'$ . 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 —  $TD$ , для вала —  $Td$ :

$$(TD = D_{\max} - D_{\min}, Td = d_{\max} - d_{\min}).$$

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 положи-

тельные 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.

Посадка с зазором характеризуется наибольшим, наименьшим и средним зазором, которые определяются по формулам:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei, \quad S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es,$$

$$S_{\text{cp}} = (S_{\max} - S_{\min}) / 2.$$

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.  $S_{\min} = 0$ . 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:

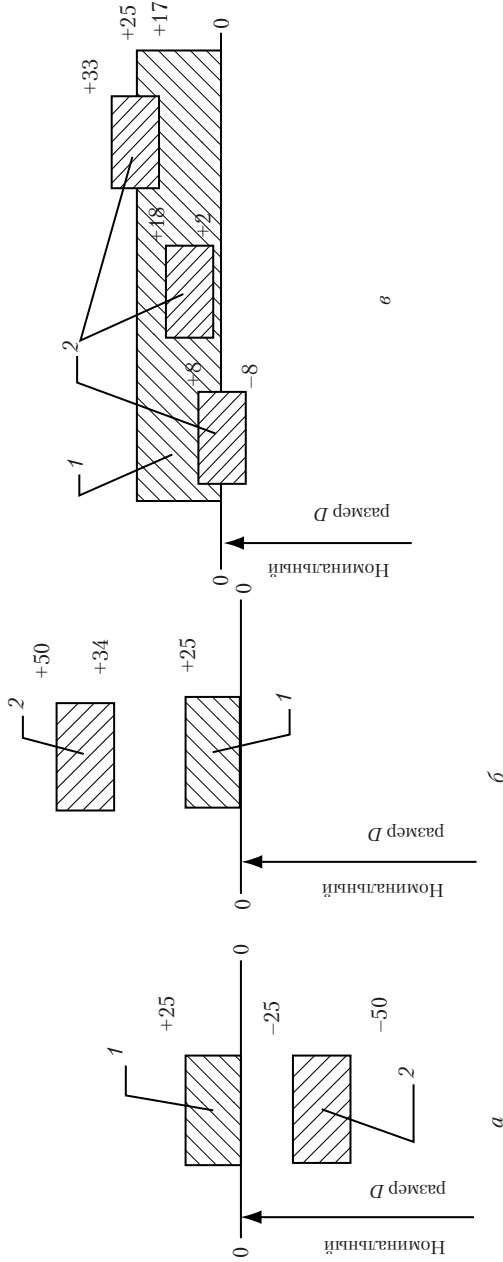


Рис. 10.3. Поля допусков отверстия 1 и вала 2 (отклонения даны для диаметра 40 мм)

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI, \quad N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES,$$

$$N = (N_{\max} - N_{\min}) / 2.$$

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  $TS$  в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим допускаемыми натягами (допуск натяга  $TN$  в посадках с натягом), в переходных посадках допуск посадки — сумма наибольшего натяга и наибольшего зазора, взятых по абсолютному значению:

$$TS = S_{\max} - S_{\min}; \quad TN = N_{\max} - N_{\min}; \quad Tn = N_{\max} + S_{\max}.$$

$$TS = TD + Td; \quad TN = TD + Td; \quad Tn = TD + Td.$$

Пример обозначения посадки:  $40^{+0,03/-0,008}$ , где 40 — номинальный размер (в мм), общий для отверстия и вала.

Согласно ГОСТ 25346–82, 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.



Посадки в системе отверстия — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. 10.4, *а*) и обозначают *H*. 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  $ES$  всегда положительное и равно числовому значению допуска, т.е.  $TD = ES - EI = ES - 0 = ES$ . 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 *h*. Для всех посадок в системе вала верхнее отклонение основного вала  $es = 0$ , т.е. верхняя граница поля допуска вала всегда совпадает с нулевой линией, нижнее отклонение отрицательное и равно числовому значению допуска по модулю, т.е. допуск основного вала, так же как и все допуски, положительный  $Td = es - ei = 0 - (-ei) = |ei|$ . 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

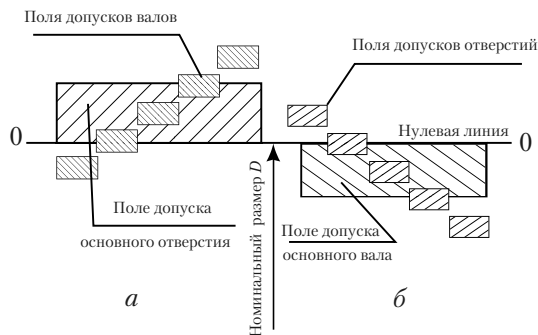


Рис. 10.4. Примеры расположения полей допусков для посадок в системе отверстия (*а*) и в системе вала (*б*)

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, когда ни одна из деталей не является основной. Такие посадки называют внесистемными или комбинированными.

Для построения систем допусков устанавливают единицу допуска  $i$  ( $I$ ), которая, отражая влияние технологических, конструктивных и метрологических факторов, выражает зависимость допуска от номинального размера, ограничиваемого допуском, и является мерой точности, а также число единиц допуска ( $a$ ), зависящее от качества изготовления (кавалитета) и не зависящее от номинального размера (в ЕСДП установлено 19 квалитетов для металлических изделий и два для изделий из пластмасс). Квалитет — совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. Порядковый номер квалитета возрастает с увеличением допуска: 01; 0; 1; 2; ...; 17; 18; 19, допуск по квалитету обозначается через  $IT$  с порядковым номером, например  $IT14$ .

На основании исследований точности механической обработки установлены следующие эмпирические формулы нахождения единицы допуска:

$$\text{для размеров до } 500 \text{ мм} - i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 D;$$

$$\text{для размеров свыше } 50 \text{ до } 10\,000 \text{ мм} - I = 0,004D + 2,1,$$

где  $D$  — среднее геометрическое крайних размеров каждого

интервала, мм ( $D = \sqrt{D_{\max} D_{\min}}$ ); единица допуска, мкм;  $0,001D$  учитывает погрешность измерения.

Число единиц допуска ( $a$ ) — постоянное для каждого качества (качества изготовления) и не зависит от номинального размера. Число единиц допуска при переходе от одного качества к другому, с 5-го по 19, изменяется приблизительно по геометрической прогрессии со знаменателем  $\sqrt[3]{10} \approx 1,6$ . Число единиц допуска для этих качеств соответственно равно: 7, 10, 16, 25, 40, 64, 100, 160, 250, 400, 640, 1000, 1600, 2500 и 4000. Начиная с 5-го качества допуски при переходе к следующему, более грубому качеству увеличиваются на 60%, а через каждые пять качеств допуск увеличивается в 10 раз. Это правило дает возможность развить систему в сторону более грубых качеств, например  $IT\ 18 = 10\ ITU$  и т.д. Таким образом, допуск любого качества равен  $IT = ai$ .

Допуски и другие значения измерений, устанавливаемые стандартами, определены при нормальной температуре, которая во всех странах принята равной  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Такая температура принята как близкая к температуре рабочих помещений машиностроительных и приборостроительных заводов. Градуировку и аттестацию всех линейных и угловых мер и измерительных приборов, а также точные измерения следует выполнять при нормальной температуре, отступления от нее не должны превышать допустимых значений (ГОСТ 8.050—73). Температура детали и измерительного средства в момент контроля должна быть одинаковой, что может быть достигнуто совместной выдержкой детали и измерительного средства в одинаковых условиях.

В отдельных случаях погрешность измерения, вызванную отклонением от нормальной температуры и разностью температурных коэффициентов линейного расширения материалов детали и измерительного средства, можно компенсировать введением поправки, равной погрешности, взятой с обратным знаком. Температурную погрешность  $\Delta l$  приближенно определяют по формуле

$$\Delta l = l(\Delta_1 \Delta t_1 - \Delta_2 \Delta t_2),$$

где  $l$  — измеряемый размер, мм;  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  — температурные коэффициенты линейного расширения материалов деталей и измерительного средства,  $^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $\Delta t_1 = t_1 - 20^\circ\text{C}$  — разность между температурой детали и нормальной температурой;

$\Delta t_2 = t_2 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$  — разность между температурой измерительного средства и нормальной температурой.

Если температура детали и температура средств измерения одинаковы, но не равна  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , также неизбежны ошибки вследствие разности температурных коэффициентов линейного расширения детали и измерительного средства.

В этом случае (т.е. при  $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t$ ) погрешность  $\Delta l \approx l \Delta t (\alpha_1 - \alpha_2)$ .

Для построения рядов допусков каждый из диапазонов размеров в свою очередь разделен на несколько интервалов. Для нормальных размеров от 1 до 500 мм установлено 13 интервалов: до 3 мм, свыше 3 до 6, свыше 6 до 10 мм ... свыше 400 до 500 мм. Для полей, образующих посадки с большими зазорами или натягами, введены дополнительные промежуточные интервалы, что уменьшает колебание зазоров и натягов и делает посадки более определенными.

Положение поля допуска относительно нулевой линии (номинального размера) определяется основным отклонением. Для образования посадок с различными зазорами и натягами в системе ИСО и ЕСДП для размеров до 500 мм предусмотрено 27 вариантов основных отклонений валов и отверстий.

Основное отклонение — это расстояние от ближней границы поля допуска до нулевой линии (рис. 10.5) Основные отклонения отверстий обозначают прописными буквами латинского алфавита, валов — строчными.

Основное отклонение отверстий обозначают буквой  $H$ , основное отклонение вала —  $h$ . Отклонения  $A-H(a-h)$  предназначены для образования полей допусков в посадках с зазором; отклонения  $J_s, \dots, N(j_s, \dots, n)$  — в переходных посадках, отклонения  $P, \dots, ZC(p, \dots, zc)$  — 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  $es$  для вала  $a, \dots, h$  или нижнего  $ei$  для вала  $j, \dots, zc$ ) определяют по эмпирическим формулам. Основное отклонение вала не зависит от качества (даже когда формула содержит допуск  $IT$ ).

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.

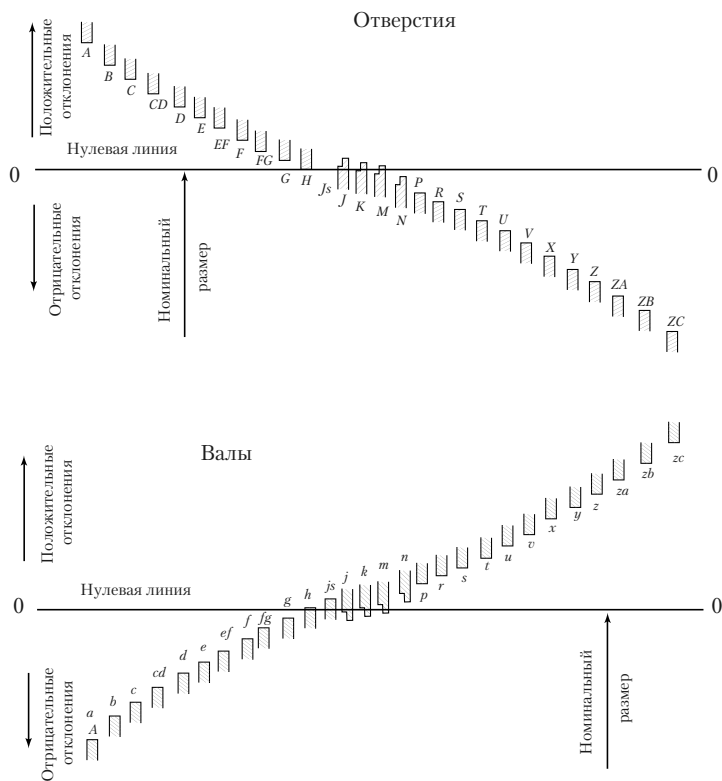


Рис. 10.5. Основные отклонения отверстий и валов

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 – в*).

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,

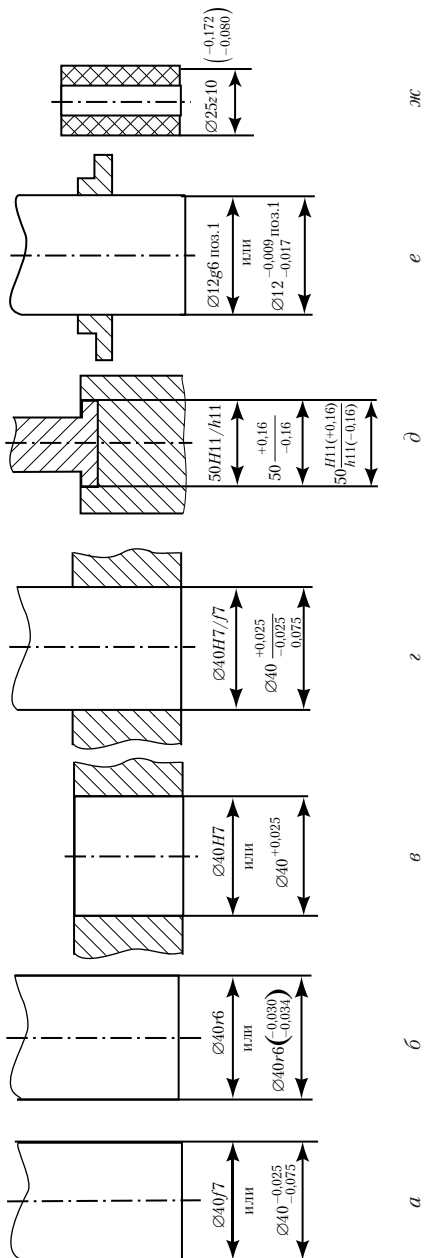


Рис. 10.6. Примеры обозначения полей допусков и посадок на чертежах

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 f7. 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(<sup>+0,025</sup>),  $D_{\min} = 54,000$  мм,  $D_{\max} = 54,000 + 0,025 = 54,025$  мм.

$$TD = 54,025 - 54,000 = 0,025 \text{ мм};$$

$$\text{вала } 45 f7 \left( \begin{array}{l} -0,025 \\ -0,050 \end{array} \right), d_{\min} = 54,000 - 0,050 = 53,950 \text{ мм},$$

$$d_{\max} = 54,000 - 0,025 = 53,975 \text{ мм};$$

$$Td = 53,975 - 53,950 = 0,025 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = 54,025 - 53,950 = 0,075 \text{ мм}, S_{\min} = 54,000 - 53,975 = 0,025 \text{ мм}.$$

$$S_{\text{cp}} = (0,025 + 0,075) / 2 = 0,050 \text{ мм};$$

$$TS = 0,075 - 0,025 = 0,050 \text{ мм}.$$

Проверим полученные данные  $TS = TD + Td = 0,025 + 0,025 = 0,050$  мм.

Эскизы сопрягаемых деталей приведены на рис. 10.7, схема расположения полей допусков — на рис. 10.8.

Результаты решения запишем в таблицу.

Посадка	Отклонение, мкм				Допуск, мкм			Зазоры, мкм		Натяги, мкм	
	вал		отверстие								
	$es$	$ei$	$ES$	$EI$	$Td$	$TD$	$TS, TN$	$S_{max}$	$S_{min}$	$N_{max}$	$N_{min}$
45H7/f7	-25	-50	+25	0	25	25	50	25	75	—	—

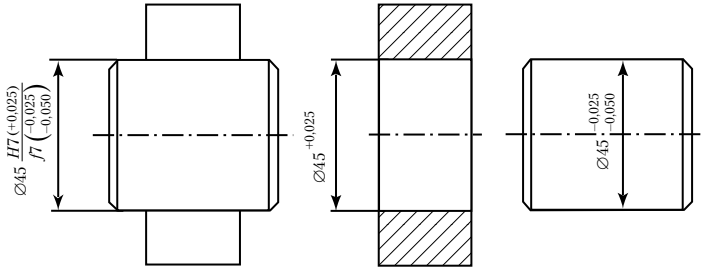


Рис. 10.7. Эскизы соединения сопрягаемых деталей

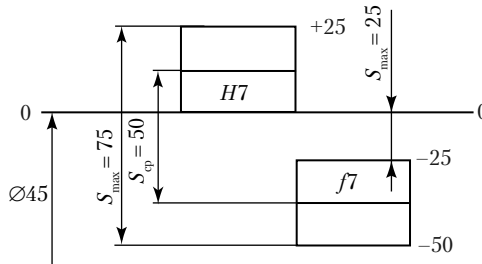


Рис. 10.8. Схема расположения полей допусков (все отклонения в мкм)

**Пример 10.2.** Определить основные характеристики посадок приведенных в табл. 1 (номинальные размеры) и табл. 2 (посадки и предельные отклонения размеров деталей).

Таблица 1

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 2

Пример	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	H7 <i>e</i> 8	H7 <i>f</i> 7	H7 <i>g</i> 6	H7 <i>h</i> 6	H7 <i>d</i> 9	H7 <i>h</i> 6	H7 <i>h</i> 6	H7 <i>H</i> 6	H7 <i>H</i> 7	H7 <i>d</i> 9
2	H7 <i>P</i> 6	H7 <i>R</i> 6	H7 <i>s</i> 6	H7 <i>H</i> 6	H7 <i>s</i> 9	H7 <i>H</i> 8	H7 <i>H</i> 6	H7 <i>H</i> 4	H7 <i>H</i> 5	H7 <i>S</i> 5
3	H7 <i>j</i> <sub>s</sub> 6	H7 <i>k</i> 6	H7 <i>n</i> 6	H7 <i>H</i> 6	H7 <i>H</i> 6	H7 <i>K</i> 8	H7 <i>j</i> <sub>s</sub> 7	H7 <i>H</i> 6	H7 <i>H</i> 7	H7 <i>N</i> 7

### 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 диа-

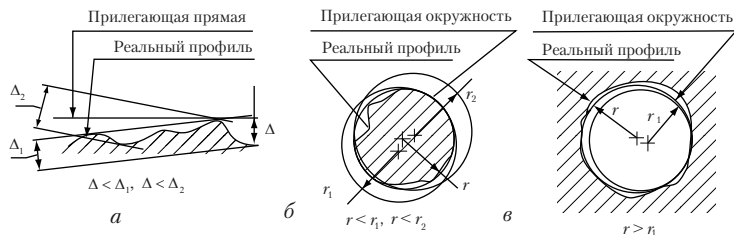


Рис. 10.9. Прилегающие прямая (а) и окружности (б, в)

метра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 10.9, 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 линеек, калибров, контрольных оправок и т.п. Количественно отклонение формы оценивают наибольшим расстоянием  $\Delta$  от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к последней. Приняты следующие обозначения:

$\Delta$  — отклонение формы или отклонение расположения поверхностей;

$T$  — допуск формы или допуск расположения;

$L$  — длина нормируемого участка.

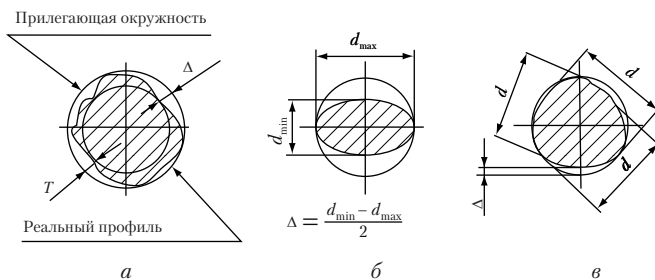
Точность формы цилиндрической поверхности определяется точностью контура в поперечном (перпендикулярном оси), сечении и образующих цилиндр в продольном сечении (рис. 10.10, 10.11).

Совокупность всех отклонений формы цилиндрической поверхности определяется с помощью комплексного показателя — отклонения от цилиндричности.

*Отклонение от цилиндричности* — наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 10.11, а).

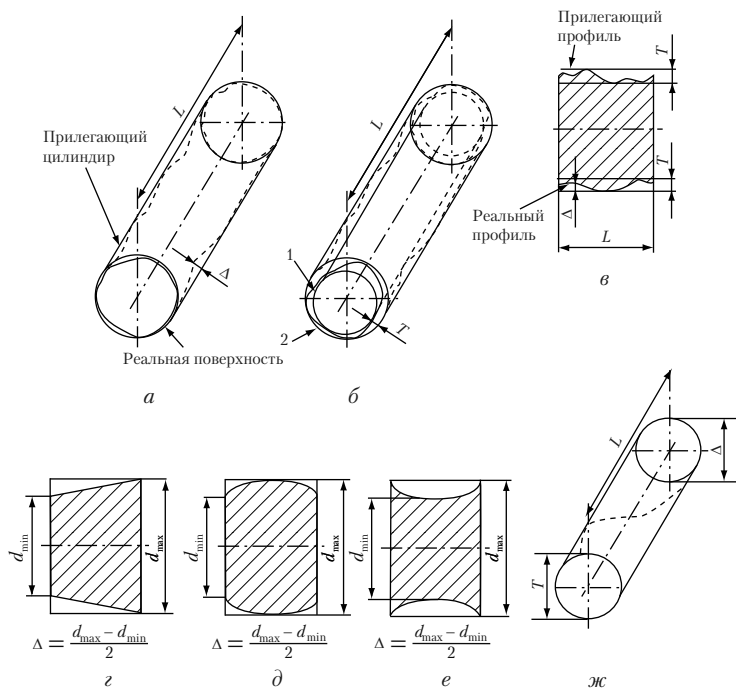
На рис. 10.11, б показано поле допуска цилиндричности, определяемое пространством, ограниченным соосными цилиндрами 1 и 2, отстоящими один от другого на расстоянии, равном допуску цилиндричности.

Комплексным показателем отклонения контура поперечного сечения цилиндрического тела является отклонение от круглости.



**Рис. 10.10. Отклонение формы цилиндрических поверхностей в поперечном сечении:**

*a* – отклонение от круглости; *б* – овальность; *в* – огранка



**Рис. 10.11. Отклонение от цилиндричности и профиля продольного сечения**

*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 взаимноперпендикулярных 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 размера  $d$  (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, з). *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). Боч-

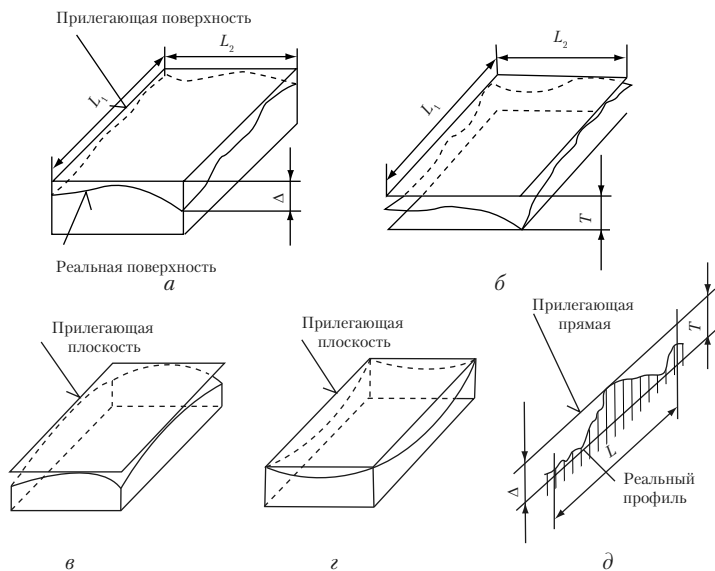


Рис. 10.12. Отклонение формы плоских поверхностей

кообразность 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).

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). Полем допуска параллельности плоскостей



осей (прямых) на их общую плоскость. Перекос осей (прямых) — отклонение от параллельности  $\Delta_y$  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  $T_y$  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  $T$ , 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  $\Delta = R_{\max} - R_{\min}$ ; оно является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности поверхности и отклонения от ее соосности относительно базовой оси (рис. 10.14, а).

*Торцовое 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. Торцовое 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.

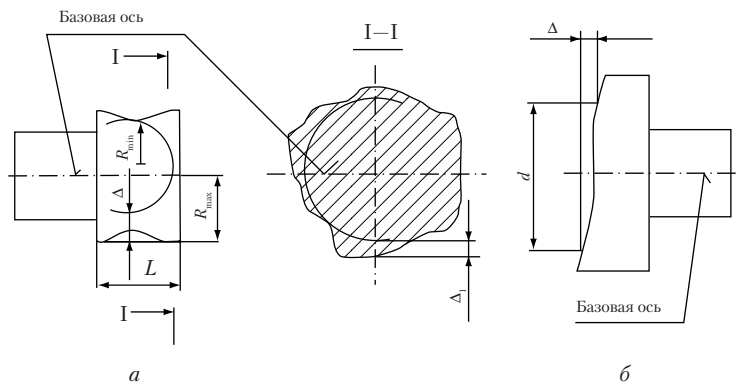


Рис. 10.14. Радиальное и торцовое биения



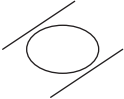

*Зависимым* называют переменный допуск расположения или формы, минимальное значение которого указывается в чертеже или технических требованиях и которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера поверхности детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия). Зависимые допуски расположения или формы натачают 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. 10.1.

Таблица 10.1

### Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей

Группа	Вид	Знак
Допуски формы	Допуск прямолинейности Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	

Окончание табл. 10.1

Группа	Вид	Знак
Допуски расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения Допуск торцового биения Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения Допуск полного торцового биения	
	Допуск формы заданного профиля Допуск формы заданной поверхности	
	Зависимые допуски	
	Независимые допуски	

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).

Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной линией, оканчивающейся 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).

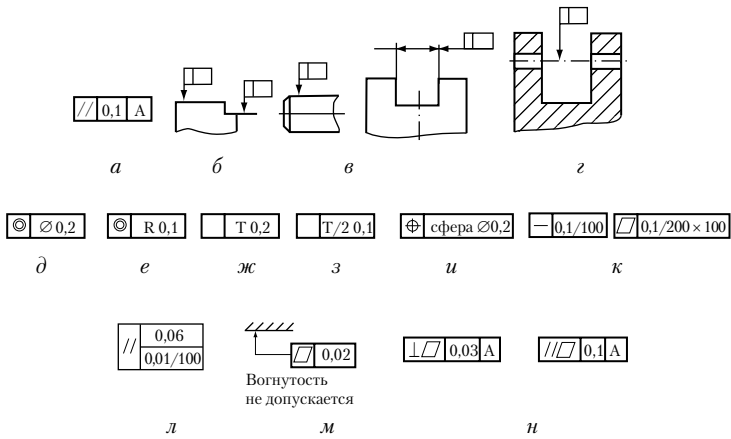


Рис. 10.15. Схема указания допусков формы и расположения поверхностей

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,

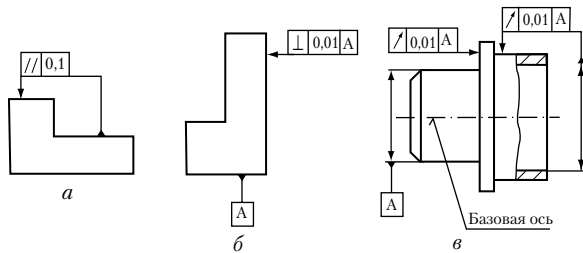


Рис. 10.16. Обозначение базы

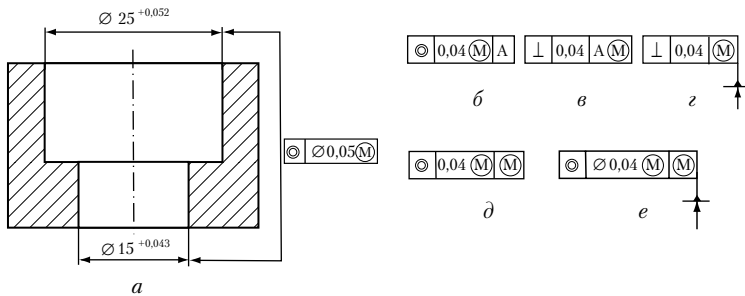


Рис. 10.17. Зависимый допуск соосности отверстий (а) и обозначение зависимых допусков (б – е)

е), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

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 ( $\Gamma$ )* — 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 ( $m_0$ )*, 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  $S_W$  к высоте неровностей  $W_z$ .

При  $(S_W/W_z) < 40$  отклонения относят к шероховатости поверхности, при  $1000 \geq (S_W/W_z) > 40$  — к волнистости, при  $(S_W/W_z) > 1000$  — к отклонениям формы.

Параметры волнистости: *высота волнистости*  $W_z$  — среднеарифметическое из пяти ее значений ( $W_1, W_2, \dots, W_5$ ), определенных на длине участка измерения  $L_W$ , равной не менее пяти действительным наибольшим шагам  $S_W$  волнистости (рис. 10.18, а):

$$W_z = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) / 5.$$

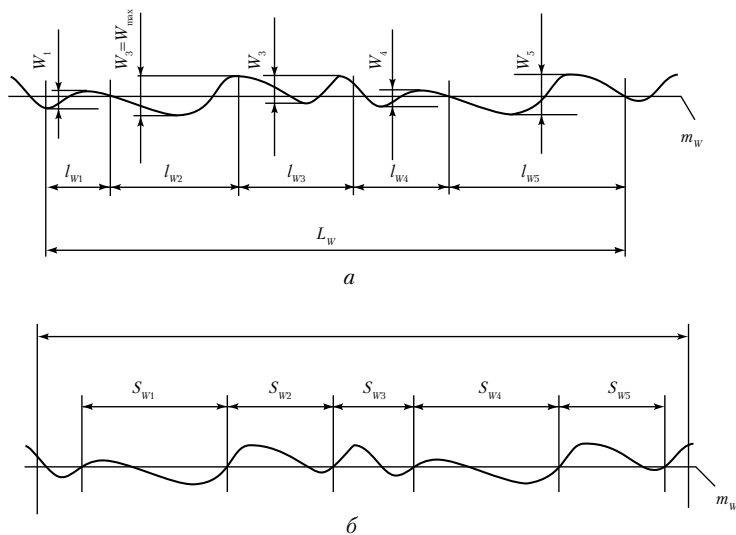


Рис. 10.18. Определение высоты (а) и шага (б) волнистости поверхности

Допускается непоследовательное расположение участка измерения. Предельные числовые значения  $W_z$  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  $l_{Wi}$ , равной пятой части длины  $L_W$ . *Наибольшая высота волнистости*  $W_{\max}$  — расстояние между высшей и низшей точками измеренного профиля в пределах длины  $L_W$  измеренное на одной полной волне. *Средний шаг волнистости*  $S_W$  — среднее арифметическое значение длин отрезков средней линии  $S_{Wi}$ , ограниченных точками их пересечения с соседними участками профиля волнистости (рис. 10.18, б):

$$S_W = (1/n) \sum_{i=1}^n S_{Wi}.$$

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  $l$ . 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*  $R_a$  — это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$R_a = (1/l) \int_0^l |y(x)| dx \quad \text{или} \quad R_a = (1/n) \int_{i=1}^n |y_i|,$$

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*  $R_z$  — сумма средних абсолютных значений высоты пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = 1/5 \left[ \sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right],$$

где  $y_{pi}$  — высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;  $y_{vi}$  — глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля.

*Наибольшая высота неровностей профиля*  $R_{\max}$  — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины  $R_{\max} = R_p + R_v$  (рис. 10.19).

*Средний шаг неровностей профиля*  $S_m$  — среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = (1/n) \sum_{i=1}^n S_{mi},$$

где  $n$  — число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины  $l$ ;  $S_{mi}$  — 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:

$$S = (1/n) \sum_{i=1}^n S_i,$$

где  $n$  — число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой линии;  $S_i$  — шаг неровностей профиля по вершинам,

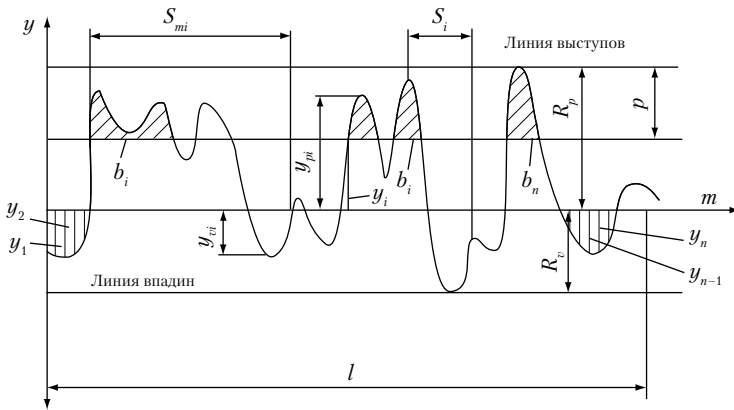


Рис. 10.19. Профилограмма и основные параметры шероховатости поверхности

равный длине отрезка средней линии между проекциями на нее двух наивысших точек соседних выступов профиля.

Относительная опорная длина профиля  $t_p$  — отношение опорной длины профиля к базовой длине:

$$t_p = \eta_p / l,$$

где  $\eta_p$  — 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);

$$\eta_p = \sum_{i=1}^m b_i.$$

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; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90% от  $R_{\max}$ .

Параметр  $R_a$  является предпочтительным по сравнению с  $R_z$  и  $R_{\max}$ , так как параметр  $R_a$  характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля;  $R_z$  — среднюю высоту наиболь-

ших неровностей;  $R_{\max}$  — наибольшую высоту профиля. Шаговые параметры  $S_m$ ,  $S$  и  $t_p$  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 допустимые значения  $R_a$  (или  $R_z$ ),  $R_{\max}$  и  $t_p$ , а также направление неровностей; для поверхностей циклически нагруженных ответственных деталей —  $R_{\max}$ ,  $S_m$  и  $S$  и т.д. При выборе параметров  $R_a$  или  $R_z$  следует иметь в виду, что параметр  $R_a$  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  $R_z$  измеряют только расстояния между пятью вершинами и пятью впадинами неровностей. Влияние формы неровностей на эксплуатационные показатели качества детали параметром  $R_a$  оценить нельзя, так как при различных формах неровностей значения  $R_a$  могут быть одинаковыми. Для лучшей оценки свойств шероховатости необходимо знать ее высотные, шаговые параметры и параметр формы  $t_p$ . 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  $t_p$ . 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  $t_p$  и строят кривую изменения опорной длины профиля. При выборе значений  $t_p$  следует учитывать, что с его увеличением требуются все более трудоемкие процессы обработки; например, при значении  $t_p \approx$

≈ 25%, определенном по средней линии профиля, можно применять чистовое точение, а при  $t_p \approx 40\%$  необходимо хонингование. Относительная опорная длина профиля определяет значение пластической деформации поверхностей деталей при их контактировании.

В некоторых случаях устанавливают требования к направлению неровностей (табл. 10.2) 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 с учетом изменения № 3 (протокол № 21 Международного совета по стандартизации, метрологии, сертификации от 28 мая 2002 г.) 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 10.2

Направление неровностей и их обозначения

Типы направления неровностей	Обозначение	Типы направления неровностей	Обозначение

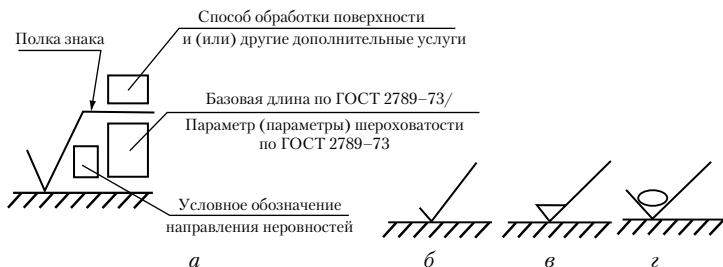


Рис. 10.20. Структура обозначения шероховатости поверхности

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 указывают после соответствующего символа, например,  $R_a 0,5$ ,  $R_{\max} 6,3$ ;  $S_m 0,63$ ;  $S 0,32$ ;  $R_z 32$ ;  $t_{50} 70$ . Здесь указаны наибольшие допустимые значения параметров шероховатости; наименьшие значения не ограничиваются. В примере обозначения  $t_{50} 70$  указана относительная опорная длина профиля  $t_p = 70\%$  при уровне сечения профиля  $p = 50\%$ . При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности (наибольшего и наименьшего) в обозначении приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

$$R_a \begin{matrix} 0,90 \\ 0,24 \end{matrix}; R_z \begin{matrix} 4,00 \\ 2,63 \end{matrix}; R_{\max} \begin{matrix} 2,8 \\ 1,5 \end{matrix}; t_p \begin{matrix} 100 \\ 50 \end{matrix} \text{ и т.д.}$$

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,  $1 \pm 20\%$ ;  $R_z 80_{-10\%}$ ;  $S_m 0,63^{+20\%}$ ;  $t_{50} 70 \pm 40\%$  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.

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).

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 не нанесены обозначения шероховатости или знак, показанный на рис. 10.22, в, должны иметь шероховатость, указанную перед знаком в правом верхнем углу чертежа. Когда часть поверхностей изделия не обрабатывается

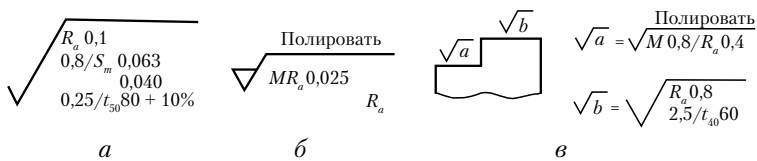


Рис. 10.21. Примеры обозначения шероховатости поверхности

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 (см. рис. 10.22, з).

Шероховатость поверхности характеризуется качественным и количественным контролем. *Качественный контроль* шероховатости поверхности осуществляют путем сравнения с рабочими эталонами или образцовыми деталями визуально или на ощупь. ГОСТ 9378—93 устанавливает образцы шероховато-

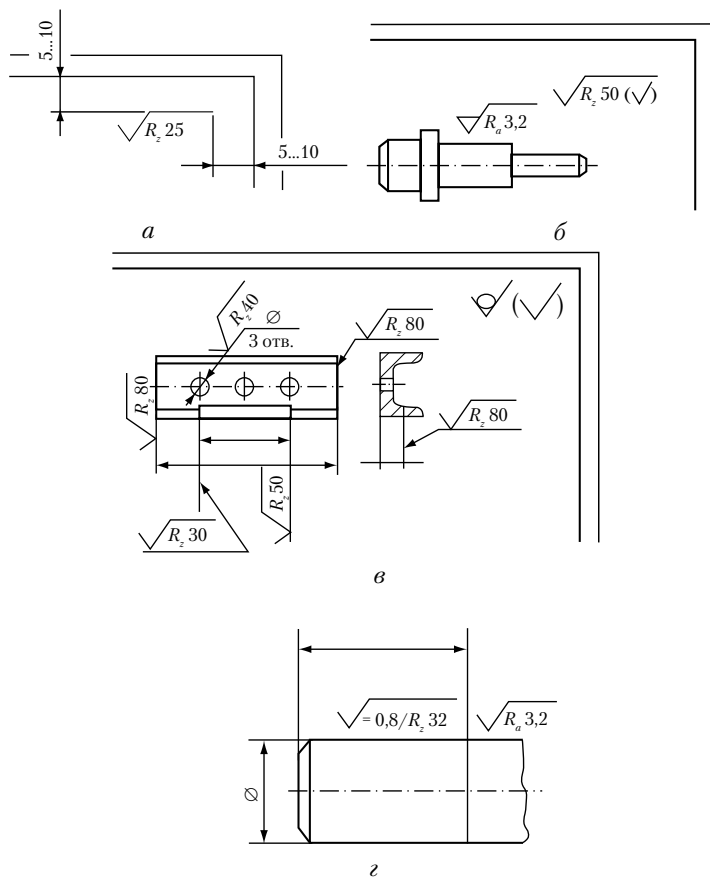


Рис. 10.22. Примеры специфических случаев обозначения шероховатости

сти, 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  $R_a$  (в мкм) и вид обработки образца. Визуально можно удовлетворительно оценить поверхности с  $R_a = 0,6, \dots, 0,8$  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

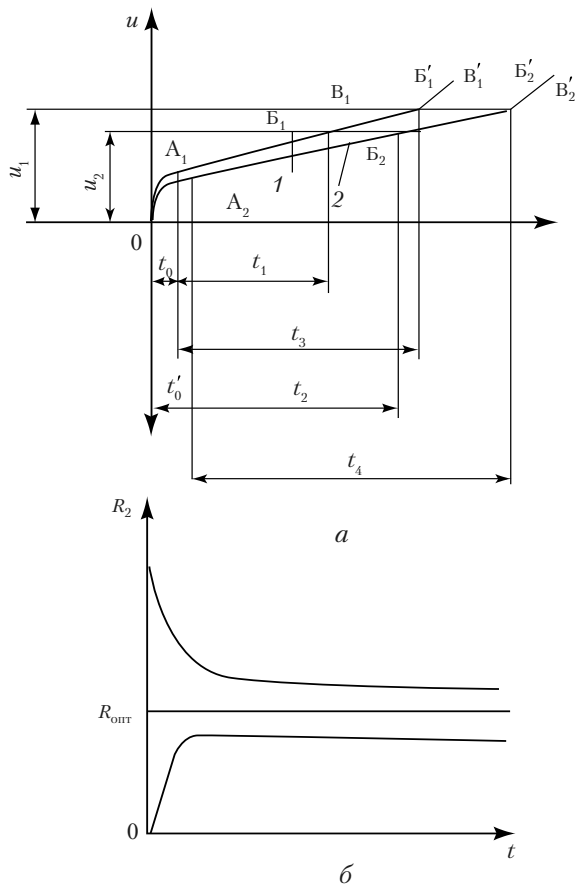


Рис. 10.23. Кривые, характеризующие износ вращающихся деталей:

$a$  — при реальной износостойкости (1 — пониженной; 2 — повышенной);  $б$  — при разной начальной шероховатости

работы подвижных соединений (участки  $0A_1$  и  $0A_2$  на кривых, рис. 10.23, *а*) происходит интенсивное изнашивание деталей, (процесс приработки), что увеличивает зазор между сопряженными поверхностями.

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, *б*), 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 допускаемый 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 получить 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 технических регламентов и национальных стандартов, метрологического обеспечения и качества продукции.

В настоящее время национальные стандарты перешли в область «добровольного многократного использования», и обязательные требования к продукции устанавливаются только техническими регламентами, имеющими статус федерального закона.

В соответствии с Законом о техническом регулировании государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов осуществляется в отношении продукции, процессов производства, эксплуатации, хране-

ния, перевозки, реализации и утилизации исключительно для соблюдения требований соответствующих технических регламентов. Технические регламенты с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие безопасность излучений, биологическую безопасность, взрывобезопасность, механическую безопасность, пожарную безопасность, промышленную безопасность, термическую безопасность химическую безопасность, электрическую безопасность, ядерную и радиационную безопасность, электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования, единство измерений.

Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов осуществляется исключительно в части соблюдения требований соответствующих технических регламентов и исключительно на стадии обращения продукции.

При осуществлении мероприятий по государственному контролю (надзору) за соблюдением требований технических регламентов используются правила и методы исследований (испытаний), анализов и измерений, установленные для соответствующих технических регламентов.

Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов осуществляется:

- федеральными органами исполнительной власти;
- органами исполнительной власти субъектов РФ;
- подведомственными им государственными учреждениями, уполномоченными на проведение контроля (надзора).

Все эти учреждения и органы исполнительной власти являются органами государственного контроля (надзора). Непосредственно государственный контроль (надзор) осуществляют должностные лица органов государственного контроля (надзора).

Органы государственного контроля (надзора) имеют право:

- требовать от изготовителя (а также продавца или лица, представляющего иностранного изготовителя) предъявление декларации о соответствии или сертификата соответствия или их копии, если применение копии предусмотрено техническим регламентом;
- осуществлять мероприятия по государственному контролю (надзору) в соответствии с законодательством РФ;
- выдавать предписания об устранении нарушений требований технических регламентов;

- принимать решения о запрете передачи продукции, а также о приостановлении производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, если иными мерами невозможно устранить нарушения требований технических регламентов;

- приостановить или прекратить действие декларации о соответствии или сертификата соответствия;

- привлекать изготовителя (исполнителя) к ответственности;

- принимать иные меры, предусмотренные законодательством РФ, в целях недопущения вреда.

Остальные требования стандартов относятся к добровольным. Необходимость выполнения этих требований определяют самостоятельно изготовитель и потребитель при заключении договоров на разработку и поставку продукции, оказание услуг или проведение работ.

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 стопроцентное 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.

Органы государственного контроля (надзора) и их должностные лица несут ответственность за ненадлежащее исполнение своих служебных обязанностей в соответствии с законодательством РФ.

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.

За нарушение требований технических регламентов изготовитель (исполнитель; продавец; лицо, выполняющее функцию иностранного изготовителя) несет ответственность в соответствии с законодательством РФ. Также несут ответственность все перечисленные выше лица в случае неисполнения предписаний и решений органа государственного контроля (надзора) в соответствии с законодательством РФ. Такую же ответственность они несут в случае причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений или возникновения угрозы причинения вреда. Обязанность возместить вред не может быть ограничена договором или заявлением одной из сторон.

Изготовитель (исполнитель, продавец, лицо, выполняющее функцию иностранного изготовителя), которому стало известно о несоответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов, обязан сообщить об этом в орган государственного контроля (надзора) в соответствии с его компетенцией в течении 10 дней с момента получения указанной информации.

Продавец (исполнитель, лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя), получивший указанную информацию, в течении 10 дней обязан довести ее до изготовителя.

Лицо, которое не является изготовителем (исполнителем, продавцом, лицом, выполняющим функции иностранного изготовителя) и которому стало известно о несоответствии выпущенной в обращение продукции требованиям технических регламентов, вправе направить информацию о несоответствии продукции требованиям технических регламентов в орган государственного контроля (надзора).

При получении такой информации орган государственного контроля (надзора) в течении пяти дней обязан известить изготовителя (продавца; лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) о ее поступлении.

Если изготовитель (продавец, лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) получает информацию о несоответствии продукции требованиям технического регламента, он должен проверить эту информацию в течении 10 дней. Если информация достоверна, то он должен

в 10-дневный срок разработать программу мероприятий по предотвращению причинения вреда и согласовать ее с органом государственного контроля (надзора) в соответствии с его компетенцией.

В случае получения информации о несоответствии продукции требованиям технических регламентов органы государственного контроля (надзора) должны в возможно короткие сроки провести проверку достоверности полученной информации. При признании информации достоверной органы в 10-дневный срок должны выдать предписание о разработке изготовителем программы мероприятий по предотвращению вреда и контролировать ее выполнение.

В случае невыполнения предписания или невыполнения программы мероприятий по предотвращению причинения вреда орган государственного контроля (надзора) в соответствии с его компетенцией, а также иные лица, которым стало известно о невыполнении изготовителем (продавцом; лицом, выполняющим функцию иностранного изготовителя) программы мероприятий по предотвращению причинения вреда, вправе обратиться в суд с иском о принудительном отзыве продукции.

В случае удовлетворения иска о принудительном отзыве продукции суд обязывает ответчика совершить определенные действия, связанные с отзывом продукции, в установленный судом срок, а также довести решение суда не позднее, чем в течение одного месяца со дня его вступления в законную силу, до сведения приобретателей через средства массовой информации или иным способом.

В случае если ответчик не исполнит решение суда в установленный срок, истец вправе совершить эти действия за счет ответчика с взысканием с него необходимых средств на расходы.

За нарушение требований закона об отзыве продукции могут быть применены меры уголовного и административного воздействия в соответствии с законодательством РФ.

Стандарты выпускаемые предприятиями и организациями контролируются местными службами по стандартизации.

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 и задания

1. Приведите примеры категорий и видов стандартов и опишите условия их применения.
2. Что представляет собой технический регламент?
3. Что представляет собой государственный стандарт?
4. Объясните структуру и порядок разработки отраслевого стандарта.
5. Опишите назначение, применение и разработку технических условий.
6. Что такое стандарт предприятия?
7. Что представляет собой стандарт научно-технических и инженерных обществ и других общественных организаций?
8. Поясните особенности международных стандартов.
9. Что такое взаимозаменяемость?
10. Какие размеры называют номинальными, действительными, предельными и как их определяют?
11. Охарактеризуйте графический способ изображения полей допусков через предельные размеры и отклонения.
12. Назовите виды и системы посадок.
13. Опишите содержание Единой системы допусков и посадок.
14. Как наносят размеры на чертеж?
15. Какие отклонения и допуски расположения поверхностей деталей устанавливают стандарты?
16. Рассмотрите обозначение на чертежах отклонения формы и расположения поверхностей деталей и их допусков.
17. Что такое волнистость поверхностей и какими параметрами она оценивается?
18. Каким образом наносятся параметры шероховатости на чертеж?
19. Объясните суть государственного контроля (надзора) за соблюдением требований стандартов.



## **РАЗДЕЛ III СЕРТИФИКАЦИЯ**

## Глава 11

# ВВЕДЕНИЕ В СЕРТИФИКАЦИЮ

### 11.1. Основные понятия и функции системы сертификации в России

Слово «сертификация» в переводе с латинского («sertifico») означает «подтверждаю», «удостоверяю». Его можно толковать также исходя из сочетания латинских слов «certum» — «верно» и «facere» — «сделано».

Термин «сертификация» впервые сформулирован специальным комитетом ИСО (международная организация по стандартизации) по вопросам сертификации (СЕРТИКО) и включен в Руководство № 2 ИСО (ИСО/МЭК 2) 1982 г. «Общие термины и определения в области стандартизации, сертификации и аккредитации испытательных лабораторий».

Хотя становление сертификации в современном понимании произошло в 20—30 гг. XX столетия, в метрологии сертификация известна давно. Более 100 лет термин «сертификат» использовался в международной метрологической практике. Так, сопроводительный документ к полученному Россией в 1879 г. прототипу килограмма имел название «сертификат Международного бюро мер и весов для прототипа килограмма № 12, переданного Министерству финансов Российской Империи».

Согласно ИСО/МЭК 2 сертификация — это процедура подтверждения соответствия результата производственной деятельности, товара, услуги нормативным требованиям, посредством которой третья сторона документально удостоверяет, что продукция, работа (процесс) или услуга соответствует заданным требованиям.

Документ, подтверждающий соответствие сертифицированной продукции установленным требованиям, называется сертификатом соответствия.

Под «третьей стороной» в процедуре сертификации подразумевается независимая, компетентная организация, осуществляющая оценку качества продукции. Первой стороной принято считать изготовителя, продавца продукции, второй — покупателя, потребителя.

Третья сторона (например, испытательная лаборатория) для подтверждения компетентности и объективности проходит процедуру аккредитации, т.е. официального признания ее возможностей осуществлять соответствующий вид контроля или испытаний.

Сертификация базируется на стандартах, и в ее основе лежат испытания по нормам сертификации.

Предшественницей современной российской сертификации была сертификация в СССР отечественной экспортируемой продукции.

В 1986 г. Госстандарт СССР ввел в действие РД 50-598—86 «Временный порядок сертификации продукции машиностроения» и присоединился к ряду международных систем сертификации. Позднее были разработаны национальные правила проведения работ по сертификации продукции, аттестации производств и другие нормативные документы. Первоначально в СССР сертификация проводилась в зарубежных центрах, и ее обязанность фактически устанавливалась законодательством тех стран, куда товары поставлялись. Сертификаты соответствия давались Госстандартом СССР.

В СССР действовали и другие формы оценки соответствия продукции: аттестация по категориям качества (первая и высшая, по которой продукции присваивался Знак качества); государственные испытания, которым подвергалось около 30% продукции, аттестованной по категориям качества, и др.

В Российской Федерации после распада СССР аттестация по категориям качества, госиспытания продукции и госприемка были официально отменены.

Наследие в области сертификации, оставленное СССР, было использовано для развития и совершенствования этой деятельности в Российской Федерации и других странах СНГ. В 1992 г. в соответствии с Законом о защите прав потребителей начались работы по сертификации под руководством национального органа по сертификации — Госстандарта России.

Основополагающим документом в области сертификации стал Закон РФ от 10 июня 1993 г. № 5151-1 «О серти-

фикации продукции и услуг». В дополнение к нему принят Федеральный закон от 31 июля 1998 г. № 154-ФЗ «О внесении изменений и дополнений в Закон Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг»». 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.

В стране начали создаваться различные системы сертификации (несколько десятков), среди которых наиболее значимой для России стала национальная Система сертификации ГОСТ Р, разработанная Госстандартом России.

Система сертификации (организационная система сертификации) — второе по важности после сертификации понятие процедуры подтверждения соответствия. Термин «система сертификации» согласно Руководству ИСО/МЭК 2 определяется как «система, имеющая свои собственные правила, процедуры и руководства для проведения сертификации соответствия». Основным в этом определении является то, что сертификация в рамках системы должна проводиться по единым правилам и в определенном составе участников процесса сертификации.

Системы сертификации могут создаваться на трех уровнях: национальном, региональном и международном.

В России сформирована Система сертификации средств измерений. Структура Системы включает: центральный орган — управление метрологии Ростехрегулирования, Координационный совет, Апелляционный комитет, Научно-методический центр, органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры) средств измерений.

Основная цель Системы — обеспечение единства измерений. Основная задача — проверка и подтверждение соответствия средств измерения установленным документально метрологическим нормам и требованиям.

Система носит добровольный характер, открыта для вступления и участия в ней юридических лиц — изготовителей, органов по сертификации, испытательных лабораторий и всех других заинтересованных предприятий, организаций и отдельных лиц.

Сертификацию осуществляют аккредитованные органы по сертификации средств измерений с учетом результатов испытаний аккредитованных лабораторий при наличии лицен-

зированной соглашения с органом сертификации, который несет ответственность за объективность и достоверность результатов.

Аккредитацию органов по сертификации осуществляет центральный орган Системы — Управление метрологии Ростехрегулирования. Сертификат соответствия выдает также центральный орган или иной орган по сертификации средств измерений на основе лицензии.

С введением в действие с 1 июля 2003 г. Закона о техническом регулировании Закон о сертификации продуктов и услуг упряднен и все нормативы по сертификации вошли в Закон о техническом регулировании.

Структура законодательной и нормативной базы сертификации приведена на рис. 11.1.

Сегодня, в целях гармонизации отечественной сертификации с аналогичными процедурами в развитых странах Запада (ЕС), стоит задача перехода от обязательной сертификации к обязательному подтверждению соответствия как более общему и более гибкому, чем сертификация, способу оценки качества и безопасности продукции и услуг. Подтверждение соответствия в отличие от сертификации, проводящейся исключительно третьей стороной, может осуществляться поставщиком, т.е. первой стороной.

Главным доказательством подтверждения соответствия является декларация о соответствии — документ, в котором изготовитель (продавец, исполнитель) удостоверяет, что поставляемая им продукция соответствует установленным требованиям.

Система сертификации определяется как система, располагающая собственными правилами процедуры и управления для проведения сертификации соответствия. В Правилах по проведению сертификации в Российской Федерации, утвержденных Госстандартом России в 1994 г., дано определение: «Система сертификации — совокупность участников сертификации, осуществляющих сертификацию по правилам, установленным в этой системе». Таким образом, проведение сертификации возможно только в рамках системы сертификации, которая должна быть признана всеми ее участниками и зарегистрирована в установленном порядке. В Российской Федерации регистрацию системы сертификации осуществляет Ростехрегулирование, являющееся национальным органом по сертификации. В его задачу входит проверка соответствия правил самостоятельных систем сертификации

российскому законодательству и нормативным документам и ведение реестра зарегистрированных систем.

К участникам сертификации относятся государственные органы, организации, являющиеся создателями системы сертификации, а также испытательные лаборатории (центры), центральный орган системы сертификации, изготовители продукции (исполнители услуг), научно-методические центры и др.

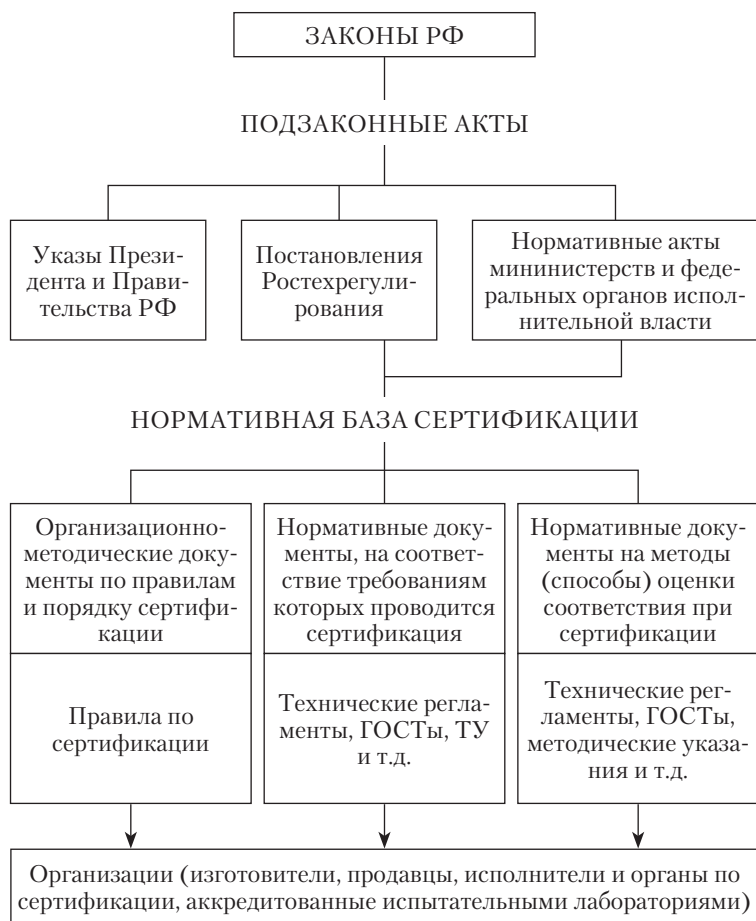


Рис. 11.1. Структура законодательной и нормативной базы сертификации

Среди систем обязательной сертификации первой по времени ее создания и самой крупной является Система сертификации ГОСТ Р, разработанная Ростехрегулированием. В Систему сертификации ГОСТ Р входят порядка 40 систем сертификации однородной продукции и услуг, около 900 аккредитованных органов по сертификации и около 2000 испытательных лабораторий. В Системе сертификации ГОСТ Р за рубежом аккредитовано четыре органа по сертификации и несколько испытательных лабораторий. Наличие этих органов по сертификации и испытательных лабораторий способствует процессу сертификации продукции, ввозимой на территорию РФ из-за рубежа.

Система сертификации ГОСТ Р выдает ежегодно около 500 тыс. сертификатов на продукцию и услуги.

Основной функцией сертификации является защита человека, его имущества и природной среды от отрицательных последствий современного научно-технического развития, от недобросовестных производителей и продавцов, создание условий для честной конкурентной борьбы.

Законодательством в целях обеспечения безопасности товаров (работ, услуг) предусматривается обязательная сертификация:

- товаров (работ, услуг), на которые в законодательных актах (технических регламентах), государственных стандартах установлены требования, направленные на обеспечение безопасности жизни, здоровья потребителей, охраны окружающей среды, а также на предотвращение причинения вреда имуществу потребителей;
- средств, обеспечивающих безопасность жизни и здоровья потребителей.

Важной функцией сертификации является защита национального рынка от зарубежных недобросовестных конкурентов. Вместе с тем сертификация оказывает значительное влияние на расширение международного экономического сотрудничества. Сложившиеся в течение десятилетий различия в национальных стандартах и процедурах проведения сертификации превратились в так называемые технические барьеры для международной торговли, снятие которых является одним из обязательных условий приема России в ВТО.

Эффект от проведения сертификации продукции и услуг носит социально-экономический характер. В социальной сфере сертификация обеспечивает защиту здоровья и жизни

населения, является важным элементом системы охраны окружающей среды.

Экономическим результатом сертификации, регулирования безопасности и качества товаров и услуг является более полное удовлетворение потребностей рядового покупателя, снижение издержек потребления или затрат на продукцию, увеличение сбыта и, как следствие, увеличение прибыли производителя и экономия расходов покупателя.

На уровне общества в целом осуществление сертификации проявляет себя в виде роста поступлений в государственный бюджет за счет увеличения налоговой базы и поступлений таможенных сборов, а также уменьшения расходов госбюджета в связи с сокращением средств, выделяемых на здравоохранение, выплату пособий по нетрудоспособности, затрат на содержание медицинских учреждений и др.

Поскольку услуги органов по сертификации и испытаниям продукции оплачиваются в основном заявителем, то рост поступлений в госбюджет в определенной мере идет на содержание и развитие самой сертификации, а также стандартизации и метрологии, призванных решать общую задачу — обеспечение качества продукции и услуг.

## 11.2. Положение о Системе сертификации ГОСТ Р

Система ГОСТ Р создана для организации и проведения работ по обязательной сертификации продукции, работ и услуг и обеспечения необходимого уровня объективности и достоверности результатов сертификации.

Система ГОСТ Р является открытой для участия в ней других федеральных органов исполнительной власти, различных организаций, признающих и выполняющих ее правила. Взаимодействие Системы ГОСТ Р с другими системами сертификации, создаваемыми федеральными органами исполнительной власти, осуществляется на основе соглашений, заключаемых Ростехрегулированием с соответствующими органами (организациями), если иное не предусмотрено законодательными и иными нормативными правовыми актами РФ.

Система ГОСТ Р вправе взаимодействовать с международными, региональными и национальными системами сертификации других стран по вопросам подтверждения соответствия,



включая признание сертификатов, знаков соответствия и протоколов испытаний.

Система ГОСТ Р включает в качестве подсистем системы сертификации однородной продукции (работ, услуг), в которых осуществляется сертификация определенной продукции (работы, услуги) с учетом специфики ее производства и использования, а также с учетом требований международных систем сертификации и соглашений, участником которых является Российская Федерация. Объективность и достоверность сертификации в Системе ГОСТ Р обеспечивается аккредитацией органов по сертификации и испытательных лабораторий, а также аттестацией экспертов в установленном порядке. Система ГОСТ Р имеет собственные формы сертификатов и знаки соответствия. В Системе ГОСТ Р по тем же правилам и процедурам может проводиться также добровольная сертификация.

В Системе ГОСТ Р проводятся работы по регистрации деклараций о соответствии, принятых изготовителями (продавцами, исполнителями) в порядке, установленном постановлением Правительства РФ от 7 июля 1999 г. № 766 «Об утверждении перечня продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии».

Объекты обязательной сертификации в Системе ГОСТ Р определены перечнями, утвержденными постановлением Правительства РФ от 13 августа 1997 г. № 1013 «Об утверждении перечня товаров, подлежащих обязательной сертификации, и перечня работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации».

Объекты подтверждения соответствия, на которые в Системе ГОСТ Р регистрируются декларации о соответствии, определены перечнем продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии, утвержденной постановлением Правительства РФ от 7 июля 1998 г. № 766.

Объектами добровольной сертификации в Системе ГОСТ Р могут быть любые виды систем качества, производств, продукции, работ, услуг, предлагаемые заявителем и входящие в область аккредитации органов по сертификации Системы ГОСТ Р.

Нормативную базу подтверждения соответствия при обязательной сертификации в Системе ГОСТ Р составляют государственные стандарты, санитарные нормы и правила, строительные нормы и правила и другие документы, кото-

рые в соответствии с законодательством РФ устанавливают обязательные требования к качеству товаров (работ, услуг). Обозначение конкретных нормативных документов, на соответствие которым проводится обязательная сертификация в Системе ГОСТ Р, содержатся в Номенклатуре продукции и услуг (работ), в отношении которых законодательными актами Российской Федерации предусмотрена их обязательная сертификация, публикуемой в документах систем сертификации однородной продукции, работ, услуг.

В Системе ГОСТ Р предусматривается сертификация отечественной и импортируемой продукции по единым правилам. Система ГОСТ Р обеспечивает проведение обязательной сертификации на всей территории РФ путем формирования сети аккредитованных в установленном порядке органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) по всей номенклатуре продукции (работ, услуг), подлежащих обязательной сертификации в соответствии с законодательными актами РФ.

Для подготовки предложений, касающихся функционирования Системы ГОСТ Р, совершенствования деятельности ее участников, нормативно-методического обеспечения и т.п., Ростехрегулирование формирует Совет Системы ГОСТ Р из представителей: центральных органов систем сертификации однородной продукции (работ, услуг) (далее — центральные органы); технического органа Регистра систем качества; научно-методических центров; отдельных органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров). Совет Системы ГОСТ Р является совещательным органом.

Для рассмотрения жалоб участников сертификации, связанных с деятельностью органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), экспертов и заявителей по вопросам сертификации, инспекционного контроля, применения знака соответствия, выдачи, приостановления и отмены действия сертификатов и по другим вопросам при Ростехрегулировании формируется апелляционная комиссия.

Государственный реестр Системы ГОСТ Р ведется подразделением Ростехрегулирования, которое регистрирует участников и объекты сертификации, а также осуществляет архивное хранение материалов по государственной регистрации.

На базе научно-исследовательской организации Ростехрегулирование создает научно-методический центр Системы ГОСТ Р, который осуществляет следующие функции:

- разрабатывает предложения по развитию и совершенствованию Системы ГОСТ Р;
- разрабатывает проекты основополагающих организационно-методических документов Системы ГОСТ Р и изменения к ним;
- проводит экспертизу документов систем сертификации однородной продукции (работ, услуг);
- оказывает методическую помощь участникам Системы ГОСТ Р.

Функцию центрального органа при сертификации систем качества и производств выполняет Технический центр Регистра систем качества. Технический центр Регистра систем качества осуществляет функции в соответствии с ГОСТ Р 40.002–2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения».

Организации, которые претендуют на участие в Системе ГОСТ Р в качестве органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), должны иметь статус юридического лица и быть аккредитованы в системе аккредитации.

Требования к органам по сертификации установлены в ГОСТ Р ИСО/МЭК 65–2000 «Общие требования к органам по сертификации продукции».

Требования к испытательным лабораториям (центрам) установлены в ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025–2000 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Право на проведение работ в Системе ГОСТ Р имеют аккредитованные органы по сертификации и испытательные лаборатории (центры), включенные в государственный реестр. Функции, выполняемые органами по сертификации и испытательными лабораториями (центрами), определены Правилами по проведению сертификации в Российской Федерации. За аккредитованными органами по сертификации и испытательными лабораториями (центрами) предусмотрен инспекционный контроль.

Непосредственную работу в органе по сертификации осуществляют специалисты органа с обязательным участием экспертов по сертификации, аттестованных в Регистре Системы сертификации персонала, образованном Ростехрегулированием.

Правила проведения сертификации в Системе ГОСТ Р установлены для продукции, для работ и услуг, для систем качества и производств.

Сертификация включает следующие основные этапы:

- подача заявки на сертификацию;
- рассмотрение и принятие решения по заявке;
- проведение необходимых проверок (анализ документов, испытания, проверка производства и т.п.);
- анализ полученных результатов и принятие решения о возможности выдачи сертификата соответствия;
- выдача сертификата;
- инспекционный контроль за сертифицированным объемом в соответствии со схемой сертификации.

Заявителем может быть отечественная или зарубежная организация, индивидуальный предприниматель, подавшие заявку на сертификацию. Формы заявок на проведение сертификации продукции, работ, услуг, систем качества, производств приведены в правилах по сертификации «Система сертификации ГОСТ Р. Формы основных документов, применяемых в системе», утвержденных постановлением Госстандарта России от 17 марта 1998 г. № 12.

К сертификации допускается продукция, пригодная для использования по назначению и имеющая необходимую маркировку и техническую документацию, содержащую информацию о продукции в соответствии с законодательством РФ. При положительных результатах сертификации орган по сертификации выдает заявителю сертификат соответствия.

Сертификат соответствия Системы ГОСТ Р на продукцию (работы, услуги), подлежащую обязательной сертификации, является документом, необходимым при реализации и (или) введении в эксплуатацию этой продукции (работы, услуги).

При обязательной сертификации или при подтверждении соответствия посредством декларации о соответствии продукции (работ, услуг) применяют знак соответствия по ГОСТ Р 50460—92 «Знак соответствия при обязательной сертификации. Форма, размеры и технические требования».

При сертификации систем качества и производства применяется знак соответствия по ГОСТ Р 40.002—2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения».

Правила инспекционного контроля за сертифицированными продукцией, услугами устанавливаются соответствующими документами Системы ГОСТ Р, в том числе в системах однородной продукции (работ, услуг), правила инспекционного контроля за сертифицированными системами качества и произ-

водствами — по ГОСТ Р 40.005—2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр системы качества. Инспекционный контроль сертифицированных систем качества и производств».

### 11.3. Цели, принципы и формы сертификации

Выделяют следующие цели сертификации:

- создание условий для деятельности организаций всех форм собственности на едином товарном рынке России для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле;
- содействие потребителям в компетентном выборе товара и защите их от недобросовестности изготовителя;
- контроль безопасности продукции для жизни, здоровья и имущества людей и окружающей среды;
- подтверждение показателей качества продукции, заявленных изготовителем.

При проведении сертификации следует руководствоваться следующими принципами:

- правовая обоснованность сертификации;
- открытость системы сертификации (доступность для предприятий всех форм собственности, выполняющих ее правила);
- гармонизация правил и рекомендации по сертификации с международными нормами и правилами;
- открытость неконфиденциальной и недоступность закрытой информации по сертификации.

При сертификации должны быть обеспечены: добровольность; бездискриминационный доступ к участию в процессах сертификации; 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.

**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.** Она обеспечивается независимостью органа по сертификации и привлекаемых им к работе экспертов от заявителя или других сторон, заинтересованных в результатах оценки и сертификации, а также полной состав комиссион экспертов (далее — комиссии).

В совокупности члены комиссии по сертификации должны 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 Ростехрегулирования).

**Воспроизводимость** результатов оценок. Она 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.

**Информативность.** В Регистре должна обеспечиваться ежегодная публикация официальной информации о сертифицированных системах качества (производства) организаций. Кроме того, в оперативных источниках информации (периодических изданиях Ростехрегулирования и его институтов) должна публиковаться текущая информация о сертификации или об аннулировании сертификатов систем качества (производств) организаций.

Базовым понятием сертификации является сертификация соответствия.

Сертификация соответствия проводится в обязательной и добровольной форме. 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 закреплённые требования к этим товарам должны быть выполнены всеми производителями на внутреннем рынке и импортерами при ввозе на территорию России. Номенклатура товаров и услуг, подлежащих обязательной сертификации в Российской Федерации в соответствии с Законом о защите прав потребителей, приведена в приложении 1. Проведение работ по обязательной сертификации осуществляется органами по сертификации и испытательными лабораториями, аккредитованными в установленном порядке в рамках существующих систем обязательной сертификации.

Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом. В настоящее время схемы сертификации продукции разработаны и действуют в России с учетом рекомендаций ИСО/МЭК и практики подтверждения соответствия в ЕС.

Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается сертификатом соответствия, выдаваемым заявителю органом по сертификации.

Форма сертификата соответствия утверждается федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию. Пример формы сертификата соответствия при добровольной сертификации Системы сертификации ГОСТ Р приведен на рис. 11.2, а при обязательной сертификации — в приложении 5.

При добровольной сертификации на бланке отсутствует знак соответствия в левом верхнем углу.

Добровольная сертификация проводится в тех случаях, когда строгое соблюдение требований существующих стандартов или другой нормативной документации на его продук-

Система сертификации ГОСТ Р		
<b>Сертификат соответствия</b>		
№	Срок действия с	по
Орган по сертификации	№ _____ учетный номер бланка	
Продукция	[-----]   код ОК 005 (ОКП): 	
Соответствует требованиям нормативных документов	[-----]   код ТН ВЭД СНГ: 	
Изготовитель		
Сертификат выдан		
На основании		
Дополнительная информация		
Руководитель органа	_____	_____
	подпись	инициалы, фамилия
М.П. Эксперт	_____	_____
	подпись	инициалы, фамилия
Сертификат не применяется при обязательной сертификации		

**Рис. 11.2. Форма сертификата соответствия при добровольной сертификации продукции**

цию, услуги или процессы государством не предусмотрено. То есть в тех случаях, 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.



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 клиента. Это в полной мере касается и добровольной сертификации услуг.

Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Отличительные признаки обязательной и добровольной сертификации приведены в табл. 11.1.

Необходимость добровольной сертификации объясняется тем, что обязательная сертификация осуществляется, как правило, по параметрам (критериям) безопасности продукции, тогда как потребителя интересуют ряд других показателей качества, а также гарантии соответствия продукции данным, заявленным в рекламе или сопроводительной документации.

Для производителя добровольная сертификация его продукции, проведенная известной организацией, означает большую вероятность того, что эту продукцию купят. Добровольная сертификация повышает конкурентоспособность продукции, ускоряет процесс товарооборота и тем самым выступает как эффективный рыночный инструмент, в котором заинтересован как потребитель, так и изготовитель.

В нашей стране в настоящее время действует порядка 90 систем добровольной сертификации, распространяющихся главным образом на потребительские свойства различных видов продукции, работ и услуг. Имеются системы добровольной сертификации продукции, подтверждающие одно или несколько ее функциональных свойств, есть системы комплексные, объединяющие несколько видов продукции и услуг общего конечного применения.

Добровольная сертификация продукции, подлежащей обязательной сертификации, не может заменить обязательную сертификацию этой продукции.

Федеральные и местные органы власти прибегают к помощи добровольной сертификации продукции и услуг, результаты которой используются, например, для выдачи лицензии на определенную деятельность, получение государственных зака-

Таблица 11.1

## Отличительные признаки обязательной и добровольной сертификации

Характер сертификации	Основные цели проведения	Основание для проведения	Объекты	Сущность оценки соответствия	Нормативная база
Обязательная	Обеспечение безопасности товаров	Законодательные акты РФ	Перечни товаров, подлежащие обязательной сертификации, утвержденные постановлением Правительства РФ	Оценка соответствия обязательным требованиям, предусмотренным соответствующим законом, вводящим обязательную сертификацию	Государственные стандарты, санитарные нормы и правила и другие документы, которые устанавливают обязательные требования к качеству товаров
Добровольная	Обеспечение конкурентоспособности продукции (услуги) предприятия. Реклама продукции (услуги), соответствующей не только требованиям безопасности, но и требованиям, обеспечивающим качество выпускаемой продукции (услуги)	По инициативе юридических или физических лиц на договорных условиях между заявителем и органом по сертификации	Любые объекты	Оценка соответствия требованиям заявителя, согласованным с ОС (по объемам, подлежащих сертификации, как правило, оценка соответствия требованиям, дополняющим обязательные)	Национальные стандарты, стандарты организаций, системы добровольной сертификации, условия договоров

зов на поставку товаров. Банки и страховые компании заинтересованы в наличии сертификатов на соответствующие объекты при определении размеров и условий их кредитования и страхования. Поставщикам материалов и комплектующих изделий заказчики зачастую предъявляют условие о наличии сертификата соответствия, даже в случаях, когда не предусмотрена обязательная сертификация. Финансирование работ по добровольной сертификации в системе осуществляется из средств заказчика. Добровольная сертификация в России имеет значительные перспективы.

### 11.4. Участники сертификации

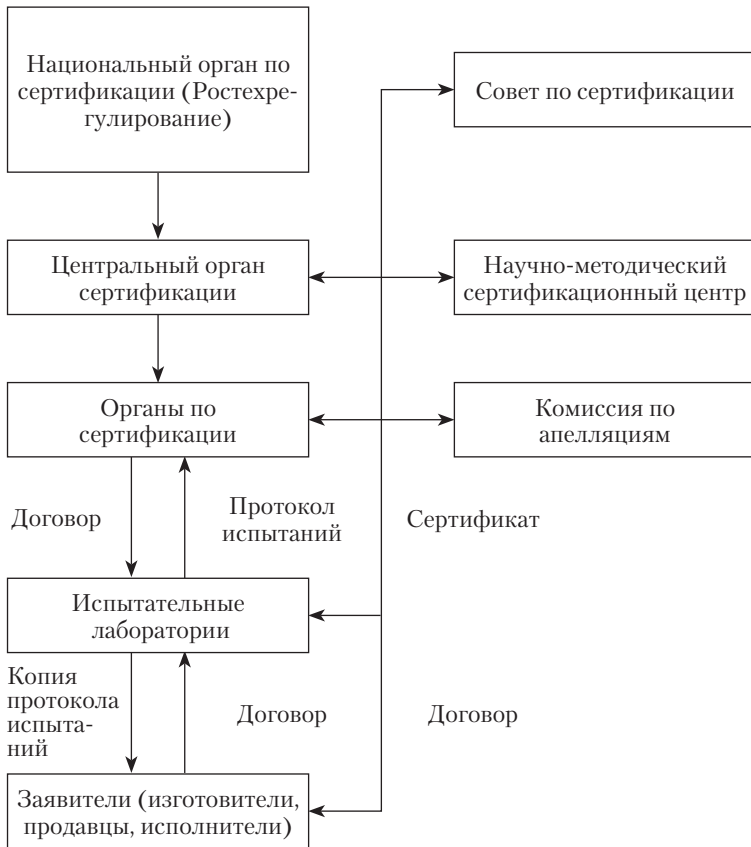
Участниками сертификации являются изготовители продукции и исполнители услуг (первая сторона), заказчики — продавцы (первая либо вторая сторона), а также организации, представляющие третью сторону, — органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры), федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию.

Типовая структура системы сертификации, приведенная на рис. 11.3, конкретизирует участников и их взаимодействие.

**Национальный орган по сертификации** — Ростехрегулирование осуществляет свою деятельность как национальный орган по сертификации на основе прав, обязанностей и ответственности, предусмотренных действующим законодательством РФ, 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 установленными нормативами и выполняет следующие основные функции в пределах своей компетенции:

- устанавливает процедуры сертификации в соответствии с действующим законодательством и требованиями Системы сертификации ГОСТ Р;
- организует разработку и подготовку к утверждению систем (правил, порядков) сертификации однородной продукции, осуществляет руководство и координацию работ данного направления;



*Рис. 11.3. Типовая структура взаимодействия участников системы сертификации*

- 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 Ростехрегулирование 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;
- 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.;
- ведет Реестр участников и объектов сертификации;
- рассматривает апелляции по поводу 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, создаваемый на базе организаций, имеющих статус юридического лица и являющихся третьей стороной, т.е. независимым от производителя и потребителя. К основным функциям органа по сертификации относятся разработка и ведение организационно-методических документов данной системы сертификации.

Организация, претендующая на право работать в качестве органа по сертификации, должна пройти процедуру аккредитации. Порядок и требования аккредитации устанавливаются в нормативных документах Ростехрегулирования и в 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. В случае, если орган по сертификации аккредитован как испытательная лаборатория, его именуют сертификационным центром.

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 протоко-

лов 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 и 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, Ростехрегулирования, 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 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, порядка), подготавливает рекомендации по их совершенствованию и содействует их реализации.

**Научно-методический центр** при центральном органе создается, как правило, на базе одного из органов по сертификации и проводит системные исследования, разрабатывая научно обоснованные предложения по составу и структуре объектов сертификации. Функции научно-методического сертифицированного 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, Ростехрегулирования, соответствующих министерств и ведомств, органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров), изготовителей сертифицируемой продукции и заинтересованных надзорных органов, а также представителей общественных организаций. Комиссия в установленный конкретными системами (правилами, порядками) срок рассматривает апелляцию и извещает подателя апелляции о принятом решении.

**Заявители сертификации** (изготовители, исполнители, продавцы) вправе:

- выбирать форму и схему подтверждения соответствия, предусмотренные для определенных видов продукции соответствующими правилами (техническими регламентами);
- обращаться для осуществления обязательной сертификации в любой центр, область аккредитации которого распространяется на продукцию, которую заявитель намеревается сертифицировать;
- обращаться в орган по аккредитации с жалобами на неправомерность действия органа сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий.

Следует особо отметить еще одного важного участника процедуры сертификации — **эксперта** — специалиста, аттестованного (сертифицированного) федеральным органом исполнительной власти на право проведения одного или нескольких видов работ по сертификации. От компетентности эксперта, его добросовестности и объективности зависят обоснованность, достоверность принятия решения о выдаче сертификата заявителю.

Эксперты аттестуются по следующим направлениям деятельности: системы сертификации; сертификация систем качества; сертификация продукции; сертификация производства; сертификация услуг.

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 деятельности в Системе, в том числе о ее правилах, участниках, результатах аккредитации и сертификации. Должна также обеспечиваться конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну.

Добровольная сертификация осуществляется органами по сертификации, входящими в систему добровольной сер-



тификации, образованную любым юридическим лицом, работавшим и зарегистрировавшим данную систему и ее знак соответствия в специально уполномоченном федеральном органе исполнительной власти в области сертификации. Регистрация производится в соответствии с ГОСТ Р 40.101–95 «Государственная регистрация систем добровольной сертификации и их знаков соответствия».

Участниками добровольной сертификации могут быть любые юридические лица независимо от формы собственности, выполняющие правила соответствующей системы добровольной сертификации. Структурой системы предусматриваются руководящий орган системы добровольной сертификации, орган по добровольной сертификации, испытательные лаборатории, эксперты и заявители.

Основные этапы процесса сертификации неизменны независимо от вида и объекта сертификации. Обобщенная схема процесса сертификации по наиболее часто применяемым схемам позволяет выделить пять 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.

**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 Ростехрегулирования, представители обществ потребителей 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 в себя анализ информации о сертифицированном объекте, проведение выборочных проверок образцов продукции, услуг или элементов системы качества. При контроле сертифицированного спе-

циалиста 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, Ростехрегулирования 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 применения нормативного документа на объект сертификации, технологический процесс изготовления продукции или реализации услуги, конструкции, комплектности продукции или состава услуг. Отмена сертификата действует с момента исключения его из реестра Системы сертификации.

Процедура сертификации осуществляется по международному стандарту ISO17021—2006.

### Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение сертификации.
2. Что такое знак соответствия?
3. Когда в России введена в действие Система обязательной сертификации ГОСТ Р?
4. Объясните структуру законодательной и нормативной базы сертификации.
5. Объясните задачи Ростехрегулирования в области сертификации.
6. Дайте определение сертификата соответствия.
7. Объясните причины деления сертификации на обязательную и добровольную.
8. Объясните термин «участник сертификации». Перечислите основных участников системы сертификации.

9. В чем заключаются обязанности органов по сертификации и испытательных лабораторий?
10. Что может являться объектом сертификации?
11. Из каких этапов состоит процесс сертификации?
12. В чем заключаются задачи инспекционного контроля при сертификации?

## Глава 12

# ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

### 12.1. Общие положения

1 июля 2003 г. в Российской Федерации вступил в силу Закон о техническом регулировании, который предусматривает разработку новых правовых норм законодательных актов, регулирующих технические регламенты, аккредитацию органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия.

Прежде всего необходимо отметить, что **техническое регулирование** в соответствии со ст. 3 Закона о техническом регулировании осуществляется при соблюдении ряда принципов:

- **независимости органов по аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей.** Этот принцип, общепринятый в мировой практике, свидетельствует о том, что орган по сертификации должен быть третьей стороной, т.е. признаваться независимым от первой стороны (изготовитель, продавец, исполнитель) и второй стороны (приобретатель, заказчик);

- **единой системы и правил аккредитации.** Этот принцип говорит о том, что, по крайней мере, при обязательной сертификации органы по сертификации и испытательные лаборатории должны иметь аккредитацию, полученную в рамках единой (национальной) системы аккредитации;

- **единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия.** Этот принцип свидетельствует о том, что, по крайней мере, обязательное подтверждение соответ-

ствия должно проводиться с использованием единых методов применительно к одним объектам для обеспечения сопоставимости и воспроизводимости результатов исследований (испытаний) и измерений, а также предотвращения разногласий по поводу обоснованности проведенной оценки соответствия;

- **недопустимости ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации.** Этот принцип можно трактовать как равенство возможностей различных органов по сертификации и аккредитации и недопущения дискриминации отдельных органов. Что касается конкуренции в изначальном смысле этого понятия, то при обязательном подтверждении соответствия такой принцип за рубежом (например, в ЕС по отношению к уполномоченным органам) признается вредным. Действительно, провозглашение конкуренции в сфере оценки соответствия может привести к снижению объективности оценки;

- **недопустимости совмещения полномочий органа государственного контроля (надзора) и органа по сертификации.** Данный принцип является важным и уже реализуется в Российской Федерации и за рубежом как противодействие оказанию давления на заявителя, используя полномочия органа контроля (надзора);

- **недопустимости совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию.** Этот принцип также общепризнанный, так как подобное совмещение нарушает принцип третьей стороны, которому должны следовать органы по сертификации и органы по аккредитации.

Техническое регулирование состоит из двух крупных блоков.

Первый блок включает в себя обязательные нормы — технические регламенты и добровольные нормы — стандарты.

Второй блок — оценка соответствия; механизм, позволяющий контролировать соблюдение не только обязательных, но в том числе и добровольных норм с целью повышения конкурентоспособности и качества продукции.

Состав мер регулирования, включая формы оценки соответствия, может быть различен. Выделяют три основные группы мер регулирования.

**Первая группа** включает меры, основанные на законодательстве об ответственности за качество и безопасность поставляемой продукции. Это законодательство формируется на базе Закона о защите прав потребителей. Первая группа во

многим определяет, насколько жесткими будут меры регулирования, принимаемые правительством по отношению к изготовителям. Поэтому она является базовой для всего механизма регулирования и носит предупредительный характер.

Основным принципом рассматриваемого законодательства должна быть неотвратимость ответственности изготовителя, а также организации в цепи «изготовитель — продавец — потребитель», по вине которой к потребителю поступила недоброкачественная продукция или произошло искажение информации о ее фактических характеристиках.

Время доказательства доброкачественности реализуемой продукции лежит на изготовителе. Потребитель же должен доказывать только наличие дефекта, величину ущерба и связь между дефектом и ущербом.

**Вторая группа** — техническое регулирование, осуществляемое государством для обеспечения достижения поставленных им целей в области безопасности продукции. Как правило, необходимость такого регулирования обуславливает опасность продукции с высокой степенью риска для потребителей. К основным мерам второй группы относятся технические регламенты и оценка соответствия. Наиболее применяемыми ее формами являются подтверждение соответствия, государственный контроль (надзор), аккредитация.

К **третьей группе** относятся меры, предусматривающие использование добровольных стандартов и добровольной сертификации, внедрение систем качества, обучение и информирование потребителей, страхование ответственности за ущерб, создание саморегулируемых организаций и т.д. Они имеют более широкое назначение, чем обеспечение безопасности и качества продукции. Их введение создает условия для решения рассматриваемой проблемы на более низком уровне государственного вмешательства.

Выбору рациональных форм оценки соответствия должен предшествовать анализ формирования услуги или товара, исходя из достижения конечной цели регулирования. Основное внимание при этом следует уделять оценке риска как вероятности причинения вреда в результате ее применения.

Эффективность действия механизма регулирования в значительной степени определяется рациональной организацией оценки соответствия.

Оценка и подтверждение соответствия испытательных центров, измерительных лабораторий и результатов измерений (испытаний) являются важнейшими этапами мет-

рологического обеспечения как при производстве, так и в эксплуатации технических объектов.

Оценка соответствия — это прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту, а подтверждение соответствия — документальное удостоверение соответствия продукции требованиям технических регламентов, действующим стандартам или условиям договора.

Очевидно, что подтверждение соответствия может быть результатом оценки соответствия только тогда, когда объект действительно соответствует предъявляемым к нему требованиям. Многие виды деятельности в области оценки соответствия нельзя считать полностью устоявшимися. В частности, отсутствует единый подход к определению форм и схем подтверждения соответствия в технических регламентах. Подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной или обязательной сертификации.

## 12.2. Оценка соответствия и ее формы

В работе [7] уточнено представление о сути и различии понятий «оценка соответствия» и «подтверждение соответствия», что важно при практической деятельности для разработчиков правовых, методических и нормативных документов.

При разработке технических регламентов необходимо предварительное рассмотрение подходов к оценке соответствия и последующее обоснование выбора процедур подтверждения соответствия.

**Оценка соответствия** — прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту технического регулирования.

Оценку соответствия продукции, процессов, работ и услуг проводят, как правило, на соответствие требованиям технических регламентов, положениям стандартов и условиям договоров.

Оценка соответствия является исчерпывающим термином, используемым производителями, их заказчиками, регулирующими органами и независимыми третьими сторонами для всех мероприятий, уже проведенных или требуемых по оценке соответствия стандартам или техническим регламентам.

Оценка соответствия описывается как последовательность выполнения трех функций:

- выбор;
- определение;
- проверка и подтверждение соответствия.

**Выбор** (возможно, более точно — отбор) включает планирование и подготовку действий для сбора или предоставления всей информации и входную информацию, необходимую для перехода к следующей функции — определению.

Функция выбора является исходной в оценке соответствия и потому имеет чрезвычайно важное значение. Ошибка в выборе даже при тщательном выполнении других функций может привести к ошибке результатов оценки соответствия в целом.

**Определение** предпринимается с целью раскрытия полной информации о выполнении заданных требований объектом оценки соответствия или его образцом.

Основные виды действий по определению: проведение испытаний, контроль, аудит, экспертная оценка.

**Проверка и подтверждение соответствия** являются завершающей стадией перед принятием важного решения о том, в полном ли объеме было доказано выполнение заданных требований объектом оценки соответствия. Если «да», то результатом подтверждения соответствия является «заявление», которое наиболее быстро доводится до всех потенциальных пользователей.

**Процесс оценки соответствия** зависит от факторов, различающихся между собой [2]:

- по **стадиям жизненного цикла (СЖЦ)** (разработки продукции, включая проектирование, производство, контроль, испытания и др.);
- **методам оценки**, включая контроль документации, испытания типового образца, сертификацию системы менеджмента качества (СМК) (на СЖЦ продукции), оценку состояния производства и др.;
- **видам и объемам** выполняемых работ;
- **сложности объекта** технического регулирования;
- **исполнителям** (физическое или юридическое лицо), включая изготовителя, вторую или третью сторону.

**Виды практических процедур** оценки соответствия в рамках проектов технических регламентов установлены ранее в работе [4] и представлены для наглядности в обобщенном виде в табл. 12.1.

Согласно Закону о техническом регулировании «оценка соответствия проводится в формах государственного контроля



Таблица 12.1

## Процедуры оценки соответствия в рамках технического регламента

Наименование процедуры	Объект оценки	Субъект деятельности	Сравнительная характеристика
Инспекционный контроль	Оценка каждого отдельного изделия	Инспектор	Проводится несколько раз на СЖЦ. Жесткий, обременительный для всех контроль. Применяют для кранов, лифтов, котлов большого размера, зданий
Испытания продукции	Из каждой изготовленной или отгружаемой партии отбирают один образец (производства массового производства). Результаты распространяют на всю партию	Отдел технического контроля или аналогичное подразделение	Теряют свою популярность в связи с внедрением стандартов ИСО серии 9000
Утверждение	Оценивают образец изделия. Составляют протокол испытаний	Регулирующий орган (главный) или компетентная испытательная лаборатория	Системы утверждения, как правило, дополняют процедурой надзора за продукцией на рынке (проверяют качество). Это общая дорыночная оценка соответствия изделия
Лицензирование	Оценивается компетентность лица или предприятия на выполнение конкретной задачи. Проводится, когда эксплуатационные характеристики изделия не явно очевидны и его соответствие требованиям технического регламента может быть достигнуто только в результате производства изделия лицами или предприятиями, имеющими соответствующую для этой работы квалификацию		Как правило, лицензирование распространяется на профессионалов торговли и СМК, действующую на предприятии

Продолжение табл. 12.1

Наименование процедуры	Объект оценки	Субъект деятельности	Сравнительная характеристика
Сертификация	Проведение первоначальных испытаний продукции и периодического надзора за ее качеством. В некоторых случаях также проводится первоначальная оценка предприятий-изготовителя и методов производства. Может оцениваться и СМК	Предпочтение отдается программам сертификации третьей стороной. Такие органы работают в конкурентной среде	Сокращается стоимость сертификации за счет конкуренции при сохранении аналогичного или более эффективного уровня контроля/регулирования рынка по сравнению с уровнем, предлагаемым системой утверждения
Включение в реестр/регистр	Изготовители и поставщики представляют соответствующие документы и подтверждение соответствия в виде протоколов испытаний на рассмотрение регулирующего органа	Изготовители и поставщики. Регулирующий орган после оценки документов включает продукцию в регистр или в документ, где приводится перечень одобренной/признанной продукции	Аналогично процедуре «Утверждение», за исключением того, что эта процедура не предусматривает непосредственной деятельности регулирующего органа до поставки продукции на рынок. Удается оперативно определить изготовителя/поставщика любой продукции на рынок
Декларирование соответствия (не являясь оценкой соответствия как таковой, но поставщикам не требуется утверждение	Поставщик должен подтвердить, что поставке продукции на рынок предшествовало должное принятие необходимых мер, которые обеспечивают защитную позицию в том случае, если регулирующий орган или суд выражает сомнения		Преимущество: изготовители могут выбрать любой из органов по оценке соответствия, чтобы продемонстрировать соответствие обязательным требованиям или использовать свои внутренние инструменты оценки соответствия для его обеспечения (подтверждения). Изготовители и потребители экономят время и средства, сокращают нагрузку на регулирующий орган

Окончание табл. 12.1

Наименование процедуры	Объект оценки	Субъект деятельности	Сравнительная характеристика
со стороны регулирующего органа до поставки продукции на рынок)	<p>в соответствии с требованиями технических регламентов или стандартов. Оценка производится по усмотрению поставщика одним из органов по оценке соответствия или в отдельных случаях с помощью своих внутренних инструментов. Важным элементом процедуры декларации поставщика о соответствии является механизм обеспечения их действий</p>		

(надзора), аккредитации, испытания, регистрации, подтверждения соответствия, приемки и ввоза в эксплуатацию объекта, строительство которого закончено, и в иной форме».

Укрупненно различают следующие формы **оценки соответствия**:

- государственный контроль (надзор);
- аккредитация;
- проведение испытаний;
- регистрация объекта (технического регулирования);
- собственно **подтверждение соответствия**;
- приемка и ввод в эксплуатацию объекта.

Кроме названных используются и другие формы оценки.

### **Одобрение**

Согласно международному стандарту ИСО/МЭК 17000 одобрение — это разрешение:

- на выход продукции или процесса на рынок;
- использование продукции или процесса по заданному назначению или в заданных условиях.

Фактически одобрение можно рассматривать как некоторый обобщающий термин для процедур оценки соответствия на предрыночной стадии. В различных областях для этой цели используются такие термины, как «разрешение», «одобрение типа», «утверждение типа средства измерения» и т.п.

### **Утверждение типа**

Утверждение типа является наиболее общей процедурой предрыночной оценки соответствия продукции. Оно предусматривает оценку типового образца и фактически подтверждает соответствие образца установленным требованиям. Результаты оценки распространяются на всю партию продукции, в отношении которой испытанный образец признается типовым. Утверждение типа применяется, как правило, для машино- и приборостроительной продукции, в которой источники опасности обусловлены чаще всего конструктивными решениями.

После утверждения типа продукция обычно допускается к обращению на рынке, поэтому иногда эту форму оценки соответствия называют «разрешением на применение» или «одобрением». Одобрение типа выдается Ростехрегулированием.

### **Регистрация**

Процедура регистрации во многом подобна утверждению типа. Включение информации о продукции в соответствующий реестр (регистрация) позволяет регистрирующему

органу оперативно определить изготовителя (поставщика) и в случае выявления несоответствия инициировать применение корректирующих мер, например, отзыв продукции с рынка. Обычно этот вид оценки соответствия применяется для расходуемой продукции (пищевой, парфюмерно-косметической, лекарственной), для того чтобы своевременно удостовериться в безопасности ее рецептуры.

На практике процедуры утверждения типа и регистрации дополняются другими формами оценки соответствия, чтобы убедиться, что продукция, находящаяся в обращении, остается безопасной.

### **Приемка объекта и ввод в эксплуатацию**

Это одна из основных форм оценки соответствия сложных технических объектов (систем), таких, как здания, сооружения, газопроводы и т.п., установленным требованиям. Приемка объекта проводится представителем заказчика (комиссией) для удостоверения факта окончания изготовления (монтажа, строительства) объекта и оценки возможности его использования по назначению. Как правило, такая форма оценки соответствия применяется тогда, когда сложный технический объект создается несколькими предприятиями, включая монтаж оборудования. В этом случае «обычные» формы оценки соответствия, такие, как подтверждение соответствия составных частей, оказываются недостаточными.

Приемка продукции может осуществляться у изготовителя, при получении продукции приобретателем (в рамках входного контроля по качеству и количеству); приемка объектов строительства — на месте, перед вводом или одновременно с вводом в эксплуатацию.

### **Подтверждение соответствия**

Подтверждение соответствия продукции и услуг является одной из предрыночных форм оценки соответствия.

Подтверждение соответствия может быть осуществлено как изготовителями (поставщиками), т.е. первой стороной (декларирование соответствия), так и независимыми от изготовителей и потребителей органами — третьей стороной (сертификация).

Подтверждаться соответствие может только требованием конкретной нормативной документации. При подтверждении соответствия первой стороной изготовитель (исполнитель) собирает доказательства, при необходимости — с использованием для этого третьей стороны (например, органа по сер-

тификации систем качества или независимой испытательной лабораторией). Если документальное свидетельство о соответствии выдает третья сторона, то сбор доказательств является ее задачей.

Подтверждение соответствия осуществляют, используя определенный набор процедур, который может предусматривать испытания образца (образцов), оценку (сертификацию) систем качества, анализ состояния производства и т.п., что определяется установленной соответствующим образом схемой подтверждения соответствия.

В некоторых случаях, в рамках проведенного подтверждения соответствия, с течением времени может возникнуть необходимость убедиться в том, что оцененная продукция по-прежнему отвечает установленным требованиям. Эти доказательства соответствия получают путем проведения инспекционного контроля за сертифицированной или декларированной продукцией. В этом случае инспекционный контроль является элементом схемы подтверждения соответствия.

Более подробно вопросы подтверждения соответствия рассмотрены ниже.

### **Испытания**

Согласно международному стандарту ИСО/МЭК 17000 испытание — это определение одной или нескольких характеристик объекта оценки соответствия по установленной процедуре. В отличие от других способов доказательства соответствия испытания предполагают определение характеристик путем эксперимента. Испытаниям могут подвергаться такие объекты, как продукция, процессы, имеющие заявленные характеристики.

Процедура испытаний в общем случае включает в себя следующие элементы:

- отбор образцов для испытаний;
- подготовку средств испытаний;
- проведение испытаний;
- обработку данных и оформление результатов испытаний.

Испытания являются составной частью многих форм оценки соответствия. В частности, испытания — важный элемент подтверждения соответствия.

В зависимости от схемы подтверждения соответствия испытания для целей подтверждения соответствия могут быть в виде испытаний типа, испытаний партии и испытаний единицы продукции.

Инспекционные испытания проводятся в рамках инспекционного контроля для того, чтобы убедиться, что продукция продолжает соответствовать установленным требованиям.

### **Государственный контроль (надзор)**

Международный стандарт ИСО/ИЭ 17000, в отличие от Закона о техническом регулировании, не рассматривает государственный контроль (надзор) в качестве одной из форм оценки соответствия. В соответствии с установками указанного Закона государственный контроль (надзор) в России осуществляется в сфере обращения продукции на рынке. Цель контроля (надзора) — обеспечение безопасности продукции для ее потребителей, а также для имущества и окружающей среды — все это в соответствии с требованиями технических регламентов и других законодательных актов.

Деятельность государственных органов контроля (надзора) строго регламентируется законами о техническом регулировании, о защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора), другими правовыми актами.

Достоинство государственного контроля (надзора) состоит в том, что эта форма оценки соответствия не препятствует поступлению продукции на рынок; недостаток же связан с тем, что эти процедуры могут значительно запаздывать. Поэтому практически всегда государственный контроль (надзор) дополняется другими формами оценки соответствия.

### **Лицензирование**

Особой формой оценки соответствия определенных видов деятельности представляется лицензирование. Согласно Закону о лицензировании этот вид деятельности нельзя однозначно рассматривать как вид оценки соответствия, поскольку он регулируется специальной отраслью права. Однако если этой деятельностью охватываются вопросы соответствия продукции и процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации установленным требованиям, то лицензирование можно трактовать как специфическую форму оценки соответствия.

Лицензирование осуществляется специально уполномоченными органами исполнительной власти.

Безусловно, перечисленными выше процедурами не исчерпывается все многообразие форм оценки соответствия. Устанавливаемый перечень форм оценки соответствия является открытым для творчества разработчиков технических регла-

ментов. Главное, к чему при этом надо стремиться, — к надежному обеспечению безопасности продукции без создания неоправданных технических барьеров для субъектов рынка. Такие преграды могут возникать при выборе излишне жестких форм или скрытого дублирования форм в одном регламенте, повторяемости процедур при контроле (надзоре) за одним и тем же видом деятельности разными органами контроля и т.д. Выбор форм оценки соответствия во многом зависит от специфики самой продукции.

## 12.3. Подтверждение соответствия

### 12.3.1. Сертификация как процедура подтверждения соответствия

**Подтверждение соответствия** — документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. Подтверждение соответствия является частью оценки соответствия.

**Декларирование соответствия** — форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. Декларирование может проводиться на соответствие положениям нормативных и технических документов, включая стандарты организации, установленные Законом о техническом регулировании.

Перечень форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции устанавливается в соответствующем техническом регламенте. В частности, декларирование соответствия осуществляется по одной из следующих схем:

- на основании собственных доказательств;
- на основании собственных доказательств; доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра) (далее — третья сторона).

В целом Закон о техническом регулировании перераспределил требования к характеристикам качества продукции,



включая характеристики ее безопасности, соответственно между техническими стандартами и техническими регламентами и установил обязательность подтверждения соответствия продукции только требованиям технических регламентов в форме сертификации или декларирования соответствия. В части организации сертификации Закон о техническом регулировании ввел положение, согласно которому «аккредитованные испытательные лаборатории (центры) проводят исследования (испытания) и измерения продукции в пределах своей области аккредитации на условиях договоров с органами по сертификации». (Закон о сертификации продукции и услуг позволял заявителю заключать прямые договоры с испытательными лабораториями (центрами) на проведение сертификационных испытаний.)

В Законе о техническом регулировании сохранен принцип добровольного и обязательного подтверждения соответствия для объектов технического регулирования с документами, имеющими обязательный государственный статус или документами рекомендательного (договорного) характера.

**Оценка соответствия** — прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту.

Представленное определение соответствует всему тексту Закона и не противоречит определению международного стандарта ИСО/МЭК 17000 : 2004. Оценка соответствия сопровождается подтверждением соответствия.

**Подтверждение соответствия** — документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Подтверждение соответствия является одним из основных документов, способствующих фактически повышению конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках.

Глава 4 Закона о техническом регулировании стимулирует создание условий для обеспечения свободного перемещения и реализации товаров внутри страны, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Очень важно, что намечен переход от собственно сертификации как деятельности, осуществляемой третьей стороной, к более общему контролю безопасности — к подтверждению

соответствия. Предлагается «снятие избыточности» обязательной сертификации.

Как следует из определения понятия **подтверждения соответствия**, его главная цель — документальное удостоверение соответствия продукции, работ или услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. Кроме документального удостоверения, продукция, соответствующая национальному стандарту, маркируется **знаком соответствия**, а продукция, соответствующая техническому регламенту, — **знаком обращения на рынке**.

Эти два специальных знака главным образом и определяют возможность достижения целей производства продукции и оказания услуг — содействие приобретателям в выборе продукции, работ, услуг.

Все изложенные цели подтверждения соответствия в конечном счете имеют единую направленность — придать потребителям продукции, работ и услуг уверенность в соответствии их показателей соответствующим документам, указанным изготовителем, продавцом или исполнителем

### 12.3.2. Принципы и формы подтверждения соответствия

Подтверждения соответствия осуществляются на основе принципов:

- доступности информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;
- недопустимости применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования технических регламентов;
- установления перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем техническом регламенте;
- уменьшения сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя;
- недопустимости принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе добровольной сертификации;
- защиты имущественных интересов заявителей, соблюдения коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия;
- недопустимости подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией.

Кроме того, к основным принципам подтверждения соответствия следует отнести:

- открытость, прозрачность и одинаковое толкование требований и процедур оценки соответствия, стоимости и времени проведения работ для всех заинтересованных сторон;
- недопустимость ограничения конкуренции на рынке или создания необоснованных барьеров в торговле, связанных с оплатой работ;
- базирование в основном на международных руководствах и стандартах.

Для характеристики принципов подтверждения соответствия следует указать прежде всего на четкое разделение подтверждения соответствия на обязательное и добровольное, а также на осуществление обязательного подтверждения только в отношении объектов, требования к которым установлены в технических документах.

Важнейшим принципом обязательного подтверждения соответствия является установление перечня форм и схем подтверждения для определенных видов продукции в технических регламентах, а не в документах, утверждаемых федеральным органом исполнительной власти.

Законом устанавливается обязанность лиц, осуществляющих подтверждение соответствия, обеспечивать доступность информации о действующем порядке подтверждения соответствия для всех заинтересованных лиц, принимать меры по сокращению сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя.

Для тех видов продукции, на которые распространяется конкретный специальный технический регламент, формы и схемы обязательного подтверждения соответствия должны содержаться в этом техническом регламенте.

Формы подтверждения соответствия осуществляются по одной из схем работы [4], приведенной на рис. 12.1.

Характер подтверждения соответствия может быть добровольным или обязательным.

При обязательной форме используют либо обязательную сертификацию, либо декларирование соответствия.

В последнем случае возможны два варианта:

- принятие декларации на основе только собственных доказательств;
- принятие декларации на основе собственных доказательств, полученных с участием органа по сертификации и

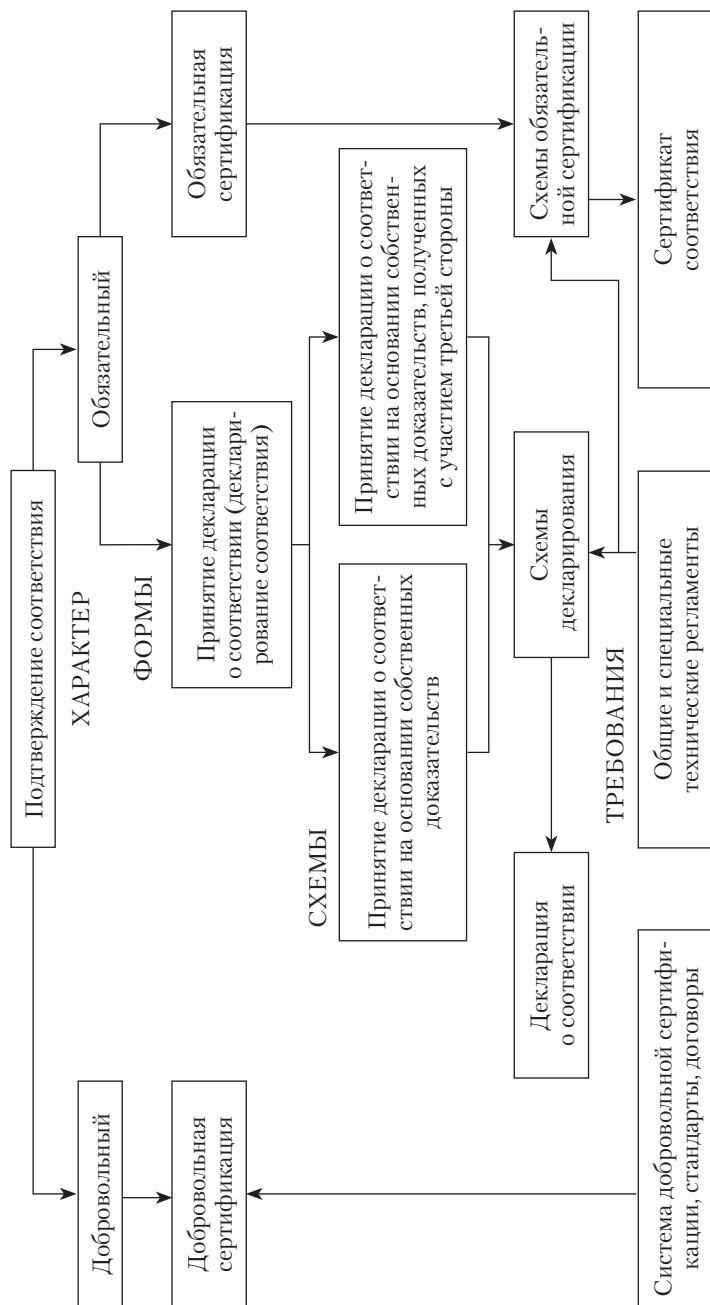


Рис. 12.1. Формы и схемы подтверждения соответствия

(или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра) (третьей стороны).

При выборе формы следует иметь в виду, что декларирование соответствия является формой (только) обязательного подтверждения соответствия (только) продукции (только) требованиям технического регламента и осуществляется заявителем. Проблемы применения декларирования соответствия связаны с определенной субъективностью формы, обусловленной уровнем сформированной доказательной базы и статусом участников декларирования. Сертификация — форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров, т.е. в случае обязательного подтверждения соответствия применима как к продукции, так и к процессам.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в случаях, установленных специальным техническим регламентом, в формах:

- **принятия декларации о соответствии** (декларирование соответствия);
- **обязательной сертификации**.

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную силу независимо от схем обязательного подтверждения соответствия и действуют на всей территории РФ.

**Форма подтверждения соответствия** — определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров, выбор форм и схем для подтверждения соответствия конкретной продукции путем определения рисков ее использования и учета специфики отрасли

Формы подтверждения соответствия классифицируются по различным признакам. Согласно ст. 20 Закона о техническом регулировании подтверждение соответствия на территории РФ может носить добровольный или обязательный характер. Применяемые формы подтверждения соответствия приведены на рис. 12.2.

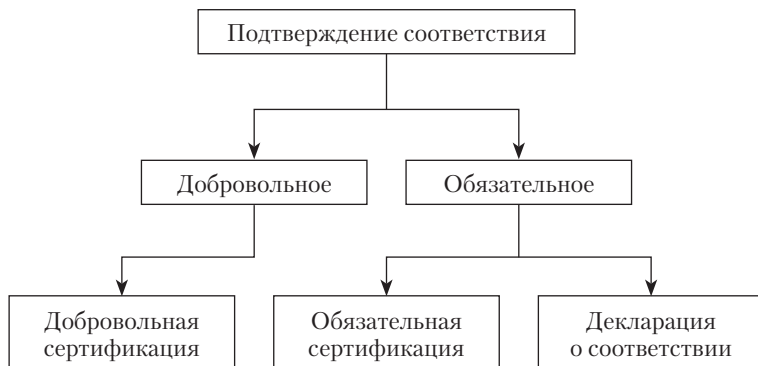


Рис. 12.2. Формы подтверждения соответствия

Добровольное подтверждение соответствия имеет одну форму — добровольная сертификация.

Обязательное подтверждение соответствия имеет две формы: принятие декларации о соответствии (далее — декларирование соответствия) и обязательная сертификация (табл. 12.2).

Таблица 12.2

### Формы обязательного подтверждения соответствия

Декларирование соответствия	Обязательная сертификация
<i>Проводит:</i> изготовитель (поставщик, исполнитель)	<i>Проводит:</i> изготовитель (поставщик, исполнитель)
<i>Удостоверение соответствия:</i> декларация о соответствии	<i>Удостоверение соответствия:</i> сертификат соответствия
Информация для потребителей: сведения о зарегистрированной декларации на продукцию или в сопроводительной документации; маркирование знаком соответствия	Информация для потребителей: копия сертификата соответствия; сведения о сертификате соответствия; маркирование знаком соответствия с указанием кода органа по сертификации

Обязательное подтверждение соответствия продукции и услуг является одной из составляющих механизма оценки их безопасности.

Сертификация и декларирование — формы дорыночного контроля.

В обязательной сфере сертификация и декларирование в совокупности с государственным надзором должны обеспечить защиту потребительского рынка от опасной продукции.

Приоритетной формой обязательного подтверждения соответствия является декларирование соответствия, осуществляемое в соответствии с требованием технических регламентов. Обязательная сертификация в технических регламентах должна закладываться только в обоснованных случаях. При этом для ее применения рекомендуется использовать один из следующих общих критериев:

- высокая степень потенциальной опасности продукции в сочетании со специальными мерами по защите рынка, когда необходимо дополнительно учитывать сложившуюся конкретную ситуацию на определенном секторе рынка. Примером этого может быть введение обязательной сертификации лекарственных средств;

- принадлежность конкретной продукции к сфере действия международных соглашений, конвенций и других документов, к которым присоединилась Россия и в которых предусмотрена сертификация подобной продукции. Для такой продукции в технических регламентах на основе процедур сертификации, установленных международными документами, должны быть предусмотрены соответствующие схемы подтверждения соответствия в форме сертификации;

- исключение случаев, когда заявитель не может реализовать положения Закона об обязательном подтверждении соответствия, например при отсутствии на территории РФ полномочного представителя зарубежного изготовителя или при невозможности заявителя-продавца обеспечить собственные доказательства подтверждения соответствия в объеме, предусмотренном техническим регламентом.

Первый критерий используется для обеспечения необходимой защиты рынка от опасной продукции в случае, когда состояние определенного сектора российского рынка не вызывает доверия к объективности декларирования соответствия поставщиками данной продукции (даже с частичным участием третьей стороны).

Второй критерий используется в случаях, когда действующие в стране правила сертификации обусловлены международными соглашениями и функционируют в соответствии с этими соглашениями. Например, система сертификации механических транспортных средств на соответствие прави-

лам ЕЭК ООН, система сертификации электрооборудования (МЭК СЭ) и др. Это не обязательно относится к международным договорам, предусмотренным п. 4 ст. 4 Закона о техническом регулировании и имеющим приоритет перед российским законодательством, но и к случаю, когда выполнение положений соглашений носит добровольный характер.

Применение обязательной сертификации продукции, подпадающей под соглашение, позволит сохранить возможность взаимного признания результатов подтверждения соответствия без повторной сертификации, предусмотренной этим соглашением (системой сертификации).

Третий критерий определяется случаями, когда заявитель не имеет возможности принять декларацию о соответствии, не нарушая норм Закона о техническом регулировании и технического регламента. Это прежде всего относится к импортируемой продукции, когда у зарубежного изготовителя нет полномочного представителя на территории РФ или когда первая сторона (в основном продавец) не имеет собственных доказательств соответствия, предусмотренных техническим регламентом.

Применение третьего критерия даст возможность избежать ситуации, когда необходимая рынку продукция не может быть выпущена в обращение на территории РФ из-за отсутствия недоступной для поставщика процедуры подтверждения соответствия, например, при отсутствии лица, выполняющего функции иностранного изготовителя (п. 4 ст. 46 Закона о техническом регулировании).

Для повышения гибкости процедур подтверждения соответствия рекомендуется в обоснованных случаях устанавливать в техническом регламенте для одной и той же продукции обе формы подтверждения соответствия с указанием условий, ограничивающих при необходимости их применение, например, для заявителей-продавцов. В то же время следует исходить из права заявителя выбирать форму и схему подтверждения соответствия, предусмотренные для определенных видов продукции соответствующим техническим регламентом (п. 1 ст. 28 указанного Закона).

### **12.3.3. Схемы декларирования обязательного подтверждения соответствия**

Подтверждение соответствия продукции требованиям технических регламентов в рамках установленной формы



обязательного подтверждения соответствия осуществляется согласно схемам обязательного подтверждения соответствия. Схемы обязательного подтверждения соответствия представляют собой набор операций по подтверждению соответствия и действия участников подтверждения соответствия (исполнителей операций).

Применение схем позволяет формализовать приемы доказательства соответствия, заранее известные участникам подтверждения соответствия, органам государственного контроля (надзора) и другим заинтересованным сторонам.

Схемы обязательного подтверждения соответствия включают схемы декларирования соответствия, гармонизированные с европейскими модулями, и схемы обязательной сертификации, установленные документами Системы сертификации ГОСТ Р. Схемы обязательного подтверждения соответствия состоят из одной или нескольких процедур (модулей), результаты которых необходимы для подтверждения соответствия продукции требованиям, установленным специальным техническим регламентом. Для оценки соответствия используют следующие основные процессы:

- испытания (типовых образцов, партий или единиц продукции);
- сертификацию системы менеджмента качества;
- анализ состояния производства;
- инспекционный контроль (системы менеджмента качества, сертифицируемой продукции) и др.

В схемах декларирования завершающей операцией является принятие заявителем декларации о соответствии, в схемах сертификации — выдача заявителю сертификата соответствия.

Схемы обязательного подтверждения соответствия на конкретные виды продукции выбирают из числа рекомендованных в специальном техническом регламенте таким образом, чтобы они обеспечивали достижение поставленных в регламенте целей применительно к объекту технического регулирования.

В основе выбора схем и форм обязательного подтверждения соответствия должен лежать известный принцип: чем более опасна продукция (выше риск причинения вреда), тем более «жесткой» должна быть схема подтверждения соответствия.

В табл. 12.3 приведены схемы декларирования соответствия по Р 50.1.046—2003. Схемы обязательного подтверждения

(далее — схемы) соответствия представляют собой полный набор операций и условий их выполнения участниками подтверждения соответствия.

Схемы могут включать одну или несколько операций, результаты которых необходимы для подтверждения соответствия продукции установленным требованиям, а именно:

- испытания (типовых образцов, партий или единиц продукции);
- сертификацию системы качества (на стадиях проектирования и производства, только производства или при окончательном контроле и испытаниях);
- инспекционный контроль.

Схемы в техническом регламенте на конкретные виды продукции рекомендуется выбирать из числа описанных в Рекомендациях Р 50.1.046—2003. При этом желательно по возможности устанавливать для одной и той же продукции несколько схем, равнозначных по степени доказательности. Это позволит заявителю выбрать наиболее приемлемую для него схему.

Схемы согласно Закону о техническом регулировании (ст. 24 и 25) подразделяются на два вида:

- схемы декларирования;
- схемы сертификации.

Обозначение схем в рекомендациях образуется порядковым номером с буквой «д» — для схем декларирования и буквой «с» — для схем сертификации. При этом в схемах декларирования указывают обозначения ближайших по смыслу модулей оценки соответствия, принятых в европейских директивах.

Заявитель (изготовитель, продавец) на основе декларации о соответствии или сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке. Конкретные требования к маркированию знаком обращения на рынке установлены техническим регламентом на эту продукцию.

#### **Описание схем декларирования**

• **Схема 1д** включает следующие операции, выполняемые заявителем:

- формирование комплекта технической документации;
- принятие декларации о соответствии;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Техническая документация должна позволять проведение оценки соответствия продукции требованиям технического регламента. Она должна в необходимой для оценки мере отражать проект (технические условия), способ производства и принцип действия продукции, а также содержать доказательства соответствия продукции техническому регламенту.

- **Схема 2д** перед принятием декларации и маркирования включает испытания типового образца аккредитованной испытательной лабораторией.

Протокол испытаний типового образца, кроме характеристик продукции, должен содержать описание типа продукции непосредственно или в виде ссылок на технические условия или другой аналогичный документ, а также содержать заключение о соответствии образца технической документации, по которой он изготовлен.

- **Схема 3д** по сравнению со схемой 2д включает: подачу заявителем заявки в орган по сертификации на проведение сертификации системы качества; сертификацию органом по сертификации системы качества, касающейся производства продукции, и инспекционный контроль органа по сертификации за системой качества.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей системы качества применительно к соответствующей продукции в один из аккредитованных органов по сертификации систем качества по своему выбору. В заявке должен быть указан документ, на соответствие которому проводится сертификация системы качества (ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 14001, ГОСТ Р 12.0.006 и т.п.). Система качества должна обеспечивать соответствие изготавливаемой продукции технической документации и требованиям технического регламента.

Орган по сертификации осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной системой качества с целью удостоверения того, что заявитель продолжает выполнять обязательства, вытекающие из сертифицированной системы качества. Инспекционный контроль проводится с помощью периодических проверок. Периодичность проверок допускается устанавливать в технических регламентах.

Кроме того, орган по сертификации имеет право провести внеочередные проверки. Во время проверок он может поручить или провести сам испытания с целью контроля эффективности функционирования системы качества.

Таблица 12.3

## Схемы декларирования соответствия

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля, близкого к схеме
1д	<p><b>Заявитель</b> Приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле. Принимает декларацию о соответствии</p>	А
2д	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии</p>	С
3д	<p><b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на стадии производства <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль за системой качества</p>	D
4д	<p><b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на этапах контроля и испытаний <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль за системой качества</p>	E

Окончание табл. 12.3

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля, близкого к схеме
5д	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит выборочные испытания партии выпускаемой продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии	F
6д	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания каждой единицы продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии	G
7д	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на стадиях проектирования и производства <b>Заявитель</b> Проводит испытания образца продукции. Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль за системой качества	H

Результаты инспекционных проверок оформляют актом и доводят до сведения заявителя.

- **Схема 4д** аналогична схеме 3д, но используется для непрерывных процессов контроля.

- **Схема 5д** отличается от предыдущих тем, что предусматривает испытания партий продукции, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией.

- **Схема 6д** отличается от схемы 5д тем, что здесь осуществляют испытания каждой единицы продукции, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией.

- **Схема 7д** предусматривает испытания типового образца, проведенные заявителем или другой организацией по его поручению.

**Выбор схем декларирования** рекомендуется осуществлять экспертными методами в следующей последовательности:

— выбор конкретной схемы из числа описанных в табл. 12.3;

— детализация отдельных операций в рамках выбранных схем с учетом специфики продукции, особенностей сектора потребления и целей технического регламента.

Выбор схем осуществляют с учетом суммарного риска от недостоверной оценки соответствия и ущерба от применения продукции, прошедшей подтверждение соответствия. При этом учитывают также объективность оценки, характеризующую степень независимости исполнителей операции (первая или третья сторона).

При выборе схем учитывают следующие основные факторы:

- степень потенциальной опасности продукции;
- чувствительность регламентируемых технических регламентом показателей безопасности к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов;
- степень сложности конструкции (проекта) (определяется экспертным методом разработчиками технического регламента);
- наличие других механизмов оценки соответствия (например, государственного контроля (надзора) в отношении декларируемой продукции).

Схема 1д рекомендуется для продукции, для которой:

- степень потенциальной опасности невысока или конструкция (проект) признается простой;
- показатели безопасности малочувствительны к изменению производственных и эксплуатационных факторов;
- предусмотрен государственный контроль (надзор) на стадии обращения.

Схемы 2д, 3д и 4д рекомендуется применять, когда затруднительно обеспечить проведение достоверных испытаний типового представителя самим изготовителем, а характеристики продукции имеют большое значение для обеспечения безопасности. При этом схемы 3д и 4д рекомендуется использовать в тех случаях, когда конструкция (проект) признана простой, а чувствительность показателей безопасности продукции к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов высока. Схему 4д выбирают в случае, когда соответствие продукции можно отслеживать в процессе контроля и испытаний.

Для продукции, степень потенциальной опасности которой достаточно высока, рекомендуется использовать схемы 5д,



Окончание табл. 12.4

Исполнитель, процедура	Номер схемы (согласно Р 50.1.044–2003)						
	1д	2д	3д	4д	5д	6д	7д
Проводит испытания образцов продукции							+
Принимает декларацию о соответствии	+	+	+	+	+	+	+
<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b>							
Проводит испытания типового образца продукции		+	+	+			
Проводит выборочные испытания партии выпускаемой продукции					+		
Проводит испытания каждой единицы продукции						+	
<b>Орган по сертификации</b>							
Сертифицирует СМК на стадии проектирования (П), производства (Пр), контроля и испытаний (КиИ)			П	КиИ			П, Пр

Таблица 12.5

**Рекомендации по выбору схемы декларирования для сложной продукции в зависимости от факторов, влияющих на объективность оценки безопасности, например, гражданского и служебного оружия (ГСО)**

Фактор	Номер схемы (согласно Р 50.1.044–2003)						
	1д	2д	3д	4д	5д	6д	7д
Наличие комплекта технической документации	+	+	+	+	+	+	+
Наличие аккредитованной испытательной лаборатории		+	+	+	+	+	+
Наличие СМК			+	+			+
Наличие инспекционного контроля СМК			+	+			+
Наличие государственного контроля (надзора)	+	+			+	+	



Окончание табл. 12.5

Фактор	Номер схемы (согласно Р 50.1.044–2003)						
	1д	2д	3д	4д	5д	6д	7д
Степень сложности продукции (группы сложности):							
1-я группа (все виды ГСО и патроны к нему)							
2-я группа (изделия средней сложности – пневматическое, холодное и метательное оружие, электрошоки)		+	+	+	+	+	+
3-я группа (простые изделия и части ГСО, патронов, пули к пневматическому оружию)	+						

Таблица 12.6

**Рекомендации по выбору схем подтверждения соответствия продукции путем декларирования**

Фактор	Номер схемы (согласно Р 50.1.044–2003)						
	1д	2д	3д	4д	5д	6д	7д
ба) Несложная продукция с малочувствительными к изменению (под воздействием производственных или эксплуатационных факторов) показателями безопасности при наличии государственного контроля (надзора) продукции	+						
бб) Для условий ба), когда изготовитель не обеспечивает достоверные испытания типового образца продукции		+					
бв) Простая продукция с чувствительными к изменению (под воздействием производственных или эксплуатационных факторов) показателями безопасности при наличии СМК, когда соответствие продукции отслеживают при проектировании и (или) производстве, при контроле и испытаниях			+	+			+
бг) Для относительно сложной продукции с чувствительными к изменению (под воздействием производственных или эксплуатационных факторов) показателями безопасности: – контроль партии; – контроль каждой единицы продукции					+	+	

### 12.3.4. Схемы сертификации и их содержание

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 схем 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 (табл. 12.7).

Таблица 12.7

#### Схемы сертификации

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение прежней схемы сертификации*
1с	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Выдает заявителю сертификат соответствия	1
2с	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Проводит анализ состояния производства. Выдает заявителю сертификат соответствия	1а
3с	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Выдает заявителю сертификат соответствия. Осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции)	2, 3, 4

Окончание табл. 12.7

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение прежней схемы сертификации*
4с	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Проводит анализ состояния производства. Выдает заявителю сертификат соответствия. Осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции и анализ состояния производства)	2а, 3а, 4а
5с	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Проводит сертификацию системы качества или производства. Выдает заявителю сертификат соответствия. Осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (контроль системы качества (производства), испытания образцов продукции, взятых у изготовителя или продавца)	5
6с	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания партии продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Выдает заявителю сертификат соответствия	7
7с	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания каждой единицы продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Выдает заявителю сертификат соответствия	8

\* Обозначения соответствующих схем, приведенных в изменении № 1 Порядка проведения сертификации продукции в Российской Федерации, принятом постановлением Госстандарта России от 25 июля 1996 г. № 15 и зарегистрированном Минюстом России 1 августа 1996 г., регистрационный номер 1139.

### Описание схем сертификации

- **Схема 1с** включает следующие операции:

- подача заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации;

- рассмотрение заявки и принятие по ней решения органом по сертификации;
- проведение испытаний типового образца аккредитованной испытательной лабораторией;
- анализ результатов испытаний и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке.

Заявитель подает заявку на сертификацию своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющий данную продукцию в области аккредитации. Испытания типового образца (типовых образцов) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний.

При положительном результате испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю, который на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

- **Схема 2с** включает те же операции, что и схема 1с. Добавляется лишь проведение органом по сертификации анализа состояния производства.

- **Схема 3с** включает те же операции, что и схемы 1с и 2с. Добавляется инспекционный контроль за сертифицированной продукцией, но упраздняется анализ производства.

Орган по сертификации проводит инспекционный контроль за сертифицированной продукцией в течение всего срока действия сертификата соответствия путем периодических испытаний образцов продукции. Место отбора образцов (у изготовителя и (или) у продавца) устанавливается в техническом регламенте.

По результатам инспекционного контроля орган по сертификации принимает одно из следующих решений:

- считать действие сертификата соответствия подтвержденным;
- приостановить действие сертификата соответствия;
- отменить действие сертификата соответствия.

- **Схема 4с** включает операции схемы 3с, но вводится проведение органом по сертификации анализа состояния производства.

- **Схема 5с** включает операции схемы 4с, но вводится сертификация системы качества и анализ результатов испы-

таний и сертификации системы качества. Инспекционный контроль осуществляется за сертифицированной продукцией и системой качества.

Сертификацию системы качества проводит орган по сертификации систем качества, определенный органом по сертификации продукции, либо сам орган по сертификации продукции, если сертификация систем качества входит в его область аккредитации. При положительном результате сертификации системы качества орган по сертификации систем качества выдает сертификат на систему качества.

Сертификация системы качества не проводится, если заявитель представил сертификат на систему качества, уже выданный органом, аккредитованным в установленном порядке, и подтверждающий соответствие системы качества требованиям документа, определенного в техническом регламенте.

По результатам инспекционного контроля орган по сертификации принимает одно из следующих решений:

- считать действие сертификата соответствия подтвержденным;
- приостановить действие сертификата соответствия;
- отменить действие сертификата соответствия.

• **Схема 6с** включает операции по схеме 1с, но предусматривает проведение испытаний партии продукции аккредитованной испытательной лабораторией. Испытания партии продукции (выборки из партии) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний. При положительных результатах испытаний орган по сертификации оформляет сертификат соответствия на данную партию продукции по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю.

Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

• **Схема 7с** включает операции по схеме 6с, но проводит испытания каждой единицы продукции аккредитованной испытательной лабораторией. Испытания каждой единицы продукции проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению органа по сертификации, которому выдается протокол испытаний.

### **Общие принципы выбора схем сертификации**

Установление в техническом регламенте схем сертификации рекомендуется осуществлять экспертными методами в следующей последовательности:

- выбор конкретной схемы из числа приведенных в табл. 12.8;

- учет требований международных соглашений (при наличии на данную продукцию международных соглашений, к которым присоединилась Российская Федерация);

- детализация отдельных операций в рамках схем с учетом специфики продукции, особенностей сектора потребления и целей технического регламента.

Выбор схем осуществляется с учетом суммарного риска от недостоверной оценки соответствия и ущерба от применения продукции, прошедшей подтверждение соответствия.

При выборе схем учитывают следующие основные факторы:

- степень потенциальной опасности продукции;

- чувствительность регламентируемых техническим регламентом показателей безопасности к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов;

- статус заявителя (изготовитель или продавец).

Схемы 1с–5с применяются в отношении серийно выпускаемых заявителем продукции; схемы 6с, 7с — в отношении отдельных партий или единиц продукции, выпущенных заявителем-изготовителем или реализуемых заявителем-продавцом (не изготовителем).

Схемы 1с и 2с рекомендуется использовать для продукции, показатели безопасности которой малочувствительны к изменению производственных факторов, в противном случае целесообразно применять схемы 3с, 4с или 5с.

Схемы 4с и 5с используются также в случае, когда результаты испытаний типового образца в силу их одноразовости не могут дать достаточной уверенности в стабильности подтвержденных показателей в течение срока действия сертификата соответствия или, по крайней мере, за время до очередного инспекционного контроля.

Выбор между схемами 4с и 5с определяется степенью чувствительности значений показателей безопасности продукции к изменению производственных факторов, а также весомости этих показателей для обеспечения безопасности продукции в целом. Схема 5с в наибольшей степени решает такие задачи, но она применима не ко всем изготовителям. Например, в сфере малого предпринимательства такая схема

будет достаточно обременительна из-за трудности создания в маломасштабном производстве системы качества, соответствующей современным требованиям, и из-за высокой стоимости сертификации системы качества.

Схемы 6с, 7с в основном предназначены для продукции, приобретенной продавцами и не имеющей сертификата соответствия, например продукции, закупленной за рубежом.

В отдельных случаях 6с, 7с могут применяться и изготовителями, например, при разовой поставке партии продукции или при выпуске уникального изделия.

При обязательной сертификации рекомендуемые схемы приведены в табл. 12.8, а для групп потенциальной опасности гражданского и служебного оружия (ГСО) с учетом его специфики — в табл. 12.9.

Если при обязательной сертификации предусмотрен «набор» различных операций по подтверждению соответствия, то рекомендуется пользоваться табл. 12.10.

Таблица 12.8

**Обязательная сертификация: исполнители  
и процедуры оценки соответствия,  
рекомендуемые схемы сертификации**

Исполнитель, процедура	Номер схемы (согласно Р 50.1.044—2003)						
	1с	2с	3с	4с	5с	6с	7с
<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b>							
Проводит испытания типового образца продукции	+	+	+	+	+		+
Проводит испытания партии выпускаемой продукции						+	
Проводит испытания каждой единицы продукции							+
<b>Аккредитованный орган по сертификации</b>							
Проводит анализ состояния производства		+		+			
Проводит сертификацию СМК или производства					+		

Окончание табл. 12.8

Исполнитель, процедура	Номер схемы (согласно Р 50.1.044—2003)						
	1с	2с	3с	4с	5с	6с	7с
Выдает заявителю сертификат соответствия при положительных результатах испытаний (анализа состояния производства)	+	+	+	+	+	+	+
Осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции)			+				
Осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции и анализ состояния производства)				+			
Осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией путем периодических испытаний образцов продукции и периодического контроля за СМК					+		

Таблица 12.9

### Рекомендуемые схемы сертификации ГСО в зависимости от группы опасности

Группа потенциальной опасности	Состав группы	ГСО, производимое в России	ГСО, ввозимое в Россию
1	Все виды огнестрельного оружия (в том числе газовое, сигнальное)	1с—5с и 7с	1с и 7с или 3с и 7с
	Патроны к огнестрельному оружию, капсюлированные гильзы	1с—5с и 6с	1с или 3с
	Охотничья пневматика: основные части огнестрельного оружия, промышленные устройства	3с—5с	3с



Окончание табл. 12.9

Группа потенциальной опасности	Состав группы	ГСО, производимое в России	ГСО, ввозимое в Россию
2	Пневматическое оружие, холодное и метательное оружие, электрошоки	3с—5с или 3д, 4д, 7д	3с или 6с
3	Неосновные части оружия, составные части патронов (кроме капсюлированных гильз), пули к пневматическому оружию	1с, 2с либо 2д—5д, 7д	1с, 3с либо 5д

Применение декларации о соответствии в экономической практике России предусмотрено постановлением Правительства РФ от 7 июля 1999 г. № 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.

Таблица 12.10

### Рекомендации по выбору схем подтверждения соответствия продукции путем ее сертификации

Фактор	Номер схемы (согласно Р 50.1.044—2003)						
	1с	2с	3с	4с	5с	6с	7с
7а) Для серийно выпускаемой заявителем продукции, показатели безопасности которой малочувствительны к изменению производственных факторов (схема 1с в сочетании с 6с и 7с согласно табл. 12.7)	+	+					
7б) Для продукции по 7а), сертифицируемой продавцом, применяют сочетания трех схем	+					+	+
7в) Для серийно выпускаемой заявителем продукции, показатели безопасности которой чувствительны к изменению производственных факторов			+	+	+		

Окончание табл. 12.10

Фактор	Номер схемы (согласно Р 50.1.044—2003)						
	1с	2с	3с	4с	5с	6с	7с
7г) При сертификации серийно выпускаемой продукции у зарубежного изготовителя				+			
7ж) Когда результаты испытаний типового образца в силу их однократности не могут дать достаточной уверенности в стабильности подтвержденных показателей в течение срока действия сертификата или до очередного инспекционного контроля				+	++		
7з) При сертификации отдельных партий или единиц продукции, выпущенной заявителем-изготовителем или реализуемых заявителем-продавцом							+
7и) Для продукции, приобретенной продавцами и не имеющей сертификата соответствия, например для продукции, закупленной за рубежом						+	+
7л) При разовой поставке партии продукции или при выпуске уникального изделия						+	+

\* При экономической целесообразности сертификации изготовителя СМК.

**Декларация о соответствии** — документ, в котором изготовитель, продавец или исполнитель удостоверяет, что поставляемая, продаваемая им продукция или оказываемая услуга (далее имеются — продукция) соответствует требованиям, предусмотренным для обязательной сертификации данной продукции или услуги.

Изложенное показывает, что в качестве способов доказательства соответствия используются: испытание; проверка (оценка) производства; инспекционный контроль; рассмотрение заявления-декларации о соответствии (не путать с декларацией о соответствии как самостоятельным документом, используемым наряду с сертификатом соответствия. Данная декларация является способом доказательства соответствия в отдельных схемах сертификации. Этот способ доказатель-

ства используют при сертификации продукции изготовителя с высокой репутацией на рынке и будет рассмотрен ниже).

Сертификация услуг (работ) осуществляется в последовательности, аналогичной проведению сертификации продукции, и предусматривает:

- подачу заявки на сертификацию;
- рассмотрение и принятие решения по заявке;
- оценку соответствия услуг (работ) установленным требованиям;
- принятие решения о выдаче сертификата;
- выдачу сертификата и лицензии на применение знака соответствия;
- проведение инспекционного контроля сертифицированных услуг (работ).

При проведении сертификации услуг в силу их специфики применяются схемы, указанные в табл. 12.11.

Таблица 12.11

### Схемы сертификации услуг и работ

Номер схемы	Оценка выполнения работ, оказания услуг	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Инспекционный контроль сертифицированных работ и услуг
1	Оценка мастерства исполнителя работ и услуг	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Контроль мастерства исполнителя работ и услуг
2	Оценка процесса выполнения работ, оказания услуг	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Контроль процесса выполнения работ и услуг
3	Анализ состояния производства	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Контроль состояния производства
4	Оценка организации (предприятия)	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Контроль соответствия установленным требованиям
5	Оценка системы качества	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Контроль системы качества
6	—	Рассмотрение декларации о соответствии (с прилагаемыми документами)	Контроль качества выполнения работ, оказания услуг

Окончание табл. 12.11

Номер схемы	Оценка выполнения работ, оказания услуг	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Инспекционный контроль сертифицированных работ и услуг
7	Оценка системы качества	Рассмотрение декларации о соответствии (с прилагаемыми документами)	Контроль системы качества

• **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:

- а) проверкой технологического процесса, мастерства исполнителя, условий обслуживания;
- б) 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. Схема может применяться для сертификации матери-

альных 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.

Сертификация по схемам 6 и 7 осуществляется с использованием декларации о соответствии с прилагаемыми к ней документами. Схему 6 применяют при сертификации работ и услуг небольших предприятий, зарекомендовавших себя как исполнители работ и услуг высокого уровня качества. Схему 7 применяют при наличии у исполнителя системы качества. Оценка выполнения работ, оказания услуг при этом будет заключаться в обследовании предприятия с целью подтверждения соответствия работ и услуг требованиям стандартов системы качества.

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, гра-

ждан-предпринимателей и на срок до одного года для организаций, начинающих свою деятельность.

## 12.4. Добровольное подтверждение соответствия

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться для установления соответствия национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации, условиям договоров о требованиях к продукции (работам, услугам).

Объектами добровольного подтверждения соответствия являются продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется органами по сертификации, которые проводят подтверждение соответствия, т.е. выдают заявителю документальное удостоверение соответствия в виде сертификатов и права на применение знака соответствия. Орган по сертификации может приостанавливать или прекращать действие выданных им сертификатов соответствия.

Создать систему добровольной сертификации может юридическое лицо и (или) индивидуальный предприниматель или несколько юридических лиц и (или) индивидуальные предприниматели.

Необходимо учитывать, что согласно принципам технического регулирования (ст. 3 Закон о техническом регулировании), органы по сертификации должны быть независимы от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей продукции, работ и услуг; их функции не могут выполняться органами государственного контроля (надзора) и органами по аккредитации.

Закон о сертификации определяет минимальный состав требований к лицам, создающим систему добровольной сертификации. Эти лица должны:

- установить перечень объектов, подлежащих сертификации, и их характеристик;

- установить правила выполнения работ по сертификации и порядок их оплаты;
- определить состав участников создаваемой системы добровольной сертификации.

Участниками системы добровольной сертификации могут быть: орган по сертификации; испытательные лаборатории (центры); организации, осуществляющие сертификацию систем качества; заявители.

Система добровольной сертификации может считаться созданной при выполнении требований п. 2 ст. 21 Закона о техническом регулировании. Особое внимание необходимо обратить на установление перечня сертифицируемых объектов и их характеристик. Заключенный договор на проведение добровольной сертификации объектов, не предусмотренных документами системы сертификации, может быть признан судом недействительным как заключенный с нарушением специальной правоспособности лица, осуществляющего функции органа по сертификации (ст. 173 Гражданского кодекса РФ (далее — ГК РФ)).

Данным законом установлено положение о регистрации системы добровольной сертификации федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию. Добровольность регистрации означает, что юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю для того, чтобы организовать систему добровольной сертификации, достаточно в соответствующих документах отразить вопросы по осуществлению добровольной сертификации.

Среди участников системы главная роль принадлежит органам по сертификации и испытательным лабораториям. Именно они заключают с заявителями соответствующие договоры, выполняют работы и несут ответственность за надлежащее выполнение условий договоров. Поэтому их правовое положение в системе и порядок деятельности должны быть подробно определены.

Если упомянутые органы не совпадают с создателями системы сертификации, то должны быть определены условия отношений между этими участниками системы.

Пунктом 3 ст. 21 Закона о техническом регулировании предусмотрен отказ в регистрации системы добровольной сертификации, который допускается только в случае непредставления предусмотренных документов или совпадения наименования системы и (или) изображения знака соответствия с наименованием системы и (или) изображением

Обязательная сертификация		Добровольная сертификация	
Знак	Система сертификации, в которой он применяется	Знак	Система сертификации, в которой он применяется
	Система сертификации ГОСТ Р		Система сертификации МО «СовАск»
	Система сертификации продукции и услуг в области пожарной безопасности		Система сертификации продукции и систем качества предприятий промышленности «ПРОМСЕРТИКА»
	Система сертификации средств защиты информации по требованиям безопасности информации		Система сертификации веществ и материалов по химическому составу «АНАЛИТИКА»
	Система сертификации морских гражданских судов		Система сертификации сборочно-сварочных работ

Рис. 12.3. Примеры знаков соответствия, применяемых в российских системах сертификации



знака соответствия зарегистрированной ранее системы добровольной сертификации. Установлены сроки уведомления об отказе. Отказ в регистрации системы добровольной сертификации может быть обжалован в судебном порядке.

Ростехрегулирование должно обеспечить доступность сведений, содержащихся в едином реестре зарегистрированных систем добровольной сертификации, заинтересованным лицам. Все это создает благоприятные условия для участия в этой деятельности заинтересованных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей.

## 12.5. Знаки соответствия

**Знак соответствия** — обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту (рис. 12.3). Знаком соответствия системы добровольной сертификации могут маркироваться объекты сертификации, прошедшие процедуры добровольной сертификации или соответствия национальному стандарту. Порядок применения такого знака соответствия устанавливается правилами соответствующей системы добровольной сертификации.

Применение знака соответствия национальному стандарту осуществляется заявителем на добровольной основе любым удобным для заявителя способом в порядке, установленном национальным органом по стандартизации.

Объекты, соответствие которых не подтверждено в порядке, установленном Законом о техническом регулировании, не могут быть маркированы знаком соответствия.

Следует иметь в виду, что в переходный период знак соответствия при обязательном подтверждении соответствия еще продолжает применяться в тех же целях, что и знак обращения на рынке.

Согласно закону каждая система сертификации имеет право на свой знак соответствия. Системы обязательной сертификации однородной продукции, входящие в структуру ГОСТ Р, имеют право применять указанный знак, но им не запрещено вводить и собственные знаки. В настоящее время зарегистрированы собственные знаки соответствия некоторых российских систем сертификации (см. рис. 12.3).

Знаки соответствия системы сертификации несут в себе всю полезную информацию, которая:

- убеждает потребителя в надлежащем качестве товара, в его безопасности;
- может использоваться изготовителем в рекламных целях;
- помогает органам государственного надзора принять решение о возможности реализации продукции; для страховых компаний является одной из гарантий безопасности товара.

Применение знака соответствия национальному стандарту осуществляется заявителем на добровольной основе любым удобным для заявителя способом.

Применение знаков соответствия облегчает приобретаемым, и в первую очередь потребителям, выбор продукции, услуг, работ, в максимальной степени соответствующих их потребностям и желаниям, и тем самым способствует реализации принципа максимального учета законных интересов заинтересованных лиц.

## 12.6. Обязательное подтверждение и декларирование соответствия

Согласно ст. 23 Закона о техническом регулировании **обязательное подтверждение соответствия** проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом. Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории РФ.

Форма и схемы обязательного подтверждения соответствия могут устанавливаться только техническим регламентом.

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу независимо от схем обязательного подтверждения соответствия и действуют на всей территории РФ.

Законом о техническом регулировании установлено, что обязательным в Российской Федерации является подтверждение соответствия только требованиям технических регламентов, т.е. требованиям в отношении безопасности. Требования по другим свойствам продукции, услуг и работ подлежат добровольному подтверждению соответствия, причем исклю-

чительно по инициативе заявителя (п. 1 ст. 19, п. 1 ст. 21). Данный Закон регулирует отношения только внутри государства, поэтому требование об обязательном подтверждении распространяется на продукцию, применяемую только в Российской Федерации.

Выпускаемой в обращение продукцией является готовая продукция, реализуемая ее изготовителем, находящимся на территории РФ, или ввозимая на территорию РФ продукция, выпускаемая в таможенном режиме выпуска для свободного обращения в соответствии с правилами Таможенного кодекса РФ.

Таким образом, изготовленная продукция, предназначенная для использования на самом предприятии, например, составные части, узлы для комплектации конечной продукции, не подлежит обязательному подтверждению соответствия, даже если на нее утверждены технические регламенты.

Но когда такая продукция поставляется покупателю в качестве готового изделия, в частности, в качестве запасных частей и деталей, она подлежит обязательному подтверждению соответствия, если это предусмотрено техническим регламентом.

Формы и схемы обязательного подтверждения соответствия требованиям технического регламента определены в п. 3 ст. 20 Закона о техническом регулировании. Это принятие декларации о соответствии (декларирование соответствия) и обязательная сертификация. Схемы декларирования соответствия представлены в ст. 24 указанного Закона. В широком смысле под схемой сертификации принимается сочетание различных контрольных и инспекционных действий; она принимается в каждом конкретном случае с учетом специфики продукции, организации ее производства, экономических и иных факторов. Выбор формы и схемы обязательного подтверждения соответствия осуществляется при разработке соответствующего технического регламента.

Независимо от того, какая схема обязательного подтверждения соответствия предусмотрена техническим регламентом, декларация соответствия или сертификат имеют равную юридическую силу и действуют на всей территории РФ.

Оценка соответствия (в том числе государственный контроль (надзор) за соблюдением обязательных требований к продукции (работам, услугам), сведения о которых составляют государственную тайну) осуществляется в порядке, установленном Правительством РФ.

В отличие от общих правил, объектами, к которым предъявляются обязательные требования и применяется обязательное подтверждение соответствия, в данном случае являются не только продукция, но и работы и услуги.

Данный порядок подтверждения соответствия не относится к случаю, когда на эту продукцию, работы, услуги действует технический регламент. Это объясняется тем, что в соответствии со ст. 7 Закона о техническом регулировании в техническом регламенте должны устанавливаться правила, формы и схемы обязательного подтверждения соответствия.

Все работы по обязательному подтверждению соответствия подлежат оплате заявителем. Правительство РФ и устанавливает методики определения стоимости работ по обязательному подтверждению соответствия, способствует упорядоченности этой деятельности, обеспечивает возможность планирования затрат заявителем, прогнозирования и планирования объемов работ органов по сертификации, испытательных лабораторий и центров. Выбор формы обязательного подтверждения соответствия можно производить по алгоритму рис. 12.4.

**Декларирование соответствия** осуществляется по одной из двух следующих схем:

- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств;
- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств, доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра) (далее — третья сторона).

**Декларирование соответствия** — форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Представленное определение содержит лишь один классификационный признак — принадлежность к форме подтверждения соответствия и не имеет признаков, отличающих ее от другой формы — сертификации. Исходя из содержания ст. 24 указанного Закона, декларирование соответствия представляет собой форму обязательного подтверждения соответствия, посредством которой заявитель документально удостоверяет, что его продукция соответствует требованиям технических регламентов. Такое определение согласуется с определением в Международном стандарте МС ИСО/МЭК 17000, согласно которому декларирование соответствия — подтверждение соответствия первой стороной.

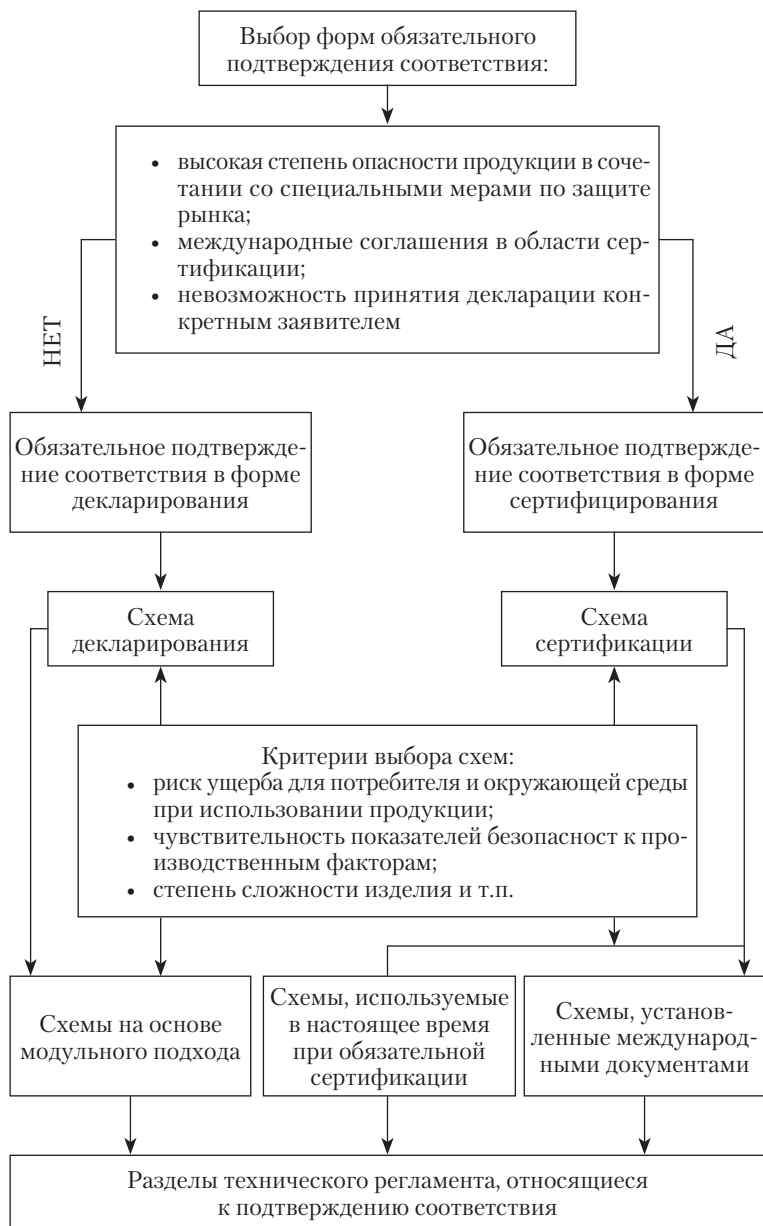


Рис. 12.4. Блок-схема выбора форм и схем обязательного подтверждения соответствия в технических регламентах

**Декларация о соответствии** — документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов (см. приложение 6).

Как уже отмечалось, формы и схемы обязательного подтверждения соответствия для каждого вида продукции устанавливаются в технических регламентах на нее. Закон не предусматривает установление каких-либо общих перечней продукции и схем обязательного подтверждения соответствия.

При этом схема декларирования с участием третьей стороны устанавливается в техническом регламенте, если собственные доказательства заявителя являются недостаточными для достоверного подтверждения соответствия или при особой важности данной продукции.

**Заявитель** — физическое или юридическое лицо, осуществляющее обязательное подтверждение соответствия.

Круг заявителей определяется соответствующим техническим регламентом. При этом ими могут быть изготовители или продавцы соответствующей продукции.

Участие в качестве заявителя исполнителя работ или услуг Законом не предусмотрено, поскольку обязательному подтверждению соответствия может подвергаться только продукция. Из этого следует, что при декларировании такой продукции как здания и сооружения строительная организация должна рассматриваться как изготовитель, а не исполнитель работ. Это замечание относится и к случаям декларирования вещественных результатов других работ.

Кроме определения круга заявителей по их функциям, Закон о техническом регулировании устанавливает определенные требования к их организационно-правовой форме и статусу.

Декларацию о соответствии на ввозимую (ввезенную) на территорию РФ продукцию могут принимать зарегистрированные в Российской Федерации лица, которые выполняют на основании договора поручение иностранного изготовителя. Поручение иностранного продавца не может быть предметом такого договора.

## 12.7. Организация обязательной сертификации

**Система сертификации** — совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функцио-

нирования системы сертификации в целом. Следует отметить, что в соответствии с Законом о техническом регулировании понятие «система сертификации» применяется только в отношении добровольной сертификации.

**Обязательная сертификация** осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом.

Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается сертификатом соответствия, выдаваемым заявителем органом по сертификации.

В определении термина «сертификат соответствия» следует иметь в виду, что его выдает орган по сертификации, иначе понятие «сертификат» смешивается с понятием «декларация о соответствии».

Обязательную сертификацию могут проводить только государственные органы управления или аккредитуемые ими организации, и она проводится по требованиям, установленным федеральными законами — техническими регламентами.

Схемы сертификации, содержащиеся в техническом регламенте, могут различаться как по их доказательности, так и по объему необходимых контрольных и инспекционных действий и стоимости. Заявитель имеет право выбирать схему сертификации (п. 1 ст. 28 указанного Закона). Поскольку он заинтересован в том, чтобы быть уверенным в соответствии продукции требованиям технических регламентов, то не обязательно основным критерием выбора должна быть стоимость.

Сертификат соответствия продукции требованиям технических регламентов выдается заявителем органом по сертификации после проведения контрольных действий, предусмотренных схемами сертификации, при условии получения положительных результатов, на основании которых установлено соответствие продукции требованиям технических регламентов.

Сертификат содержит сведения о заявителе, изготовителе, органе по сертификации, выдавшем сертификат, объекте сертификации, проведенных испытаниях и представленных доказательствах соответствия, установленных техническим регламентом. Набор подобных сведений достаточен для установления факта сертификации объекта при осуществлении контроля органом по сертификации (п. 2 ст. 26) и при государственном контроле (п. 1. ст. 33 указанного Закона).

В практике сертификации для установления тождественности представленной на сертификацию продукции ее наименованию и другим характерным признакам, позволяющим однозначно соотнести сертифицированную продукцию с выданным на нее сертификатом соответствия, широко используется идентификация продукции.

**Идентификация продукции** — установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам. Идентификация продукции — важнейший этап подтверждения ее соответствия установленным требованиям. Нет смысла анализировать документы, протоколы испытаний, если установлено, что продукция не соответствует заявленному виду (наименованию). Грамотная идентификация приобретает особое значение на современном этапе в условиях жесткой конкуренции.

С 1 января 2000 г. был введен в действие ГОСТ Р 51293—99 «Идентификация продукции. Общие положения», определивший, что «идентификация продукции — установление соответствия конкретной продукции образцу и (или) ее описанию».

Процедура идентификации — это тот обязательный этап сертификации, который не может быть проведен без «узкого» специалиста, эксперта, досконально знающего все особенности продукта. ГОСТ Р 51293—99 предлагает несколько методов идентификации в зависимости от решаемых задач. Эксперт должен владеть по меньшей мере пятью из них, но определяющим при сертификации продукции является органолептический метод. Профессиональная квалификация эксперта, его опыт необходимы для правильной идентификации продукции. Но ни в одном из определений понятия «идентификация» это не нашло отражения, в том числе и в Законе о техническом регулировании.

Процедура идентификации как составляющая сертификации прошла определенный путь. В начале становления сертификация в России (1992—1996 гг.) была сконцентрирована почти исключительно на подтверждении безопасности. Эту работу выполняли эксперты-аудиторы. Они оценивали все аспекты безопасности, что помогало не только отличить «правильный» продукт от «неправильного» с точки зрения безопасности, но и грамотно оценить возможности сделать его «правильным», т.е. устранить недостатки продукта или скорректировать технологию производства.

Структура системы сертификации, определяемая Законом о техническом регулировании, не предусматривает наличия



центральных органов по сертификации, которые в соответствии с действовавшим ранее Законом о сертификации продукции и услуг выполняли организующую и координирующую роль в возглавляемых ими системах сертификации. Законом им предоставляется самостоятельность при условии выполнения требований, установленных правилами по аккредитации. Как указано в ст. 26 и п. 3 ст. 31 Закона, порядок аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) устанавливается и регламентируется Правительством РФ.

Никаких других требований к юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, желающим осуществлять эту деятельность, Закон не предусматривает, в частности наличия лицензии.

В отличие от декларирования соответствия Закон не определяет, кто может быть заявителем при обязательной сертификации.

Учитывая сходство отношений по декларированию и обязательной сертификации продукции, являющихся двумя формами обязательного подтверждения соответствия, в данном случае возможно применение аналогии, т.е. распространение на заявителя при обязательной сертификации продукции требований к заявителю при ее декларировании, установленных в п. 1 ст. 24 Закона.

Договорные отношения между органом по сертификации и аккредитованной испытательной лабораторией строятся по договору об оказании возмездных услуг.

Проведение инспекционного контроля за объектами обязательной сертификации допускается при наличии двух условий: такой контроль предусмотрен схемой сертификации и договором на проведение сертификации.

Таким образом, инспекционный контроль органа по сертификации не является обязательным и может осуществляться только с согласия заявителя. Орган по сертификации, в который обратился заявитель, не вправе отказать ему в заключении договора в связи с отказом от проведения инспекционного контроля. Отказ в заключении договора может быть обжалован в судебном порядке.

Согласно Закону о техническом регулировании орган по сертификации вправе приостановить или прекратить действие выданного им сертификата соответствия. Закон, однако, не устанавливает ни основания, ни форму принятия таких решений. Очевидно, таким основанием может быть обнаружившееся

несоответствие сертифицированной продукции требованиям технических регламентов. При этом, если недостатки могут быть устранены в разумный срок, действие сертификата приостанавливается, а если недостатки носят неустранимый характер, — действие сертификата прекращается. Соответствующее решение должно приниматься в форме правового акта, предусмотренного в уставных или иных документах лица, выполняющего функции органа по сертификации. Целесообразно издание указанным лицом локального нормативного правового акта о порядке принятия указанных решений. Принятие указанных решений органом по сертификации влечет утрату изготовителем и продавцом права на реализацию соответствующей продукции.

Ростехрегулирование ведет единый общероссийский реестр выданных сертификатов соответствия, формируемый на основе сведений, представляемых органами по обязательной сертификации, в установленном им порядке.

Закон о техническом регулировании предусматривает в обязательной сфере постепенный переход по целому ряду видов продукции от сертификации к декларированию. Во многих развитых странах приоритет обязательной сертификации отсутствует, и декларирование в сочетании с нормами государственного надзора является эффективным механизмом защиты рынка от опасной продукции.

В России процесс замещения сертификации декларированием проходит строго под контролем государства. Правительство утверждает перечни продукции, подлежащие этим видам контроля.

Декларирование — механизм подтверждения соответствия. Оно повышает ответственность производителя при соответствующей работе надзорных органов и судебной системе в Российской Федерации.

Ограничение перехода от сертификации к декларированию считается неприемлемым. В рамках декларирования существуют формы, которые по эффективности соответствуют сертификации.

Ростехрегулирование не занимается вопросами сертификации, а является организатором работ в крупнейшей системе сертификации — ГОСТ Р, обеспечивает ведение информационных ресурсов, связанных с сертификацией и декларированием, а также предоставляет информацию по запросам заинтересованных органов.

**Знак обращения на рынке** является новой формой информирования приобретателя продукции о ее соответствии требованиям технических регламентов. Условием применения знака является наличие на продукцию зарегистрированной декларации о соответствии или сертификата соответствия, выданного органом по обязательной сертификации. Изображение знака обращения на рынке утверждено постановлением Правительства РФ от 19 ноября 2003 г. № 696. Данный знак не является специальным защищенным знаком и наносится в информационных целях.

Маркировка знаком обращения на рынке осуществляется заявителем самостоятельно любым удобным для него способом.

## **12.8. Условия ввоза на территорию России продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия**

Порядок ввоза в Россию безопасной и экологически чистой продукции и проведение работ по ее сертификации должны быть организованы таким образом, чтобы обеспечить объективную оценку соответствия ввозимых товаров обязательным требованиям отечественных стандартов и при этом свести до минимума время на сертификацию импортной продукции. В соответствии со ст. 29 Закона о техническом регулировании ввоз и реализация на территории РФ продукции, подлежащей обязательной сертификации, запрещается без представления заявителем (либо уполномоченным лицом) декларации о соответствии или сертификата соответствия, или документов об их признании.

Порядок ввоза на территорию РФ продукции, подлежащей обязательной сертификации, устанавливается федеральным органом исполнительной власти по таможенному делу и специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области сертификации.

Полученные за пределами территории РФ документы о подтверждении соответствия, знаки соответствия, протоколы исследований (испытаний) и измерений продукции могут быть признаны в соответствии с международными договорами РФ.

Согласно Закону о техническом регулировании установленные им условия ввоза импортируемой продукции распространяются на продукцию, разрешенную к ввозу и обращению на территории РФ. На ввозимую продукцию, предназначенную для иных целей (ввозимую на время, для иностранных представительств и т.п.) данный порядок не распространяется.

Условием ввоза соответствующей продукции является представление в таможенные органы одновременно с таможенной декларацией одного из трех документов:

- декларации о соответствии, зарегистрированной в установленном порядке;
- сертификата соответствия;
- документа о подтверждении соответствия, произведенного за пределами территории РФ, признанного в Российской Федерации в соответствии с ее международными договорами.

Это правило действует в отношении ввозимой продукции, подлежащей таможенному оформлению в указанном порядке, включенной в специальные списки продукции.

С учетом этих положений и в соответствии с Порядком сертификации в Системе ГОСТ Р, в рамках которой проводится сертификация импортируемой продукции, Госстандарт России и Государственный таможенный комитет России (ГТК) совместно утвердили и ввели в действие Порядок ввоза на территорию Российской Федерации товаров, подлежащих обязательной сертификации. В соответствии с данным Порядком установлен Перечень товаров, для которых требуется подтверждение их безопасности при ввозе на территорию РФ.

Перечень товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД), сформированной с разбивкой по кодам, был утвержден Госстандартом России по согласованию с ГТК России и введен в действие приказом ГТК от 14 августа 1996 г. № 496 «О применении перечней товаров, подлежащих обязательной сертификации при ввозе на таможенную территорию Российской Федерации».

Принятый Порядок определяет условия выпуска на таможенную территорию РФ товаров «для свободного обращения», т.е. для постоянного нахождения без обязательства о его вывозе, в том числе импортируемый вывезенный ранее товар — реимпорт, а также товар, являющийся продуктом переработки, под таможенным контролем или вне таможенной территории.

В таможенный орган должен быть представлен сертификат установленной формы на русском языке, выданный по правилам Системы ГОСТ Р. Этот сертификат может являться также свидетельством признания зарубежного сертификата.

Правом подтверждения иностранного сертификата обладают территориальные органы Ростехрегулирования. Импортные товары могут иметь зарубежные сертификаты, которые не требуют подтверждения, если с этими органами по сертификации, выдавшими их, заключено соглашение о взаимном признании результатов сертификации. К ним, например, относятся ДИН ГОСТ ТЮФ — общество по сертификации в Европе, швейцарская фирма SGS и некоторые другие.

Сертификация товаров должна, как правило, проводиться до их поставки в Российскую Федерацию. Если испытания проводятся в зарубежных лабораториях, то выдаваемые ими протоколы будут являться основанием для получения сертификатов при условии, что эти лаборатории аккредитованы Ростехрегулированием и занесены в Реестр системы сертификации ГОСТ Р. При прохождении таможенного контроля сертификат соответствия предъявляется вместе с таможенной декларацией.

Для таможенного оформления и контроля используется копия сертификата, не подлежащая возврату.

Не требуется предъявления сертификатов для товаров, предназначенных для представительств зарубежных стран международных организаций и их персонала; товаров, ввозимых физическими лицами и не предназначенных для производственной или коммерческой деятельности (если они не превышают установленные стоимостные и количественные квоты). Если физическое лицо ввозит товар в единственном экземпляре для собственного потребления, то он может быть выпущен без сертификата. При этом требуется представить в таможенную обязательство, составленное в произвольной форме, невыполнение которого влечет за собой применение определенных санкций.

Товар, задержанный на таможне из-за отсутствия сертификата соответствия, согласно порядку ввоза может быть представлен на сертификацию. В этом случае он может храниться под таможенным контролем на складах временного хранения не более двух месяцев. Скоропортящиеся товары по установленному перечню разрешено хранить под таможенным контролем в местах, отвечающих требованиям скоропортящихся товаров.

Из ввозимой партии товара под таможенным контролем допускается для целей сертификации отбор проб и образцов в минимальных количествах, обеспечивающих возможность их исследования.

Порядок ввоза на территорию РФ товаров, подлежащих обязательной сертификации, предусматривает требование об обязательности простановки знака соответствия на ввозимый товар, оговаривает процедуры ввоза товаров, бывших в употреблении, товаров, ввозимых по линии гуманитарной помощи, а также в качестве запасных частей к ранее сертифицированным товарам. В этом документе предусмотрены также положения о ввозе технологического оборудования, окончательная сборка, наладка и испытания которого проводятся только в местах эксплуатации.

Контроль за безопасностью ввозимых на территорию России товаров проводится центрами стандартизации, метрологии и сертификации в тесном взаимодействии с контролирующими организациями: таможенными службами, торговой инспекцией, органами МВД России, санэпиднадзором, службами Ростехнадзора и др.

Экспортируемая продукция подлежит сертификации в Системе ГОСТ Р.

Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности принята в качестве основы системы регулирования внешнеэкономической деятельности, в том числе таможенной статистики. Коды ТН ВЭД являются обязательными реквизитами унифицированных форм документации при регистрации участников внешнеэкономической деятельности, лицензировании, квотировании, декларировании товаров, внешнеторговой статистической отчетности, таможенной статистике и в других документах и основаны на Гармонизированной системе описания и кодирования товаров и Комбинированной номенклатуре ЕЭС.

Фактически ТН ВЭД представляет собой многоцелевой классификатор товаров, обращающихся в сфере внешнеэкономических связей и пересекающих таможенную границу РФ. Общий объем ТН ВЭД в настоящее время составляет около 15 тыс. позиций.

Исключением из правила о необходимости подтверждения соответствия является продукция, которая не поступает в торговлю.

Обязанность представления в таможенные органы упомянутых документов на ввозимую продукцию возлагается

Законом о техническом регулировании на заявителя, т.е. на покупателя (получателя) продукции или на лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя и принявшего декларацию о соответствии (см. комментарии к ст. 24 Закона о техническом регулировании). Согласно названному Закону указанные лица вправе уполномочить на совершение этих действий третьи лица.

Согласно Закону об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности (п. 2 ст. 29) технические, фармакологические, санитарные, ветеринарные, фитосанитарные и экологические требования, а также требования обязательного подтверждения соответствия применяются к товарам, происходящим из иностранного государства, таким же образом, каким они применяются к аналогичным товарам российского происхождения.

Правительство РФ определяет порядок ввоза импортируемой продукции, на которую требуется представление декларации о соответствии или сертификата соответствия, включающий срок хранения товаров под таможенным контролем, правила заполнения соответствующих реквизитов таможенной декларации, а также действия должностных лиц таможенных органов.

## 12.9. Оформление сертификата соответствия

Сертификат соответствия — документ, подтверждающий соответствие продукции требованиям качества и безопасности, установленными для нее действующими стандартами и правилами (ГОСТ, ГОСТ Р, ГОСТ Р МЭК, ТУ и пр.). Данный документ также иногда называют сертификатом качества, сертификатом безопасности, таможенным сертификатом и т.д. Знак соответствия продукции российскому ГОСТу — «знак Ростеста» — наносится на продукцию, подлежащую обязательной сертификации в Системе сертификации ГОСТ Р.

При обязательной сертификации продукции выдается сертификат соответствия на желтом бланке, а при добровольной, — на бланке синего цвета.

В соответствии с постановлением Ростехрегулирования от 30 июля 2002 г. № 64 «О номенклатуре продукции и услуг (работ), подлежащих обязательной сертификации и Номенклатуре продукции, соответствие которой может

быть подтверждено декларацией о соответствии» продукция, вошедшая в данную номенклатуру, подлежит обязательной сертификации и для нее необходимо получать желтый сертификат.

Основанием для выдачи сертификата соответствия служит протокол испытаний продукции, которые проводят аккредитованные лаборатории. Есть еще один нюанс — если продукция подлежит, помимо сертификации ГОСТ Р, еще и пожарной сертификации (приказ МЧС России от 8 июля 2002 г. № 320 «Об утверждении Перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации в области пожарной безопасности», «Об утверждении Перечня оборудования, подлежащего обязательной сертификации в области пожарной безопасности»), или согласно приказу от 15 августа 2001 г. № 325 «О санитарно-эпидемиологической экспертизе продукции» необходимо получение санитарно-эпидемиологического сертификата и т.д., тогда сертификат соответствия можно получить только после предоставления всех этих документов.

Если же продукция не подлежит обязательной сертификации, тогда в добровольном порядке, с целью повышения конкурентоспособности можно получить «голубой» добровольный сертификат.

Еще одной особенностью сертификатов соответствия является то, что не всегда для их получения необходимо проведение испытаний продукции. И именно этот момент регламентируется схемами сертификации продукции. Сертификат соответствия ГОСТ Р на продукцию может быть выдан только при наличии необходимых для данной продукции дополнительных сертификационных документов: гигиенического сертификата, ветеринарного свидетельства, сертификата пожарной безопасности и др. В сертификате соответствия ГОСТ Р должны быть ссылки на перечисленные выше документы.

**Сертификат Росстроя** — сертификат соответствия — выдается на продукцию, используемую в строительстве, и подтверждает, что продукция соответствует требованиям основных нормативно-технических документов, установленных для данной продукции при сертификации в строительстве (ГОСТ, ГОСТ Р, СНиП и др.). Сертификация в строительстве является составной частью Системы сертификации ГОСТ Р.

Особенность сертификата Росстроя в том, что сертификат выдается Росстроем в рамках Государственной системы сертификации ГОСТ Р, разработанной Ростехрегулированием.



Поэтому и на бланке сертификата фигурируют оба ведомства: сертификат соответствия ГОСТ Р РОССТРОЙ РОССИИ.

**Сертификат ISO 9000** — это международный стандарт, определяющий требования к деятельности предприятия, обеспечивающий производство высококачественной продукции. Сертификаты по ISO переведены на национальные языки (в России — это ГОСТ Р ИСО 9000—2001, ГОСТ Р ИСО 9001—2001 и ГОСТ Р ИСО 9004—2001). Но тем не менее сертификация по ISO 9000 не является обязательным требованием к производителям.

Сертификаты соответствия в системах добровольной сертификации должны содержать следующие сведения:

- наименование и регистрационный номер системы добровольной сертификации;
- наименование и адрес органа по добровольной сертификации;
- наименование и адрес заявителя;
- наименование и кодовое обозначение сертифицированного объекта, а также другие дополнительные сведения о нем;
- ссылку на соответствующий документ и пункты в нем, устанавливающие требования, на соответствие которым проведена сертификация;
- дату выдачи сертификата соответствия, подпись и должность уполномоченного лица.

Знак соответствия применяется при подтверждении требований конкретного нормативного документа (государственный стандарт, международный стандарт, технические условия и т.п.) в случаях, когда удостоверяется соответствие:

- всем требованиям нормативного документа;
- группе требований нормативного документа (например, требованиям надежности);
- части требований, установленных нормативным документом (например, «только прочность»).

Знаком соответствия маркируется каждая единица сертифицированного объекта (тара, сопроводительная техническая документация и т.д.).

Признание сертификатов добровольной системы субъектами, не входящими в систему, проводится по усмотрению этих субъектов.

В целях признания отечественных систем добровольной сертификации на международном, региональном или на национальном (других стран) уровнях необходимо обеспечить:

- соответствие системы общепризнанным правилам организации и функционирования таких систем, установленным в соответствующих международных и региональных документах по сертификации и аккредитации;
- возможность проведения независимым органом, представляющим все стороны, беспристрастной проверки соответствия системы требованиям, обеспечивающим признание результатов ее деятельности в соответствующей международной (региональной) или национальной системе сертификации.

Бланк сертификата соответствия приведен на рис. 11.2, а оформление сертификата соответствия в системе ГОСТ Р изложено в приложении 5.

Сертификаты на системы качества и производства имеют свою форму.

По требованию Закона о техническом регулировании в России создается Единый реестр сертификатов соответствия, выданных всеми действующими в стране органами по сертификации и, что следует подчеркнуть, имеющих единую типовую форму.

Закон определяет следующую систему. Орган по сертификации, аккредитованный в порядке, установленном Правительством РФ, ведет реестр выданных им сертификатов соответствия. Сведения о выданных сертификатах передаются органами по сертификации в Единый реестр выданных сертификатов соответствия. Постановлением Правительства РФ от 17 июля 2004 г. № 294 ведение Единого реестра поручено Ростехрегулированию.

Принятое постановлением Правительства РФ от 10 апреля 2006 г. № 201 Положение о ведении единого реестра выданных сертификатов соответствия, предоставлении содержащихся в указанном реестре сведений и об оплате за предоставление таких сведений устанавливает требования к ведению Единого реестра, его организации, предоставлению из него информации заинтересованным лицам и оплате этой услуги.

Единый реестр будет представлять собой базу данных, которая содержит полную информацию по реквизитам каждого выданного сертификата, а также необходимые дополнительные сведения (об отмене, приостановлении или возобновлении действия сертификата и др.).

Для создания единой системы передачи сведений о выданных сертификатах в Единый реестр все органы по сертификации будут оснащены типовым программным обеспечением

с единым форматом формирования передаваемых сведений.

Новая единая форма сертификата соответствия, которая будет являться основой для формирования и передачи сведений органами по сертификации, утверждена приказом Минпромэнерго России от 22 марта 2006 г. № 53 и начнет применяться после вступления в силу соответствующих технических регламентов.

Порядок передачи органами по сертификации сведений о выданных сертификатах в Единый реестр устанавливает Минэнерго России. Оно определяет структуру и формат передаваемой информации, периодичность передачи и другие организационные и технические вопросы.

### Контрольные вопросы и задания

1. Каково место подтверждения соответствия в техническом регулировании?
2. Что такое оценка соответствия? Назовите основные формы оценки соответствия.
3. Что такое подтверждение соответствия? Назовите его цели и принципы.
4. Сформулируйте цель и формы обязательного подтверждения соответствия.
5. Назовите схемы обязательного подтверждения соответствия.
6. Назовите схемы сертификации и их содержание.
7. Расскажите о знаках соответствия и обращения на рынке.
8. В чем смысл декларирования соответствия?
9. Расскажите об организации обязательной сертификации.
10. Каковы условия ввоза в Россию продукции?

## Глава 13

# АККРЕДИТАЦИЯ

### 13.1. Цели и принципы аккредитации

Согласно Закону о техническом регулировании необходимым условием деятельности органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) является их аккредитация. Закон (ст. 31) регулирует вопросы аккредитации только в части, касающейся работ, проводимых по подтверждению соответствия. Аккредитация на проведение других работ, например, на проведение испытательными лабораториями испытаний и измерений в других целях, осуществляется в соответствии с иными документами.

Таким образом, в соответствии с понятием подтверждения соответствия аккредитация осуществляется в отношении работ, связанных с установленными формами подтверждения соответствия добровольной сертификацией, декларированием и обязательной сертификацией всех объектов технического регулирования.

**Аккредитация** (Руководство ИСО/МЭК 2) — это официальное признание полномочным органом по аккредитации компетентности физического или юридического лица выполнять работы в определенной (заявленной) области, например, в области оценки соответствия.

Аккредитация органов сертификации и испытательных лабораторий (центров) в соответствии со ст. 31 Закона осуществляется в целях:

- подтверждения компетентности органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия;
- обеспечения доверия изготовителей, продавцов и приобретателей к деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров);

- создания условий для признания результатов деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров).

Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия, осуществляется на основе принципов:

- добровольности;
- открытости и доступности правил аккредитации;
- компетентности и независимости органов, осуществляющих аккредитацию;
- недопустимости ограничения конкуренции и создания препятствий пользованию услугами органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров);
- обеспечения равных условий лицам, претендующим на получение аккредитации; недопустимости совмещения полномочий на аккредитацию и подтверждение соответствия;
- недопустимости установления пределов действия документов об аккредитации на отдельных территориях.

Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия, осуществляется в порядке, установленном Правительством РФ.

Документы об аккредитации, выданные в установленном порядке органам по сертификации и аккредитационным испытательным лабораториям (центрам) до вступления в силу Закона о техническом регулировании, а также документы, подтверждающие соответствие (сертификат соответствия, декларация о соответствии) и принятые до вступления в силу настоящего Закона, считаются действительными до окончания срока, установленного в них (п. 10 ст. 46 Закона).

Основной задачей аккредитации является подтверждение компетентности физических и юридических лиц при проведении работ в определенной области оценки соответствия.

Аккредитация является признанием того, что физическое лицо или организация обладает достаточной компетенцией для выполнения конкретных работ в области оценки соответствия.

Через процедуру аккредитации проходят органы по сертификации, испытательные и аналитические лаборатории, метрологические службы и другие участники систем технического регулирования и метрологии.

Аккредитация в области технического регулирования осуществляется в целях повышения доверия изготовите-

лей, продавцов и потребителей к деятельности органов по оценке соответствия и создания условий для признания их деятельности.

Система аккредитации является основой для признания результатов подтверждения соответствия в России и за рубежом и служит для устранения барьеров в международной торговле.

Основные проблемы аккредитации заключаются в том, что в настоящее время действует 18 систем обязательного подтверждения соответствия, в том числе и 18 систем по аккредитации, работающих по своим правилам, в каждой из которых установлены процедуры аккредитации. Отсутствие единой системы аккредитации в стране сдерживает процедуры гармонизации и служит для устранения барьеров системы аккредитации с международными требованиями.

Проект положения об аккредитации в Российской Федерации обсуждался в 2006 г. Основной задачей является утверждение данного положения, создание в стране системы аккредитации на основе единых правил. Важный элемент правильного построения аккредитации — создание института независимой экспертизы.

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 по его продукции, 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, что предполагает 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

охватывала вопросы не только сертификации, но и аккредитации. Это противоречило международной практике, где, как правило, сертификация и аккредитация не существуют в рамках одной системы. По этой причине возникают проблемы в признании за рубежом результатов испытаний, проведенных в России. Экспортерам приходится тратить дополнительные средства на проведение испытаний продукции в признанных испытательных лабораториях, большинство из которых находится за пределами России.

### **13.2. Национальная система аккредитации**

В 1995 г. началась работа по созданию национальной Российской системы аккредитации (РОСА). Для этой цели был сформирован межведомственный совет, в состав которого вошли специалисты министерств и ведомств, заинтересованных в решении проблем аккредитации. Подготовлена методическая основа Российской системы аккредитации — серия стандартов ГОСТ Р 51000. Они максимально гармонизированы с Руководствами ИСО/МЭК в области аккредитации и европейскими нормами серии EN 45000. Согласно этим документам система аккредитации представляет собой структуру, приведенную на рис. 13.1.

Национальная система аккредитации в области подтверждения соответствия представляет собой совокупность правил выполнения работ по аккредитации, ее участников и проведение аккредитации в целом. Органы по сертификации и испытательные лаборатории (центры), осуществляющие деятельность по подтверждению соответствия, подлежат аккредитации в национальной системе аккредитации. В национальной системе аккредитации в добровольном порядке могут быть аккредитованы испытательные лаборатории (центры), осуществляющие деятельность в области добровольного подтверждения; юридические лица и индивидуальные предприниматели, проводящие испытания для собственных нужд.

Участниками национальной системы аккредитации являются: федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции технического регулирования; органы по аккредитации; эксперты по аккредитации; заявители аккредитации; органы по сертификации и аккредитованные испытательные лаборатории (центры).



*Рис. 13.1. Структура Российской системы аккредитации (РОСА)*

Ростехрегулирование в пределах своей компетенции выполняет функции органа по аккредитации, а также разрабатывает общие процедуры по аккредитации, общие требования к объектам аккредитации, экспертам и необходимым документам; взаимодействует с международными организациями по аккредитации.

Совет по аккредитации рассматривает и решает вопросы по следующим основным направлениям:

- установление принципов единой технической политики в области аккредитации;



- исследование новых технологий в этой области;
- координация деятельности органов по аккредитации;
- экономические проблемы;
- международное сотрудничество;
- периодическое подведение итогов работ по аккредитации;
- ведение 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, актуальна задача взаимного международного признания результатов испытаний и свидетельств соответствия.

Порядок аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) подтверждения соответствия, а также их полномочий устанавливаются органами по аккредитации подтверждения соответствия.

### **13.3. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий**

Аккредитация осуществляется в порядке, установленном Правительством РФ. Постановлением от 6 июля 2001 г. № 514

«Об аккредитации организаций, осуществляющих деятельность по оценке соответствия продукции, производственных процессов и услуг установленным требованиям качества и безопасности» утверждено Положение о проведении указанной работы. Согласно Закону о техническом регулировании оценка соответствия преследует цель проверки соблюдения установленных требований и осуществляется в формах государственного контроля (надзора), аккредитации, испытаний, регистрации, подтверждения соответствия, приемки и ввода в эксплуатацию объекта, строительство которого закончено, и в иной форме (п. 3 ст. 7 Закона). Таким образом, аккредитация организаций в области подтверждения соответствия входит в сферу действия указанного Постановления Правительства РФ.

Орган по аккредитации управляет системой аккредитации, и основные требования к нему устанавливает ГОСТ Р 51000.2—95, разработанный с учетом европейского стандарта EN 45003.

Организация, претендующая на право стать органом по аккредитации, должна иметь:

- определенный юридический статус;
- финансовую стабильность;
- организационную структуру, соответствующую обеспечению компетентности;
- беспристрастность и независимость при аккредитациях;
- площади и оборудование;
- квалификационный персонал;
- необходимые нормативные документы на критерии и процессы аккредитации;
- систему обеспечения качества аккредитации.

В настоящее время аккредитацию испытательных лабораторий и органов по сертификации в Российской Федерации осуществляют подразделения Ростехрегулирования 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 в соответствии с EN 45003 приведена на рис. 13.2.

• **Управляющий совет** состоит из представителей заинтересованных в работе органа министерств, ведомств, просоюзных объединений, предприятий и других структур. Он координирует деятельность органа в обозначенной области.

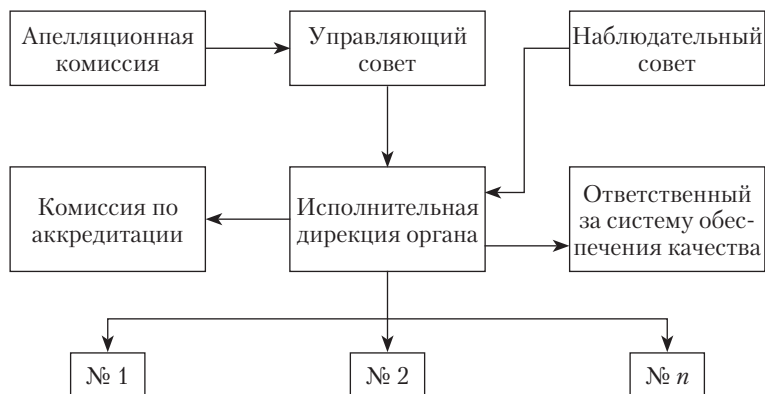


Рис. 13.2. Типовая схема органа по аккредитации (EN 45003)

- **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.

- **Ответственный за системы обеспечения качества** в органе по аккредитации — 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.

Орган по сертификации продукции (услуг), чтобы быть признанным в качестве компетентного, должен соответство-

вать требованиям ГОСТ Р 51000.5—96 «Общие требования к органам по сертификации продукции и услуг»:

- орган по сертификации должен иметь штатный персонал, возглавляемый квалифицированным руководителем. При этом должно быть исключено воздействие на персонал со стороны лиц или организаций, которые имеют коммерческую заинтересованность в результатах проводимой сертификации;

- орган по сертификации должен располагать необходимыми средствами, фондом документов, необходимых для проведения сертификации, и документированными процедурами, позволяющими проводить сертификацию продукции в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данной области производственной деятельности;

- специалисты, осуществляющие оценку соответствия продукции или услуг, испытания или инспекционный контроль, должны иметь статус экспертов системы сертификации в области, соответствующей области аккредитации органа по сертификации;

- орган по сертификации должен иметь полный перечень (реестр) сертифицированной продукции или услуг с указанием обладателей сертификатов или разрешений (лицензий) на применение знака соответствия;

- орган по сертификации обязан контролировать использование выданных им сертификатов соответствия, знаков соответствия и разрешений на их применение.

На период аккредитации, если необходимо, привлекаются внешние эксперты.

Орган по аккредитации должен располагать документацией, которая условно делится на три группы:

- 1) общая документация по правилам аккредитации;
- 2) внутренняя документация органа по процедурам аккредитации;
- 3) информационные сведения об органе и его деятельности.

Инспекционный контроль за деятельностью органов по сертификации и аккредитации испытательных лабораторий проводят органы по аккредитации в форме плановых и внеплановых проверок.

Инспекционный контроль проводится комиссией из состава экспертов по аккредитации. Продолжительность инспекционного контроля не должна превышать одного месяца. В исключительных случаях, при наличии мотивированных оснований органом по аккредитации срок прове-

дения данной проверки может быть продлен, но не более чем на один месяц.

Испытательная лаборатория должна быть признана компетентной для выполнения работ в определенной области аккредитации и должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51000.3—96 «Общие требования к испытательным лабораториям».

**Процедура аккредитации** органов по сертификации и испытательных лабораторий в Российской Федерации включает следующие шесть этапов (Р 50.4.001—96).

1. Представление организацией-заявителем заявки и других документов на аккредитацию.

2. Экспертиза документов и назначение экспертов по аккредитации. Результаты экспертизы должны быть отражены в экспертном заключении, содержащем оценку соответствия предъявленной вместе с заявкой информации условиям аккредитации. Представленную заявителем информацию используют для подготовки и проведения аттестации.

3. Аттестация органа по сертификации или испытательной лаборатории. Аттестацию проводят непосредственно в организации-заявителе в соответствии с утвержденной программой.

4. Анализ материалов и принятие решения об аккредитации. Аккредитирующий орган должен рассмотреть и проанализировать информацию, полученную от заявителя; сведения, собранные при экспертизе; акт аттестации, документы, подтверждающие устранение выявленных несоответствий, и другую информацию, полученную в процессе аккредитации. На основе анализа аккредитирующий орган принимает решение об аккредитации организации-заявителя в качестве органа по сертификации или испытательной лаборатории.

5. Оформление и выдача аттестата аккредитации. При положительном решении аккредитирующий орган оформляет, регистрирует и выдает заявителю аттестат с указанием области аккредитации и срока действия (не более пяти лет), при отрицательном — направляет заявителю письмо с мотивированным отказом в аккредитации.

6. Контроль за аккредитованным органом по сертификации или испытательной лабораторией. Контроль за соответствием органа по сертификации (испытательной лабораторией) условиям аккредитации предусматривает внутренние проверки, проводимые аккредитованной организацией, и инспекционный контроль, проводимый аккредитирующим органом.

При нарушении условий аккредитации аккредитирующий орган принимает решение о приостановлении действия или досрочной отмене аттестата аккредитации.

Система аккредитации предусматривает повторную аккредитацию и доаккредитацию.

**Повторная аккредитация** проводится не реже чем раз в пять лет. Продление действия аттестата аккредитации возможно без повторной аккредитации. Решение об этом принимает аккредитирующий орган по результатам инспекционного контроля.

**Доаккредитация** — это аккредитация в дополнительной области деятельности. Этой процедуре подвергается аккредитованная организация, которая претендует на расширение своей области деятельности.

Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) оформляет результаты исследований (испытаний, измерений, анализа) соответствующими протоколами, на основании которых орган по сертификации принимает решение о выдаче или об отказе в выдаче сертификата соответствия.

### 13.4. Сертификационные испытания при аккредитации

Измерения, испытания и контроль являются основными методами оценки соответствия при сертификации. Особенности их применения определяются задачами, которые решает испытательная лаборатория при сертификации.

**Задача испытания** — получение количественных или качественных оценок характеристик продукции, т.е. оценивание способности выполнять требуемые функции в заданных условиях. Эта задача решается в испытательных лабораториях, ее решением является подготовленный протокол испытаний с указанием параметров продукции.

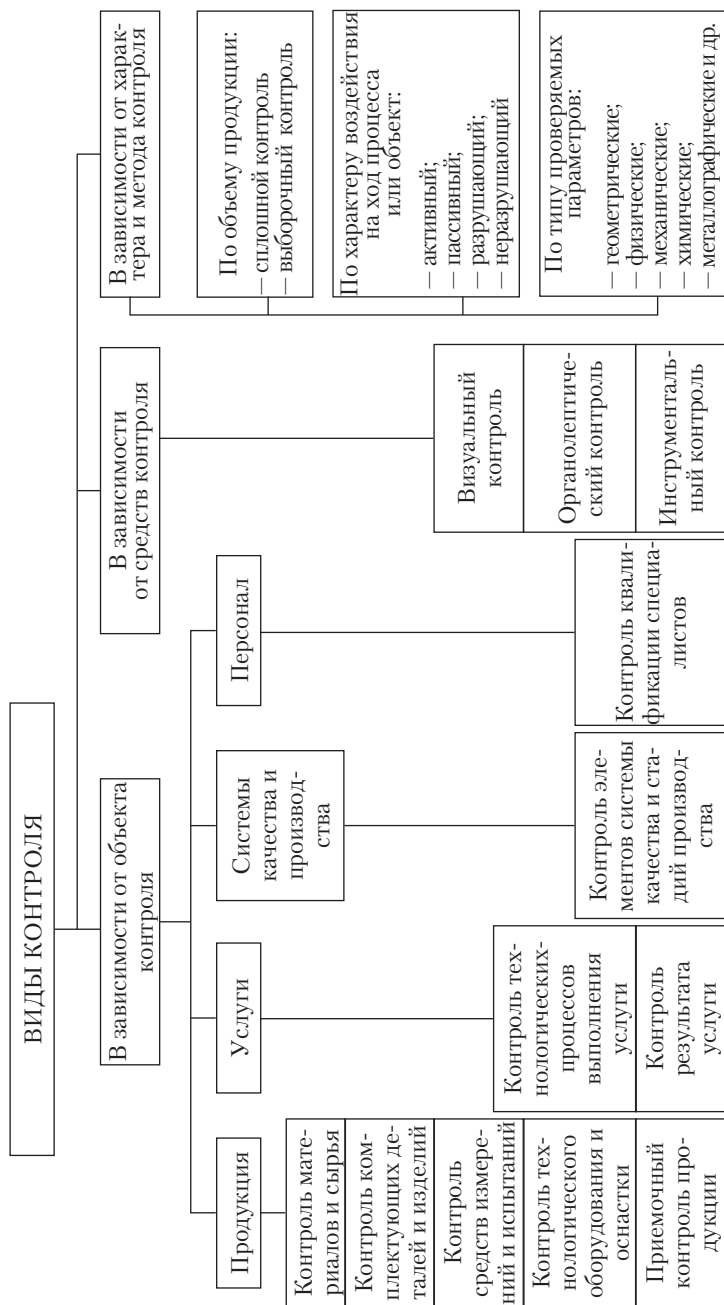
**Задача контроля** — установление соответствия характеристик продукции заданным в нормативных документах требованиям, в том числе и по результатам испытаний. Эту задачу решают эксперты органа по сертификации на основании протокола испытаний. Потому задачу контроля можно назвать задачей экспертной оценки.

При сертификации продукции обе эти операции связаны с измерениями параметров. Системы сертификации систем качества и услуг предусматривают оценку соответствия без применения измерительной техники с помощью визуальных

или органолептических методов (аудиты, проверки, опросы и т.п.). При сертификации персонала осуществляется сертификационный экзамен по установленным правилам.

На рис. 13.3 представлена классификация видов контроля, применяемых при сертификации. В зависимости от объекта контроля может быть контроль продукции, услуг, систем качества (производств) и персонала. Все объекты контролируются на соответствие требованиям норм, установленным на сырье, материалы, изделия, оборудование и инструмент. Одной из важнейших характеристик объектов контроля является их контролепригодность, т.е. свойство конструкции изделия, обеспечивающее возможность, удобство и надежность ее контроля при изготовлении, испытании, техническом обслуживании и ремонте.

Контроль объектов или стадий процесса производства может быть: **летучим** — срок проведения его не регламентирован; **периодическим** — проводится через определенный промежуток времени (часы, сутки, месяцы); **непрерывным** — ведется непрерывно (постоянно). В зависимости от средств контроля различают контроль: **визуальный**, когда объект контроля подвергается осмотру и определяется его соответствие требованиям НТД (все ли операции выполнены, наличие маркировки, сопроводительной документации); **органолептический** — субъективный метод контроля, проводимый специалистами-экспертами (оценка в баллах); **инструментальный** — контроль, осуществляемый при помощи измерительного инструмента, калибров, приборов, стендов, испытательных машин и др. Последний вид контроля может быть ручным, автоматизированным и автоматическим. При ручном контроле используется ручной измерительный инструмент (штангенциркули, микрометры, калибры, скобы, индикаторы и т.д.) для проверки деталей и изделий. Данный контроль весьма субъективен: даже при сплошном контроле вручную обнаруживается лишь 2–4% дефектных деталей. Автоматизированный контроль связан с использованием специальных средств, позволяющих исключить субъективизм при измерении. Наиболее прогрессивным является автоматический контроль, т.е. при изготовлении деталей и узлов встраиваются автоматические средств контроля, с помощью которых осуществляют непрерывный контроль. Этот вид контроля широко применяется при производстве подшипников качения.



*Рис. 13.3. Виды контроля, применяемого при сертификации*



В зависимости от объема продукции различают **сплошной** контроль, при котором решение о качестве контролируемой продукции принимается по результатам проверки каждой единицы продукции; и **выборочный**, при котором решение о качестве принимается по результатам проверки одной или нескольких выборок (в зависимости от требований НТД) из партии или потока продукции.

По характеру воздействия на ход производственного процесса различают активный и пассивный контроль. При **активном** контроле (он осуществляется приборами, встроенный в технологическое оборудование) полученные результаты используются для непрерывного управления процессом изготовления изделий. **Пассивный** контроль лишь фиксирует полученный результат.

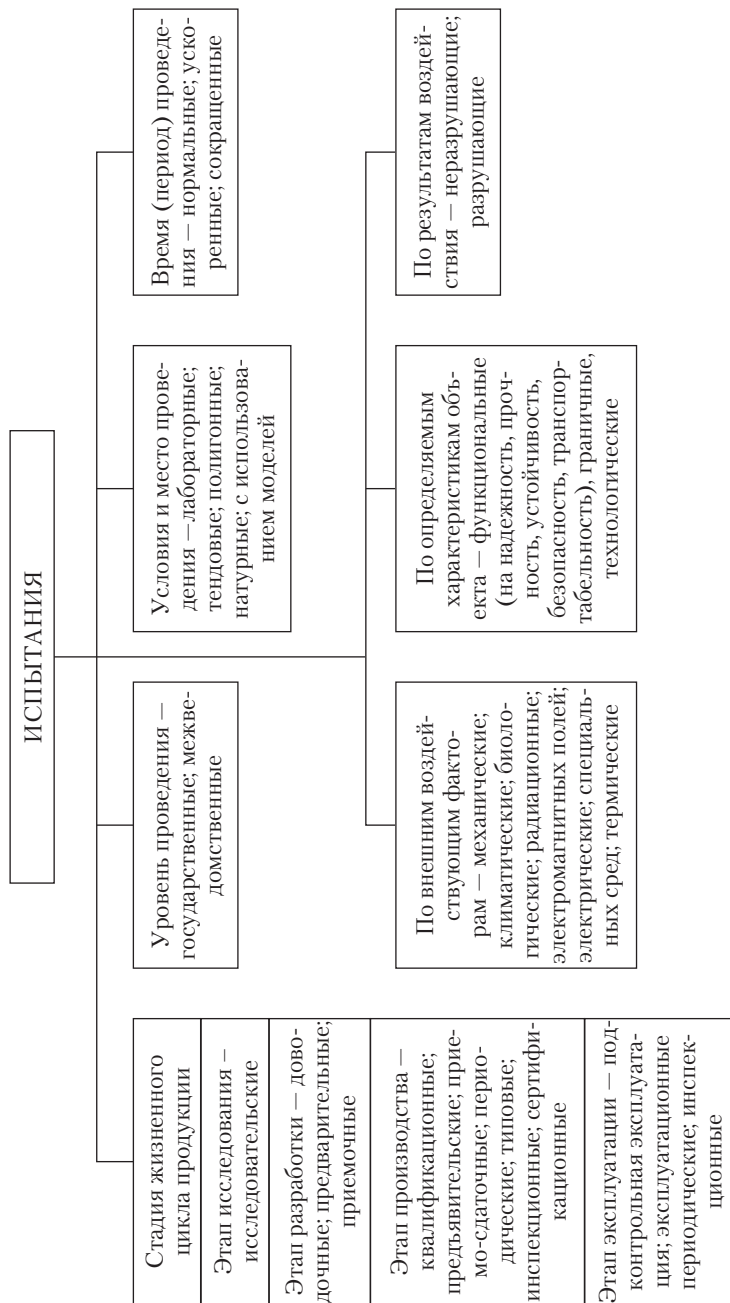
По характеру воздействия на объект контроль может быть **разрушающим**, при котором продукция становится непригодной для дальнейшего использования по назначению, и **неразрушающим**.

По типу проверяемых параметров выделяют контроль **геометрических параметров** (линейные, угловые размеры, форма и расположение поверхностей, осей, деталей и агрегатов и т.д.), **физических свойств** (электрических, теплотехнических, оптических и др.), **механических свойств** (прочность, твердость, пластичность при различных внешних условиях); **микро- и макроструктур** (металлографические исследования); **химических свойств** (химический анализ состава вещества), а также **специальный** контроль (свето-, газонепроницаемость, герметичность и т.д.).

Процесс контроля при сертификации является организованной системой. Ему присущи определенные признаки, характеризующие его целевую направленность, назначение и содержание. Основными элементами процесса контроля являются объект, метод и исполнитель контроля, а также нормативно-техническая документация по контролю.

Испытания продукции — это разновидность контроля, поэтому им также присущ системный подход. В систему испытаний входят следующие основные элементы: объект (изделие, продукция), категория испытания, средства для проведения испытаний и замеров (испытательное оборудование и поверочные или регистрирующие средства), исполнитель испытания, нормативно-техническая документация на испытания (программа, методики).

На рис. 13.4 приведена классификация основных видов испытаний.



*Рис. 13.4. Классификация основных видов испытаний*

В зависимости от стадии жизненного цикла продукции проводятся следующие испытания:

- исследования — исследовательские;
- разработка — доводочные, предварительные, приемочные;
- производство — квалификационные, предъявительские, приемо-сдаточные, периодические, типовые, инспекционные, сертификационные;
- эксплуатация — подконтрольная эксплуатация, эксплуатационные периодические, инспекционные.

**Исследовательские испытания** при необходимости проводят на любых стадиях жизненного цикла продукции. В процессе производства продукции покупные материалы, комплектующие изделия могут подвергаться контрольным испытаниям при входном контроле, а составные части собственного изготовления — при операционном. Исследовательские испытания проводят для изучения поведения объекта при том или ином внешнем воздействующем факторе (ВВФ) или в том случае, если нет необходимого объема информации. Чаще всего это бывает, когда объект недостаточно изучен, например, при исследовательских работах, проектировании, выборе оптимальных способов хранения, транспортирования, ремонта и технического обслуживания.

Исследовательские испытания проводят с целью получения информации о совокупности объектов данного типа. Исследовательские испытания часто проводят как определительные и оценочные. Цель **определительных испытаний** — нахождение значений одной или нескольких величин с заданной точностью и достоверностью. Иногда при испытаниях надо лишь установить факт годности объекта, т.е. определить, удовлетворяет ли данный экземпляр из ряда объектов данного вида установленным требованиям или нет. Такие испытания называются **оценочными**.

Испытания, проводимые для контроля качества объекта, называются **контрольными**. Назначение контрольных испытаний — проверка на соответствие техническим условиям определенных экземпляров комплектующих изделий или составных частей при изготовлении. В результате испытаний полученные данные сопоставляют с установленными в технических условиях и делают заключение о соответствии испытываемого (контролируемого) объекта нормативно-технической документации (документации на поставку комплектующих изделий).

**Доводочные испытания** проводят на стадии НИОКР для оценки влияния вносимых в техническую документацию изменений, чтобы обеспечить достижение заданных значений показателей качества продукции. Необходимость испытаний определяет разработчик либо при составлении технического задания на разработку, либо в процессе разработки; он же составляет программу и методику испытаний.

Испытаниям подвергают опытные или головные образцы продукции и ее составные части. Испытания, как правило, проводит или организует разработчик, привлекая к ним при необходимости изготовителя.

Цель **предварительных испытаний** — определение возможности предъявления образцов на приемочные испытания. Испытания проводят в соответствии со стандартом или принятыми организационно-методическими документами. Программа предварительных испытаний максимально приближена к условиям эксплуатации изделия. Организация проведения испытаний такая же, как и при доводочных испытаниях.

**Приемочные испытания** проводят для определения целесообразности и возможности постановки продукции на производство. Приемочные испытания изделий единичного производства проводят для решения вопроса о целесообразности передачи этих изделий в эксплуатацию. Испытаниям подвергают опытные или головные образцы (партии) продукции. При поставке на производство семейства, гаммы или типоразмерного ряда продукции типовой представитель выбирают исходя из условия возможности распространения результатов его испытаний на всю совокупность продукции. Приемочные испытания проводят аттестованные испытательные подразделения с использованием аттестованного испытательного оборудования.

По видам продукции, не закрепленной за головной организацией по государственным испытаниям, проведение испытаний организует одна из сторон — заказчик (основной потребитель), разработчик или изготовитель при участии других сторон под руководством приемочной комиссии в аттестованных испытательных подразделениях.

При приемочных испытаниях контролируют все установленные в техническом задании значения показателей и требований. Приемочные испытания образцов модернизированной или модифицированной продукции по возможности проводят путем сравнительных испытаний образцов этой продукции и образцов выпускаемой продукции.

**Квалификационные испытания** проводят в следующих случаях: при оценке готовности предприятия к выпуску конкретной серийной продукции, если изготовители опытных образцов и серийной продукции разные, а также при поставке на производство продукции по лицензиям и продукции, освоенной на другом предприятии. В остальных случаях необходимость проведения квалификационных испытаний устанавливает приемочная комиссия.

Испытаниям подвергают образцы из установочной серии (первой промышленной партии), а также первые образцы продукции, выпускаемой по лицензиям и освоенной на другом предприятии.

**Приемо-сдаточные испытания** проводят для принятия решения о пригодности продукции к поставке или ее использованию. Испытаниям подвергают каждую изготовленную единицу продукции или выборку из партии. Испытания проводит служба технического контроля изготовителя с участием в установленных случаях представителя заказчика. При наличии на предприятии государственной приемки приемо-сдаточные испытания проводят ее представители. При испытаниях контролируют значения основных параметров и работоспособность изделия. При этом контроль установленных в НТД показателей надежности изделий может осуществляться косвенными методами.

Порядок испытаний установлен в государственном стандарте общих технических требований или технических условиях, а для продукции единичного производства — в техническом задании.

**Периодические испытания** проводят с целью:

- периодического контроля качества продукции;
- контроля стабильности технологического процесса в период между очередными испытаниями;
- подтверждения возможности продолжения изготовления изделий по действующей документации и их приемки;
- подтверждения уровня качества продукции, выпущенной в течение контролируемого периода;
- подтверждения эффективности методов испытаний, применяемых при приемочном контроле.

Периодические испытания предназначены для продукции установившегося серийного (массового) производства. При их проведении контролируют значения показателей, которые зависят от стабильности технологического процесса, но не проверяются при приемо-сдаточных испыта-

ниях. Для испытаний предоставляют образцы продукции, отобранные в соответствии с государственными стандартами, техническими условиями и прошедшие приемо-сдаточные испытания.

Программа периодических испытаний разнообразна и максимально приближена к условиям эксплуатации.

**Типовые испытания** — контроль продукции одного типоразмера, по единой методике, который проводят для оценки эффективности и целесообразности изменений, вносимых в конструкцию или технологический процесс. Испытаниям подвергают образцы выпускаемой продукции, в конструкции или технологический процесс изготовления которых внесены изменения. Проводит эти испытания изготовитель с участием представителей государственной приемки или испытательная организация. Программу испытаний устанавливают в зависимости от характера внесенных изменений.

**Инспекционные испытания** осуществляют выборочно с целью контроля стабильности качества образцов готовой продукции и продукции, находящейся в эксплуатации. Их проводят специально уполномоченные организации (органы госнадзора, ведомственного контроля, организации, осуществляющие внешнеторговые операции, и др.) в соответствии с НТД на эту продукцию по программе, установленной организацией, их выполняющей, или согласованной с ней.

**Сертификационные испытания** проводят для определения соответствия продукции требованиям безопасности и охраны окружающей среды, а в некоторых случаях — и важнейших показателей качества продукции: надежности, экономичности и т.д.

Сертификационные испытания — элемент системы мероприятий, направленных на подтверждение соответствия фактических характеристик продукции требованиям НТД. Сертификационные испытания, как правило, проводят независимые от производителя испытательные центры. По результатам испытаний выдается сертификат или знак соответствия продукции требованиям НТД. Сертификация предполагает взаимное признание результатов испытаний поставщиком и потребителем продукции, что особенно важно при внешнеторговых операциях.

Программу и методы испытаний устанавливают в сертификационной документации и указывают в положении по сертификации данного вида продукции с учетом особенностей ее изготовления, испытаний и поставки.

**Подконтрольную эксплуатацию** проводят для подтверждения соответствия продукции требованиям НТД в условиях ее применения, получения дополнительных сведений о надежности, рекомендаций по устранению недостатков, повышению эффективности применения, а также для получения данных, которые учитывались бы при последующих разработках. Для подконтрольной эксплуатации выделяют образцы, которым создают условия, близкие к эксплуатационным. Для серийной продукции предпочтительно ставить на подконтрольную эксплуатацию образцы, прошедшие квалификационные или периодические испытания. Результаты подконтрольной эксплуатации (сведения об отказах, техническом обслуживании, ремонте, расходе запасных частей и др.) потребитель вносит в извещение, которые отправляет изготовителю (разработчику), или в журнал на месте эксплуатации.

**Эксплуатационные периодические испытания** проводят для определения возможности или целесообразности дальнейшей эксплуатации (применения) продукции в том случае, если изменение ее показателя качества может создать угрозу безопасности, здоровью человека, окружающей среде или привести к снижению эффективности ее применения. Испытаниям подвергают каждую единицу эксплуатируемой продукции через установленные интервалы наработки или календарного времени. Испытания проводят органы госнадзора в соответствии с положением о них или потребитель. При испытаниях контролируют соответствие продукции нормам и требованиям по безопасности и экологии, установленным в НТД (стандартах, инструкциях, правилах), а также нормам и требованиям, определяющим эффективность ее применения и приведенным в эксплуатационных документах.

Допускается совмещать следующие категории испытаний:

- предварительные с доводочными;
- приемочные с приемо-сдаточными — для продукции единичного производства;
- приемочные с квалификационными — при приемочных испытаниях головных или опытных образцов (опытных партий) с подготовленным технологическим процессом для серийного производства на этом этапе;
- периодические с типовыми — при согласии заказчика (основного потребителя), кроме продукции, подлежащей государственной приемке;
- сертификационные с приемочными и периодическими.

При проведении испытаний необходимо обеспечить их единство, т.е. необходимую точность, воспроизводимость и достоверность результатов испытаний. Обеспечение единства испытаний направлено на устранение расхождений в результатах повторных испытаний у поставщика и потребителя и сокращения объема повторных испытаний. При этом главной целью испытаний являются безусловная достоверность и полнота получаемой при испытаниях информации о качестве продукции.

Работы по обеспечению единства испытаний организуются министерствами под методическим руководством Ростехрегулирования через головные организации по государственным испытаниям продукции, головные и базовые организации по стандартизации, контрольно-испытательные и метрологические службы объединений, предприятий, организаций. Технической основой обеспечения единства испытаний являются аттестованное испытательное оборудование и поверенные средства измерений, средства аттестации и поверки.

По условиям и месту проведения различают испытания:

- **лабораторные**, осуществляемые в лабораторных условиях;

- **стендовые**, проводимые на испытательном оборудовании в испытательных или научно-исследовательских подразделениях. Испытательное оборудование может выпускаться серийно, например, вибрационные стенды для испытаний на вибрацию, ударные стенды и др., а может специально разрабатываться (проектироваться и изготавливаться) в процессе создания нового изделия для его испытания с целью получения каких-либо характеристик (показателей);

- **полигонные**, выполняемые на испытательном полигоне, например, испытания автомобилей;

- **натурные** — испытания в условиях, соответствующих условиям его использования по прямому назначению. В данном случае испытываются не составные части изделия или его модель, а только непосредственно изготовленная продукция. Характеристики свойств изделия при натурных испытаниях определяются непосредственно без использования аналитических зависимостей, отражающих физическую структуру объекта испытаний или его частей;

- **испытания с использованием моделей** проводятся на физической модели (упрощенной, уменьшенной) изделия или его составных частей; иногда при этих испытаниях возникает необходимость в проведении расчетов на математических



и физико-математических моделях в сочетании с натурными испытаниями объекта и его составных частей.

По продолжительности, а вернее, по временной полноте проведения испытания могут быть:

- **нормальными**, когда методы и условия проведения обеспечивают получение необходимого объема информации о характеристиках свойств продукции (объекта) в такой же интервал времени, как и в предусмотренных условиях эксплуатации;

- **ускоренные**, когда методы и условия проведения обеспечивают получение необходимой информации о характеристиках свойств объекта в более короткий срок, чем при нормальных испытаниях. Проведение ускоренных испытаний позволяет сокращать затраты средств и времени на создание продукции. Ускорение получения результатов испытаний может быть достигнуто за счет применения повышенных нагрузок, увеличения температур при термических испытаниях и т.д.;

- **сокращенные**, проводимые по сокращенной программе.

По результату воздействия, как и в методах контроля, различают испытания:

- **неразрушающие** — объект испытаний после проведения испытаний может функционировать (эксплуатироваться);

- **разрушающие** — объект после проведения испытаний не может быть использован для эксплуатации.

Наконец, по определяемым характеристикам объекта различают испытания:

- **функциональные** — проводятся с целью определения показателей назначения объекта;

- на **надежность** — осуществляются для определения показателей надежности в заданных условиях;

- на **прочность** — проводятся для установления значений воздействующих факторов, при которых определенные характеристики объекта выходят за установленные пределы;

- на **устойчивость** — выполняются для контроля способности изделия реализовывать свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм, установленных НТД, во время воздействия на него определенных факторов (агрессивных сред, ударной волны, электрического поля, радиационных излучений и т.д.);

- на **безопасность** — проводятся с целью подтверждения, установления фактора безопасности для обслуживаемого персонала или лиц, имеющих отношение к объекту испытаний;

- на **транспортабельность** — осуществляются с целью определения возможности транспортирования объекта в той или иной таре без нарушения объекта выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм;

- **граничные** — проводятся для определения зависимостей между предельно допустимыми значениями параметров объекта и режимом эксплуатации;

- **технологические** — выполняются при изготовлении продукции с целью обеспечения ее технологичности.

В руководстве ИСО/МЭК 2 дано следующее определение термина «испытание»: **техническая операция**, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой.

Основными составляющими процесса испытаний являются следующие.

1. **Объект испытаний** — продукция, подвергаемая испытаниям. Главным признаком объекта испытаний является то, что по результатам испытаний принимается решение именно по этому объекту: о его годности или браковке, возможности предъявления на последующие испытания, возможности серийного выпуска и т.п. Характеристики свойств объекта при испытаниях можно определить путем измерений, анализов, диагностирования, применения органолептических методов или регистрации определенных событий при испытаниях (отказы, повреждения) и т.д.

При испытаниях характеристики свойств объекта либо оценивают, либо контролируют. В первом случае задачей испытаний является получение количественных или качественных оценок свойств объекта; во втором — только установление соответствия характеристик объекта заданным требованиям.

2. **Условия испытаний** — это совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях. Условия испытаний могут быть реальными или моделируемыми, предусматривать определения характеристик объекта при его функционировании и отсутствии функционирования, при наличии воздействий или после их приложения.

3. **Средства испытаний** — это технические устройства, необходимые для проведения испытаний. Сюда входят средства измерений, испытательное оборудование и вспомогательные технические устройства.

4. **Исполнители испытаний** — это персонал, участвующий в процессе испытаний. К нему предъявляются требования по квалификации, образованию, опыту работы, другим критериям.

Нормативно-методическую основу процесса испытаний составляют:

- комплекс стандартов, регламентирующих организационно-методические и нормативно-технические основы испытаний;
- комплекс стандартов системы разработки и постановки продукции на производство;
- комплекс стандартов государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ);
- нормативно-технические и технические документы, регламентирующие требования к продукции и методам ее испытаний;
- нормативно-технические документы, регламентирующие требования к средствам испытаний и порядок их использования.

Основным документом, определяющим качество технологического процесса испытаний, является методика испытаний.

В зависимости от свойства, которое характеризуется тем или иным показателем, различают показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

**Безотказность** — свойства объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Безотказность свойственна объекту в той или иной степени в любом из возможных режимов его существования — не только в режиме работы объекта, но и зачастую при его хранении и транспортировании.

**Долговечность** — свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Объект может перейти в предельное состояние, оставаясь работоспособным, если, например, его дальнейшее применение по назначению станет недопустимым по требованиям безопасности, экономичности, эффективности и безвредности.

**Ремонтпригодность** — свойство объекта сохранять и восстанавливать работоспособное состояние путем проведения технического обслуживания или ремонтов. Ремонтпригодность представляет собой сложное свойство, заключающееся

в приспособленности объекта к проведению технических обслуживаний или ремонтов, а также учитывающее потребность в проведении технических обслуживаний и ремонтов. Затраты времени и труда определяются в заданных условиях выполнения операций технического обслуживания и ремонта в части организации технологии, материально-технического обеспечения, квалификации персонала и т.д.

**Сохраняемость** — свойство объекта сохранять значения показаний безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение срока хранения, а также после него и транспортирования. Сохраняемость объекта характеризуется его способностью противостоять отрицательному влиянию условий и продолжительности хранения и транспортирования на его безотказность, ремонтпригодность и долговечность. Сохраняемость представляют в виде двух составляющих, одна из которых проявляется во время хранения, а другая — во время применения объекта после хранения и транспортирования.

Очевидно, что продолжительное хранение и транспортирование в необходимых условиях для многих объектов могут отрицательно влиять не только на их поведение во время хранения, но и при последующем применении объекта. Вторая составляющая сохраняемости имеет особенно существенное значение.

В зависимости от характера требований к надежности, сформулированные в техническом задании на вновь разрабатываемые изделия, применяют различные методы проведения испытаний на надежность. Основными из них являются:

- **определяющие испытания**, в результате которых определяют числовые значения показателей надежности (например, средняя наработка на отказ — 150 ч);
- **контрольные испытания**, в результате которых устанавливают, что значения показателей надежности испытываемого изделия не ниже (или не выше) некоторого значения с определенной (обычно заданной в техническом задании) вероятностью (например, средняя наработка на отказ не меньше 150 ч с вероятностью 0,9). Такая оценка не менее информативна по сравнению с оценкой при определяющих испытаниях, но и она часто удовлетворяет практически запросы, а главное — требует значительно меньших затрат времени и средств на проведение испытаний.

Для целей сертификации в основном применяют определяющие испытания на надежность. Их классификация приведена на рис. 13.5 [15].

Здесь в зависимости от плана и организации их проведения **определяющие испытания** делятся на следующие основные группы:

*NUN* — испытания, при которых проверяются *N* изделий без восстановления отказавших в процессе контроля до отказа всех *N* изделий, установленных на испытания (*U* означает, что в процессе испытаний отказавшие изделия не восстанавливаются);

*NUT* — испытания, при которых проверяются *N* изделий на протяжении времени *T* без замены изделий отказавших за это время;

*NUr* — испытания, при которых проверяются *N* изделий без восстановления отказавших изделий до появления *r* отказов;

*NRT, NRr* — испытания, которые проводятся с восстановлением отказавших изделий.

Создавая испытательные лаборатории (центры), стараются сделать их многопрофильными с несколькими органами по сертификации. Так, например, испытательный центр «МЦК-Испытания» (аттестат аккредитации РОСС RU.9001.21СЛ84 от 16 марта 2006 г.) создан на базе лаборатории при институтах и предприятиях первого наукограда России г. Обнинска. При испытательном центре работают четыре органа по сертификации, аккредитованных в системах сертификации ГОСТ Р (Ростехрегулирование), ГОСТ Р (Росстрой), «Росстройсертификация» и «Росжилкоммунсертификация».

Испытательная лаборатория в своей работе применяет новейшие методы испытаний, а программа испытаний включает в себя все этапы, необходимые для того, чтобы сертификационные испытания выполнялись на самом высоком уровне. «МЦК-Испытания» — это независимая лаборатория, поэтому техническое освидетельствование, равно как и другие испытания, имеют объективную оценку.

Все протоколы испытаний соответствуют государственному образцу, поэтому результаты испытаний являются официальными. В центре работает аккредитованная лаборатория, что является залогом качества испытания продукции. Лаборатория качества, кроме того, проводит испытания оборудования, которые подтверждаются актом испытаний государственного образца.

Испытательный центр проводит все виды сертификационных испытаний, требуемых ГОСТом для следующего перечня

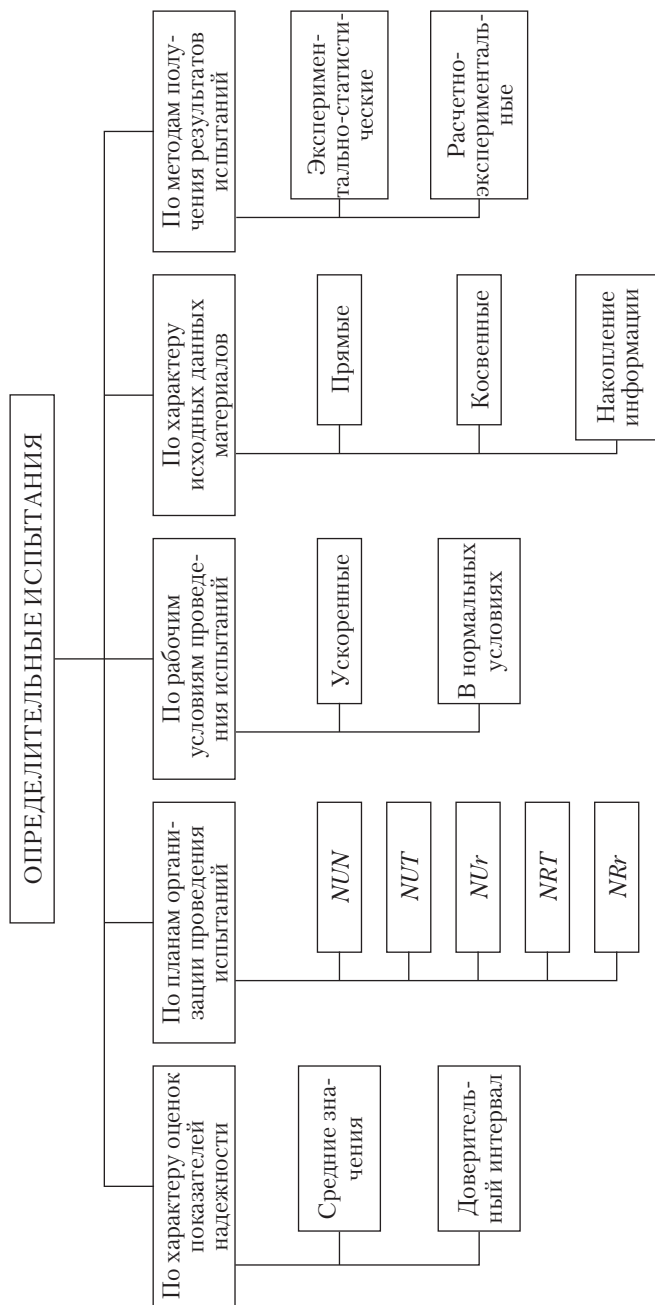


Рис. 13.5. Классификация определительных испытаний на надежность

продукции: машиностроительного комплекса; химическая и резинотехническая; электрооборудование; лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности; строительного назначения..

Испытательная лаборатория «МЦК-Испытания» проводит: сертификационные и периодические испытания продукции; предлицензионную и предсертификационную подготовку организаций; разработку технологических документов и документов системы качества; оформление протоколов испытаний, сертификатов соответствия, пожарной безопасности и гигиенических заключений на продукцию. В перечень услуг испытательной лаборатории входит также техническое освидетельствование (экспертиза) объектов недвижимости и технический надзор.

По окончании работ выдается акт испытаний, т.е. официальный документ, подтверждающий соответствие продукции или оборудования определенным стандартам или техническим регламентам.

На середину 2006 г. в России было зарегистрировано 2515 испытательных лабораторий, среди которых 48 зарубежных. Среди испытательных лабораторий (центров) традиционно наибольшее число (около 30%) имеют в своей области аккредитации продовольственное сырье и пищевая продукция, затем идут электрооборудование (более 10%) и нефтепродукты (около 7%). Комплексная область аккредитации утверждена только в 5% испытательных лабораторий.

### Контрольные вопросы и задания

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 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 сертификации?
8. Назовите основные функции ответственного за испытательное оборудование в лаборатории.

9. Какие требования предъявляются к помещению испытательной лаборатории?
10. Перечислите основные этапы сертификации испытаний. В чем заключается их содержание?
11. Какая информация должна быть отражена в протоколе испытаний?
12. Что такое проведение испытаний на условиях субподряда?
13. Какие группы нормативной документации должны быть в аккредитованной испытательной лаборатории?
14. Что такое аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий?
15. Перечислите этапы процесса аккредитации.
16. Каковы основные требования, предъявляемые к органу аккредитации?
17. Назовите цели и принципы аккредитации.
18. Охарактеризуйте национальную систему аккредитации.
19. Дайте понятие определительным испытаниям.



## Глава 14

# СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ОТРАСЛЯМ ЭКОНОМИКИ

### 14.1. Сертификация систем качества

Одна из основных целей деятельности по стандартизации, метрологии и подтверждению соответствия (сертификации) — обеспечение качества продукции и услуг. Данную цель отражает триада методов и видов деятельности по обеспечению качества, характерно представленная графически на рис. 14.1.

Нельзя не вспомнить высказывание русского философа и мыслителя И. А. Ильина (1883—1954): «...русскому народу есть только один исход и одно спасение — возвращение к качеству и его культуре. Ибо количественные пути исхожены, выстраданы и разоблачены, и количественные иллюзии на наших глазах изживаются до конца». Весьма современно!

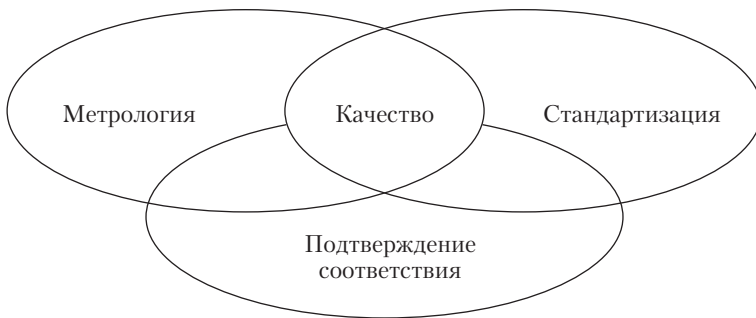


Рис. 14.1. Триада методов и видов деятельности по обеспечению качества

**Качество** — совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности в соответствии с его назначением.

**Система качества** — совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством (ГОСТ Р ИСО 8402—94. «Управление качеством и обеспечение качества. Словарь»). Система качества — это прежде всего такой способ организации дела на предприятии, который позволяет поставлять потребителю продукцию, которая отвечает его требованиям.

Современная система качества основывается на двух подходах: техническом (инженерном) и управленческом (административном).

Технический подход базируется на требованиях стандартов на продукцию и предусматривает применение статистических методов, методов метрологии и других научных методов, используемых для оценки стабильности производственных процессов и обеспечения достоверности результатов измерений, контроля и испытаний продукции.

Управленческий подход базируется на требованиях стандартов ИСО серии 9000, принципах и методах менеджмента — «координированной деятельности по руководству и управлению организацией». В широком смысле она охватывает структуру организации, документацию, производственные процессы и ресурсы для достижения целей в области качества продукции и удовлетворения требований потребителей.

Одновременно с анализом данных, поступивших от заявителя, комиссия может организовывать при необходимости сбор и анализ дополнительных сведений о качестве продукции, на которую распространяется система качества, из независимых источников (органов государственного надзора и контроля, территориальных органов Ростехрегулирования, обществ потребителей, гарантийных мастерских и др.). Этап предварительной оценки системы качества завершается подготовкой письменного заключения о возможности проведения второго этапа сертификации системы качества.

Этапы сертификации систем качества показаны на рис. 14.2.

Сейчас во многих странах существенное значение приобрела добровольная сертификация систем качества предприятий на соответствие требованиям международных стандартов серии ИСО 9000. Международной организацией по стандартизации ИСО утверждена серия 9000 международных стандартов, устанавливающих требования к систе-



Рис. 14.2. Этапы сертификации систем качества и их содержание

мам обеспечения качества. Стандарты серии 9000, принятые многими странами, оказали большое влияние на обеспечение качества и постоянно совершенствуются.

В версии 2001 г. в Российской Федерации приняты следующие стандарты ИСО:

- ГОСТ Р ИСО 9000—2001 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»;
- ГОСТ Р ИСО 9001—2001 «Системы менеджмента качества. Требования»;
- ГОСТ Р 9004—2001 «Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности».

Последующие редакции международных стандартов серии ИСО 9000 состоят из ряда стандартов, 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.

Для организационно-практической деятельности по сертификации систем качества в России введен в действие ГОСТ Р 40.001—95 «Правила по проведению сертификации систем качества в Российской Федерации». Соблюдение этих Правил является обязательным условием регистрации в Государственном реестре систем сертификации и знаков соответствия. Все предусмотренные Правилами процедуры и требования к сертификации систем качества служат созданию уверенности в том, что сертифицированные системы обеспечивают выпуск продукции или оказание услуги на уровне, установленном стандартами или контрактом.

Утвержден блок государственных стандартов, ставших нормативно-методической основой регистра систем качества:

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»;

ГОСТ Р 40.005—2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Инспекционный контроль за сертифицированными системами качества и производствами».

ГОСТ Р 40.002—2000 применяется при проведении работ по добровольной и обязательной сертификации в системе сертификации ГОСТ Р, причем его требования обязательны для всех организаций, пожелавших сертифицировать систему качества в регистре.

ГОСТ Р 40.005—2000 устанавливает процедуры:

- проведения инспекционного контроля сертифицированных систем качества (производств);
- взаимодействия органов по сертификации систем качества (производств) и заявителей в период проведения инспекционного контроля;
- проведения инспекционного контроля;
- принятия решений по результатам проведенного инспекционного контроля;
- взаимодействия органов по сертификации с Техническим центром Регистра систем качества.

На основе представленных документов Технический центр Регистра регистрирует сертификат соответствия системы качества и направляет подписанные документы с уведомлением о принятом решении органу по сертификации для вручения их заявителю.

Инспекционный контроль за сертифицированными системами качества устанавливают на весь период действия сертификата и проводят не менее одного раза в год. Цель контроля состоит в подтверждении того, что система качества продолжает соответствовать требованиям, которые предъявлялись к ней при сертификационной проверке.

Основными направлениями деятельности Регистра систем качества являются: сертификация систем качества; сертификация производств; инспекционный контроль за сертифицированными системами качества и производствами; международное сотрудничество в интересах взаимного признания сертификатов на системы качества.

Структура Регистра систем качества Системы сертификации ГОСТ Р приведена на рис. 14.3.

Критерии принятия решения об одобрении (неодобрении) системы качества определяются правилами системы сертификации. В ГОСТ Р 40.004—96 «Система 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



Рис. 14.3. Структура Регистра систем качества Системы сертификации ГОСТ Р

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 системе качества. На этом этап практической оценки соответствия при сертификации систем качества заканчивается.

Дальнейшее совершенствование понимания, оценки, обеспечения и гарантирования качества идет по пути расширения масштабов работ, повышения безопасности производств для окружающей среды, учета специализации различных областей деятельности и предоставления результатов качества всему обществу, всем направлениям жизнедеятельности. Вместе с тем, несмотря на весьма значительные успехи тех, кто использует системы качества по стандартам ИСО серии 9000, все большее значение в промышленности придается развитию систем качества путем реализации принципа ТQM (англ. Total Quality Management) — **всеобщего менеджмента качества**. Этот принцип был заложен в 90-е гг. XX в. В стандартах ИСО 9000 в версии 2001 г. используется ряд принципов ТQM. Стандарты новой версии будут совместимы со стандартами ИСО серии 14000 на системы управления окружающей средой.

Стандарты ИСО серии 9000 сформировали концепцию универсального управления качеством, отличительной особенностью которой стала сертификация производств.

Качество прошло путь от приемочного контроля продукции (начало прошлого века) через ее сертификацию (1950-е гг.), сертификацию производств (1980-е гг.) к сертификации систем менеджмента качества в концепции ТQM (с 1990-х гг.), т.е. от контроля к обеспечению.

Участниками проверки при сертификации систем качества являются: проверяемая организация (заявитель), эксперты органа по сертификации и консультанты, объединенные в комиссию.

**Заявитель** должен: заявить цель сертификации; определить область сертификации, стандарт серии ИСО 9000 или документ на систему качества, на соответствие которому она должна про-

водиться; оформить и подать заявку на проведение сертификации системы качества в орган по сертификации (или Регистр систем качества); согласовать программу проведения проверки с органом по сертификации; назначить своего представителя, полномочного решать все вопросы, связанные с организацией и проведением проверки; по просьбе экспертов предоставлять им доступ к необходимым объектам проверки (оборудованию, персоналу, документации и др.); осуществлять корректирующие действия на основании акта и отчета о проверке; оплатить все расходы, связанные с проведением проверки и сертификации в целом, независимо от их результатов.

Комиссия, осуществляющая проверку системы качества, формируется из нескольких или даже одного эксперта в зависимости от масштаба проверяемой организации или других условий. Комиссию возглавляет главный эксперт (председатель комиссии). В состав комиссии не могут быть включены представители проверяемой организации, а также представители организаций, заинтересованных в результатах сертификации.

**Комиссия** должна: осуществлять работу в рамках назначения проверки; проводить экспертизу объективно; собирать и анализировать факты, которые имеют непосредственное отношение к проверке и являются достаточными для того, чтобы сделать выводы относительно состояния проверяемой системы качества или ее элементов; излагать результаты проверки ясно, убедительно; вовремя представлять акты и отчеты о проверке.

## 14.2. Сертификация производства

Для потребителя система качества предприятия является аргументом доверия к этому предприятию, гарантом того, что он получит ту продукцию, которая действительно ему необходима. В мировой практике многие фирмы осуществляют взаимоотношения со своими поставщиками на основе систем качества на базе сертификации производства.

**Сертификация производства** представляет собой действие независимой, компетентной организации (третьей стороны), доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что соответствующим образом идентифицированное производство и его условия обеспечивают стабильность определенных качественных характеристик производимой продукции, работ или услуг, установленных нормативными документами.



В качестве основных стимулов, побуждающих предприятия к сертификации своих производств, можно назвать следующие:

- выполнение основного этапа сертификации системы качества. Сертификацию производства можно считать либо самостоятельной процедурой, либо составной частью системы обеспечения качества (так же, как и схемы сертификации, продукции);

- повышение конкурентоспособности продукции и облегчение ее выхода на мировой рынок;

- сокращение затрат на испытания на этапе инспекционного контроля за сертифицируемой продукцией, так как сертификация продукции по схеме 5 (сертификация производства) предусматривает возможность уменьшения частоты или даже полного исключения инспекционных испытаний.

Требования к сертифицируемым производствам регламентируют стандарты серии ИСО 9000 и ГОСТ Р 40.004—96 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации производств».

При сертификации производства оценке подвергаются следующие объекты:

- продукция предприятия (оценка качества продукции в сфере реализации и потребления, анализ обнаруженных дефектов);

- технология производства (технологические процессы, транспортировка, хранение, упаковка);

- технический контроль и испытания (входной, операционный, приемочный контроль; все виды испытаний);

- техническое обслуживание и ремонт оборудования, оснастки, поверка контрольно-измерительных приборов.

Сертификация производства осуществляется в шесть этапов: представление заявки на сертификацию, предварительная оценка исходных материалов, составление программы сертификации, проверка производства, оформление сертификата соответствия и инспекционный контроль за сертифицированным производством.

### 14.3. Сертификация пищевых продуктов

Сертификация производства пищевых продуктов и товаров текстильной и легкой промышленности несколько отличается

от системы сертификации в машиностроении (приборостроении).

Система сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья является составной частью Системы ГОСТ Р. Правила, предусмотренные Системой, могут применяться как для обязательной, так и добровольной сертификации.

Система характеризуется рядом особенностей:

а) большой территориальной рассредоточенностью изготовителей и потребителей;

б) большой разнородностью пищевой продукции;

в) относительной слабостью обеспечения нормативной документацией, что объясняется тем, что основной фонд стандартов (их более 1000 для пищевых продуктов) создавался до введения Системы сертификации, а также отсутствием российских нормативных документов на импортную продукцию.

Инфраструктура Системы сертификации пищевой промышленности включает:

- центральный орган Системы — Управление стандартизации и сертификации продукции пищевой, легкой промышленности и сельскохозяйственного производства Ростехрегулирования;

- Координационный совет, в состав которого входят представители ведущих отраслевых НИИ агропромышленного комплекса, Минздравсоцразвития России, федеральных органов исполнительной власти: Минздравсоцразвития России, Росрыболовства, Минсельхоза России, Росрезерва, Государственной хлебной инспекции и др.;

- Научно-методический центр Системы на базе Всероссийского НИИ сертификации (ВНИИС);

- комиссию по апелляциям;

- более 300 органов по сертификации и 800 испытательных лабораторий по всей стране.

Организационно-методической основой для проведения сертификации продукции в Системе являются ПР 50.2.004—99 «Правила проведения сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья».

Нормативную базу Системы сертификации пищевой продукции составляют законодательные акты, государственные стандарты, санитарные нормы и правила, устанавливающие критерии безопасности и качества продуктов питания (содержание загрязнителей химического, биологического или природного происхождения — всего порядка 2500 наименований).

Что касается применения установленных схем сертификации, то пищевая продукция может быть сертифицирована по одной из схем, принятых в Системе ГОСТ Р и международной практике сертификации. Подтверждение соответствия продукции может также производиться посредством принятия изготовителем (продавцом, исполнителем) декларации о соответствии. Перечни продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии, и порядок ее принятия утверждаются Правительством РФ.

При сертификации продуктов животноводства необходимо наличие ветеринарного свидетельства, выданного организациями Департамента ветеринарии Минсельхоза России.

В последние годы в мире внедряется система ХАССП (англ. НАССР — Hazard Analysis and Critical Control Points, в переводе — анализ рисков и критические контрольные точки), которая является основной моделью управления качеством и безопасностью пищевых продуктов в промышленно развитых странах мира.

Принципы ХАССП были впервые сформулированы в США почти 30 лет назад, и вот уже 15 лет системы ХАССП в этой стране внедрены повсеместно.

Важной вехой в развитии систем ХАССП явилось принятие в 1993 г. Директивы 93/43/ЕЭС «О гигиене пищевых продуктов», которая обязала страны-члены разработать национальные нормативные документы по ХАССП. В результате в большинстве экономически развитых стран мира появились свои нормативные документы, в соответствии с которыми пищевые предприятия могут создавать системы ХАССП и подтверждать их соответствие требованиям этих документов. Так, в России действует национальный стандарт ГОСТ Р 51705.1—2001 «Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования», введенный в действие Ростехрегулированием в 2001 г.

Процессы глобализации мировой экономики обусловили необходимость появления международного стандарта, устанавливающего единые требования к системам ХАССП и максимально гармонизированного с положениями уже действующих стандартов на системы менеджмента — ИСО 9000 и ИСО 14000. Такой документ был разработан и утвержден в сентябре 2005 г. — это стандарт ИСО 22000 «Система менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования». Стандарт распространяется на всех участни-

ков цепочки создания пищевой продукции, к которым относятся:

- производители сельскохозяйственной продукции (первичное производство);
- производители кормов;
- производители пестицидов, удобрений и ветеринарных препаратов;
- пищевые предприятия — изготовители товарной пищевой продукции;
- производители упаковки;
- производители оборудования и средств технологического оснащения;
- сервисные организации;
- дистрибьюторы и торговые организации;
- склады и холодильники;
- транспортные фирмы.

Стандарт направлен на достижение следующих целей:

- предотвращение или снижение до приемлемого уровня рисков возникновения опасностей для жизни и здоровья потребителей пищевой продукции и продовольственного сырья;

- повышение стабильности их качества за счет упорядочения и координации работ по управлению рисками при производстве, хранении, транспортировке и реализации на основе принципов ХАССП;

- содействие проведению государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований стандартов в процессе производства за счет установления обособленной номенклатуры критических контрольных точек в технологическом процессе и системы их мониторинга.

Стандарт ИСО 22000, как и предшествующие ему национальные стандарты на систему ХАССП, в том числе и ГОСТ Р 51705.1—2001, рассматривает только вопросы обеспечения безопасности продукции, что относится к компетенции государства, поэтому государство может потребовать его соблюдения.

Для устранения риска или возможности его появления необходимо выявлять критические контрольные точки (ККТ). При этом рассматриваемые операции производства пищевых продуктов могут охватывать поставку сырья, его переработку, подбор ингредиентов, хранение готовой продукции, ее транспортировку, складирование и реализацию. ККТ — это момент, стадия или операция, на которых возможен контроль с целью предотвращения, устранения или снижения до

допустимого уровня рисков, чреватых заражением продуктов питания. Информация, полученная в результате анализа рисков, призвана помочь определить, какие именно этапы технологического процесса представляют собой ККТ. Идентификация ККТ особенно важна с точки зрения контроля за рисками микробиологического заражения на всем протяжении производственного процесса, поскольку именно такие риски являются основной причиной заражения человека через продукты питания.

Необходимость учета опасного фактора определяют в зависимости от вероятности его реализации и тяжести последствий. При этом экспертным путем принимают один из четырех вариантов тяжести последствий:

- 1) легкая (отсутствует потеря трудоспособности);
- 2) незначительная: средней тяжести (возможна потеря трудоспособности в течение нескольких дней);
- 3) значительная: тяжелая (потеря трудоспособности на длительный срок или получение инвалидности II группы);
- 4) высокая: критическая (получение инвалидности I и II группы или летальный исход).

**Критические контрольные точки** определяют, проводя анализ отдельно по каждому показателю или группе показателей одного свойства и рассматривая последовательно все операции, включенные в блок-схему процесса. ГОСТ Р 51705.1–2001 рекомендует определять ККТ методом «дерева принятия решений».

Особенности пищевой продукции нашли отражение в специфике требований по оформлению сертификатов. Сертификат соответствия оформляется, как правило, на продукцию конкретного наименования. В обоснованных случаях сертификат может быть оформлен на отдельную группу однородной продукции одного изготовителя, включающую несколько наименований.

#### **14.4. Сертификация товаров текстильной и легкой промышленности**

Система сертификации текстильной и легкой промышленности в России сложилась на имеющемся отечественном опыте сертификации данной продукции в рамках Системы ГОСТ Р, а также на зарубежном опыте.

Согласно Закону о защите прав потребителей обязательной сертификации подлежат только те товары текстильной и легкой промышленности, на которые в государственных стандартах и других приравненных к ним нормативных документах установлены требования, обеспечивающие безопасность рассматриваемой продукции для жизни, здоровья и имущества граждан. В настоящее время фонд государственных стандартов на эти товары составляет более 280 наименований документов.

Объектом сертификации является продукция, предназначенная для реализации на товарном рынке РФ, а также поставляемая на экспорт.

Виды объектов обязательной сертификации определяются постановлением Правительства РФ (товары для детей, товары для профилактики и лечения заболеваний, текстильные, швейные и трикотажные изделия, обувь и др.).

Необходимым условием проведения сертификации товаров текстильной и легкой промышленности является соответствие сертифицируемой продукции показателям качества, обеспечивающим ее функциональное использование, и при наличии положительного гигиенического заключения.

Сертификация производится по Правилам сертификации товаров текстильной и легкой промышленности, содержащим перечень показателей, подлежащих подтверждению при сертификации этой продукции. Документ конкретизирует порядок сертификации продукции в Системе ГОСТ Р применительно к продукции текстильной, швейной, меховой, обувной и трикотажной промышленности.

Схему сертификации, как правило, предлагает заявитель. Однако окончательное решение по выбору схемы сертификации принимает орган по сертификации.

Добровольную сертификацию проводят на соответствие требованиям, представленным заявителем и согласованным с органом по сертификации.

## 14.5. Сертификация услуг (работ)

**Услуга** — это результат непосредственного взаимодействия исполнителя и потребителя, а также собственной деятельности исполнителя по удовлетворению запросов потребителя.

Услуги разделяют на материальные, нематериальные (или социально-культурные) и производственные услуги (работы).

Под материальной услугой понимают деятельность ее исполнителя по удовлетворению материальных нужд потребителя. Результатом материальной услуги является, как правило, преобразованная продукция, например, отремонтированный автомобиль (услуги по ремонту автомобилей), сшитая вещь (услуги пошива изделий), проданный товар (услуги торговли), телефонная связь (услуга связи) и т.п.

Нематериальная, или социально-культурная услуга — это деятельность исполнителя услуги по удовлетворению социально-культурных нужд потребителя. Объектом такой услуги является собственно потребитель, например, пациент клиники (медицинские услуги), турист (туристские услуги), пассажир (услуги пассажирского транспорта), посетитель ресторана (услуги общественного питания), бассейн (услуги физической культуры), бани (услуги бань) и др.

Производственная услуга — это услуга по удовлетворению нужд предприятий и организаций. Понятие этой услуги выражается через термин «работа», например, научно-исследовательская, опытно-конструкторская и технологическая работы; наладочные и пусковые, эксплуатационные работы и т.п. Соответствующие процессы называют выполнением работ, оказанием услуг. Они стали объектами сертификации, в частности, вошли в документ Перечень работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации.

На рис.14.4 показана отечественная классификация услуг (работ).

Приведенная классификация еще не гармонизирована с международной классификацией, но она постоянно совершенствуется с регулярно появляющимися новыми видами услуг в современной российской практике сертификации.

В номенклатуру услуг, введенную с 1 октября 1998 г., вошли те виды услуг, по которым имеются утвержденные системы сертификации. В стадии разработки находятся системы сертификации услуг розничной торговли и парикмахерских услуг. Вне сферы обязательной сертификации из-за отсутствия нормативной базы пока остаются такие важнейшие услуги, как услуги рынков и медицинские услуги. Разработано большое число документов для сертификации услуг автосервиса и химчистки. Тем не менее в целом нормативное обеспечение сертификации услуг (работ) еще находится на стадии формирования.



*Рис. 14.4. Современная классификация услуг (работ)*

Состав и функции участников сертификации имеют ряд специфических особенностей. В состав участников Системы сертификации услуг входят:

- руководящий орган Системы сертификации услуг;
- центральные органы Системы сертификации услуг;
- Научно-методический центр стандартизации и сертификации услуг;
- методические центры Системы;
- аккредитованные органы по сертификации и испытательные лаборатории;
- социологические центры (лаборатории, группы специалистов);
- аккредитованные органы по сертификации систем качества услуг.

При проведении сертификации услуг (работ) в силу их особой специфики используются следующие семь схем (табл. 14.1).



Таблица 14.1

## Схемы сертификации услуг и работ

Номер схемы	Оценка выполнения работ, оказания услуг	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Инспекционный контроль сертифицированных работ и услуг
1	Оценка мастерства исполнителя работ и услуг	Проверка (испытания) результатов работ и услуг	Контроль мастерства исполнителя работ и услуг
2	Оценка процесса выполнения работ, оказания услуг	То же	Контроль процесса выполнения работ, оказания услуг
3	Анализ состояния производства	То же	Контроль состояния производства
4	Оценка организации (предприятия)	То же	Контроль соответствия установленным требованиям
5	Оценка системы качества	То же	Контроль системы качества
6	—	Рассмотрение декларации о соответствии (с прилагаемыми документами)	Контроль качества выполнения работ, оказания услуг
7	Оценка системы качества	То же	Контроль системы качества

**Схема 1** — применяется для работ и услуг, качество которых предусматривает оценку мастерства исполнителя (образование, опыт работы, знание нормативной документации и т.д.), выборочную проверку результатов работы, а также инспекционный контроль. Схему рекомендуется применять для сертификации услуг, оказываемых индивидуальными предпринимателями и небольшими предприятиями.

**Схема 2** — предусматривает оценку процесса оказания услуги (проведения работ) через проверку технологического процесса, мастерства исполнителя, условий обслуживания, безопасность и стабильность процесса. Оценку процесса оказания услуги по схеме 2 можно осуществить также через оценку системы качества (схема 7).

**Схема 3** — применяется при сертификации производственных (материальных) услуг, например при ремонте и изготовлении изделий по индивидуальным заказам и т.п. Инспекционный контроль осуществляется путем выборочной проверки результатов услуги.

**Схема 4** — предусматривает оценку (аттестацию) предприятия, организации. При этом оценивают не только качество выполнения работ и оказания услуг по критериям схемы 2, но и правильность присвоения предприятию определенной категории, класса, звездности. Инспекционный контроль может осуществляться с использованием социологических методов. Схему 4 рекомендуется применять при сертификации крупных предприятий сферы услуг.

**Схема 5** — рекомендуется применять при сертификации наиболее опасных работ и услуг (медицинских, по перевозке пассажиров и пр.). Схема предусматривает сертификацию системы качества (схема 7) и последующий инспекционный контроль за стабильностью ее функционирования. Может применяться при сертификации всех видов услуг (работ).

Сертификация по **схемам 6 и 7** осуществляется с использованием декларации о соответствии с прилагаемыми к ней документами, подобно сертификации продукции. Схему 6 применяют при сертификации работ и услуг небольших предприятий, зарекомендовавших себя как исполнители работ и услуг высокого уровня качества. Схему 7 применяют при наличии у исполнителя системы качества. Оценка выполнения работ, оказания услуг при этом будет заключаться в обследовании предприятия с целью подтверждения соответствия работ и услуг требованиям стандартов системы качества.

Учитывая специфику сертификации, при проверке результатов работ и услуг, кроме инструментальных и лабораторных методов, широко используются социологические и экспертные методы (оценка качества через опрос клиентов; дегустация блюд; контроль знаний обучающихся и т.п.).

## 14.6. Сертификация услуг розничной торговли

Учитывая специфику торговли, рассмотрим проведение сертификации услуг на примере розничной торговли.

Постановлением Госстандарта России от 22 августа 2000 г. № 61 введены в действие Правила сертификации услуг розничной торговли, зарегистрированные Минюстом России. Правила определяют структуру и состав участников Системы сертификации услуг розничной торговли и устанавливают порядок проведения обязательной сертификации.

Руководящим органом Системы определено Ростехрегулирование. Функции центрального органа Системы (ЦОС) возложены на Департамент государственной торговой инспекции и внутренней торговли РФ. Основу Системы составляют органы по сертификации услуг розничной торговли, аккредитованные в установленном порядке в Системе ГОСТ Р и проводящие сертификацию при наличии лицензии, выданной Ростехрегулированием.

Проведение сертификации обязательно как для юридических, в том числе иностранных, так и для физических лиц, оказывающих услуги в сфере розничной торговли на территории РФ. В целях обеспечения работ по сертификации этого вида услуг были разработаны и введены в действие следующие стандарты: ГОСТ Р 51303—99 «Торговля. Термины и определения», ГОСТ Р 51304—99 «Услуги розничной торговли. Общие требования» и ГОСТ Р 51305—99 «Услуги розничной торговли. Требования к обслуживающему персоналу».

Процедура сертификации проводится в обычном порядке — подача заявки, регистрация заявки, оценка соответствия услуги установленным требованиям и т.д.

Принятые Правила сертификации предусматривают четыре схемы сертификации в зависимости от размера торговой площади и типа предприятия (см. табл. 4.1).

**Схему 1** применяют при сертификации услуг по реализации товаров в мелкорозничной торговой сети, т.е. тех услуг, качество и безопасность которых обусловлены мастерством исполнителя (обслуживающего персонала).

**Схему 2** применяют при сертификации услуг по реализации товаров преимущественно в продовольственных магазинах с торговой площадью до 1000 м<sup>2</sup>, непродовольственных магазинов с торговой площадью до 2500 м<sup>2</sup>, а также в магазинах типа «Товары повседневного спроса». При сертификации по этой схеме оценивают технологический процесс, мастерство исполнителя и условия обслуживания.

По **схеме 3** сертифицируются услуги по реализации товаров в непродовольственных магазинах с торговой площадью более 2500 м<sup>2</sup>, в универмагах с торговой площадью более 3500 м<sup>2</sup> и гипермаркетах, а также в универсамах с торговой площадью более 1000 м<sup>2</sup>.

Оценку предприятия по этой схеме проводят с учетом взаимосвязи типа предприятия с состоянием и стабильностью функционирования его материально-технической базы, уровнем информационного, методического, организационного

и метрологического обеспечения, качеством и условиями торгового обслуживания, степенью профессионального мастерства и медицинскими показателями (для продовольственных магазинов) обслуживающего персонала.

**Схема 4** применяется при сертификации услуг по реализации товаров в магазинах при наличии документально оформленных систем качества.

Введение обязательной сертификации услуг розничной торговли дает возможность проводить работы в стране по защите прав потребителей при приобретении ими товаров надлежащего качества и безопасных для их жизни и здоровья.

## 14.7. Экологическая сертификация

**Экологическая сертификация** (сертификация по экологическим требованиям) проводится для обеспечения экологически безопасного осуществления хозяйственной и иной деятельности (ст. 31 Закона об охране окружающей среды).

Экологический сертификат или соответствующий знак (экознак) для большого числа видов продукции является определяющим фактором их конкурентоспособности. В 1993 г. в странах ЕС была принята директива, определяющая преимущества экосертифицированной продукции, поставляемой на единый рынок, — цена ее возрастает, по меньшей мере, в два раза.

Цель экологической сертификации — стимулирование производителей к внедрению таких технологических процессов и выпуску таких товаров, которые в минимальной степени загрязняют природную среду и дают потребителю гарантию безопасности продукции для его жизни, здоровья, имущества и среды обитания.

Выделяются четыре вида объектов экологической сертификации:

- объекты окружающей природной среды (природные ресурсы, природные компоненты);
- источники загрязнения окружающей среды (производства, технологические процессы, отходы и др.);
- продукция природоохранного назначения (природоохранные технологии, продукция, услуги);

- экологические информационные ресурсы, продукты и технологии (базы данных, программные продукты, модели загрязнения и др.).

Концепция экологической безопасности подразумевает не только традиционную безопасность или традиционное качество произведенных продуктов, но и безвредность сырьевых ресурсов, используемых для производства, влияние процесса производства и хранения продукции на окружающую среду, а также образование отходов. Если предприятие заботится о здоровье потребителя, качестве выпускаемой продукции и чистоте окружающей среды, оно может в дополнение к обязательной сертификации провести добровольную сертификацию своей продукции.

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) «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению», ГОСТ Р ИСО 14004—98 (ИСО 14004:1996) «Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания принципам, системам и средствам обеспечения функционирования», ГОСТ Р ИСО 14050—99 (ИСО 14050:1998) «Управление окружающей средой. Словарь»;

- стандарты на правила проверки и оценки СЭУ — ГОСТ Р ИСО 14010—98 (ИСО 14010:1996) «Руководящие указа-

ния по экологическому аудиту. Основные принципы», ГОСТ Р ИСО 14011—98 (ИСО 14011:1996) «Руководящие указания по экологическому аудиту. Процедуры аудита. Проведение аудита систем управления окружающей средой», ГОСТ Р ИСО 14012—98 (ИСО 14014:1996) «Руководящие указания по экологическому аудиту. Квалификационные критерии для аудиторов в области экологии», ИСО 14031:1996 «Управление окружающей средой. Оценка окружающей среды. Руководящие указания»;

- стандарты, ориентированные на продукцию — ИСО 14020:1998 «Экологическая маркировка и декларации. Основные принципы», ИСО 14021:1998 «Экологическая маркировка и декларации. Декларации об окружающей среде», ИСО 14024:1998 «Экологическая маркировка и декларации. Экологическая маркировка 1-го типа. Принципы и процедуры», ГОСТ Р ИСО 14040—99 (ИСО 14040:1997) «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура», ИСО 14041:1998 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели и области. Анализ», ИСО 14042 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Оценка воздействия», ИСО 14043 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация».

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.

В России система экологической сертификации была зарегистрирована в 1996 г. Центральным органом системы является Ростехнадзор. Экологическая сертификация может проводиться в обязательной и добровольной областях.

Обязательной сертификации 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.

Объекты обязательной экологической сертификации:

- системы управления охраной окружающей среды, регламентируемые международными стандартами, разрабаты-

ваемые в ИСО/ТК 207 «Управление охраной окружающей среды», в котором Россия является активным членом;

- продукция, вредная для окружающей среды, включая озоноразрушающие вещества и содержащую их продукцию, предполагаемые к ввозу в Российскую Федерацию и вывозу из Российской Федерации, а также товары, ввозимые на таможенную территорию РФ;

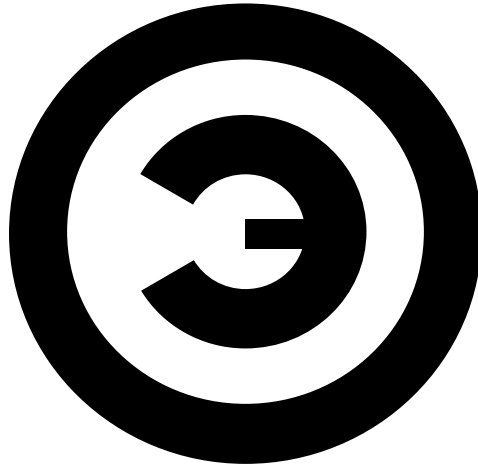
- экологически вредные технологии, включая ввозимые на таможенную территорию РФ и используемые на промышленных и опытно-экспериментальных объектах предприятий и организаций оборонных отраслей промышленности;

- 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, попадающие 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. 14.5).

Особое место в экологической сертификации занимают питьевая вода и бытовые отходы. По данным П. Хэтто, председателя ИСО/ТК 229 «Нанотехнологии», мир уже столкнулся с серьезным кризисом в этой области, а изменение климата усугубляет этот процесс. В настоящее время уже 1,1 млрд человек не имеют доступа к безопасным источникам воды, а 2,6 млрд не имеют доступа к элементарным средствам санитарии и гигиены. За 100 лет, прошедших с 1900 по 2000 г., глобальное потребление воды выросло в шесть раз, в два раза превысив скорость прироста населения. Стокгольмский институт проблем окружающей среды (Stockholm Environment Institute) оценил, что к 2025 г. изменится относительная доля населения, живущего в странах, страдающих от значительного недостатка воды. Если в 1995 г. в таких странах проживало 34% населения Земли, то к 2025 г. будет проживать 63% — приблизительно 6 млрд человек. Это современное население Земли. Необходимо учесть, что приведенные оценки основаны на сценариях умеренного изменения климата. В развивающихся странах  $\frac{4}{5}$  всех заболеваний



*Рис. 14.5. Экологический знак соответствия*

вызваны инфекциями, которые переносятся водой и являются причиной смертности. Среди этих болезней — холера, лихорадка Денге, японский (комариный) энцефалит, малярия, полиомиелит, лептоспироз (аналогичен желтухе), шистосомоз (болезнь, вызываемая паразитами), брюшной тиф, а также болезни щитовидной железы.

Более 25 тыс. человек ежедневно умирают от болезней, связанных с качеством воды. За последние восемь лет в мире по тем же причинам умерли более 80 млн человек. Для сравнения: за последние восемь лет в США от болезней, связанных с качеством воды, умерли 130 человек.

Каждый день более миллиарда человек должны будут идти три-четыре часа, чтобы добыть воду.

Глобальное потепление в значительной степени усиливает стресс, вызванный проблемой воды: изменяются количество выпавших осадков, речные потоки, уровни озер, а также распределение грунтовых вод. В некоторых районах источники воды становятся более скудными, другие районы Земли все чаще подвергаются наводнениям. В масштабах Земли долины рек и влажные земли, где проживает большая часть населения, становятся менее плодородными и теряют способность к воспроизводству естественных условий и процессов, которые позволяют получать воду соответствующего качества и в достаточном количестве, что необходимо для обеспечения устойчивого развития и поддержки экосистемы. Традицион-



ные районы рыболовства становятся обедненными и приходят в упадок. Нарушаются циклы непрерывного производства продовольствия, поэтому становится все сложнее собирать полноценные урожаи.

Одним из инструментов экологического управления является экологическая маркировка (экологические этикетки и декларации) — объект стандартов ИСО 14020 — ИСО 14024.

Экологическая маркировка является связующим звеном между производителем и потребителем. Она гарантирует качество и экологическую безопасность продукции. Экологическая маркировка — знак на упаковках российских и зарубежных товаров. Его может получить только та компания, которая прошла экспертизу и доказала экологическую безопасность и высокое качество своей продукции. Экомаркировка была создана, чтобы, с одной стороны, дать потребителю надежный критерий выбора качественной продукции, а с другой — помочь производителям экологически безопасной продукции в продвижении их товаров и повышении конкурентоспособности на рынке. Базовой экомаркировкой органа по сертификации Международного экологического фонда (ОС МЭФ) является графическое изображение товарного знака, зарегистрированного Роспатентом (свидетельство № 196533) (рис. 14.6).

В странах Европейского союза система экологического маркирования продукции активно развивается и охватывает практически все группы товаров. Наиболее популярны две экомаркировки (рис. 14.7) непищевой продукции — северный («Северный лебедь») и европейский («Европейский цветок»). Оба знака охватывают множество товарных групп, начиная с туалетной бумаги и матрасов и заканчивая отелями и компьютерами. Некоторые товарные группы могут маркироваться обоими типами маркировки.

Существующие в мире экомаркировки можно разделить по информации, которую они несут, на следующие основные группы:

- информация об экологичности продукции в целом, учитывающая весь жизненный цикл ее производства. К таким маркировкам относятся: «Северный лебедь», «Европейский цветок» и «Листок жизни»;
- информация об экологичности отдельных свойств продукции (например, знак «Голубой ангел», «Экознак»). Сюда также относятся знаки, отражающие отсутствие веществ, приводящих к уменьшению озонового слоя вокруг Земли; знаки на предметах



Рис. 14.6. Базовая маркировка ОС МЭФ для экологических сертификатов ответственности

потребления, отражающие возможность их утилизации с наименьшим вредом для окружающей среды, и многие другие;

- информация для идентификации натуральных продуктов питания (органическое производство).

На рис. 14.8 представлены все основные этапы проведения экспертизы на присвоение экомаркировки «Листок жизни». Отдельные блоки требуют пояснения.

**Независимая научная база** включает: представителей научных кругов, не заинтересованных в каком-либо заранее желаемом результате экспертизы, коллектив ведущих специалистов по научно-исследовательскому проектированию в данной области производства.

**Независимая экспертная база** может быть представлена, например, Санкт-Петербургской торгово-промышленной палатой или Центром испытаний и сертификации «Тест-С.-Петербург». На этом этапе также предполагается проведение экологического аудита.

**Общественный консультативный совет** включает представителей Санкт-Петербургского экологического союза независимой экспертной базы, представителей научных кругов, общественности, не заинтересованных в каком-либо заранее желаемом результате экспертизы. Именно здесь рассматривается заключение независимой экспертной базы (так называемое техническое заключение), заслушиваются мнения всех сторон и выносится окончательное решение.



**Рис. 14.7. Некоторые виды экологических маркировок:**  
 1 – «Северный лебедь» (Скандинавия); 2 – «Европейский цветок» (Европейский союз); 3 – «Листок жизни» (Россия);  
 4 – «Голубой ангел» (Германия); 5 – «Экознак» (Япония)

В итоге предприятие-изготовитель получает право размещения товарного знака на продукции, которая прошла экспертизу, а также право использовать знак в рекламной кампании продукции.

Срок действия знака — 2 года. По истечении данного периода требуется подтверждение того, что продукция соответствует критериям процедуры экомаркирования.

Предприятие, сертифицировавшее свою продукцию и получившее экомаркировку «Листок жизни», получает следующее:

- подтверждение эксклюзивного качества продукции с учетом ее экологической безопасности;
- документированное, обоснованное подтверждение наличия экологической политики на предприятии, безопасности всего цикла производства;
- обеспечение взаимодействия с компаниями-партнерами, особенно иностранными;
- повышение продаж (за счет повышения потребительского спроса на продукцию);
- репутацию предприятия, минимизировавшего негативное воздействие на окружающую среду и заботящегося о состоянии среды жизнедеятельности;
- оптимизацию отношений с надзорными органами;
- повышение конкурентоспособности продукции.

Прохождение экспертизы на получение экомаркировки «Листок жизни» может также способствовать оптимизации всего процесса производства, так как в ходе экспертизы выявляются «слабые места» производства и даются рекомендации по их устранению.

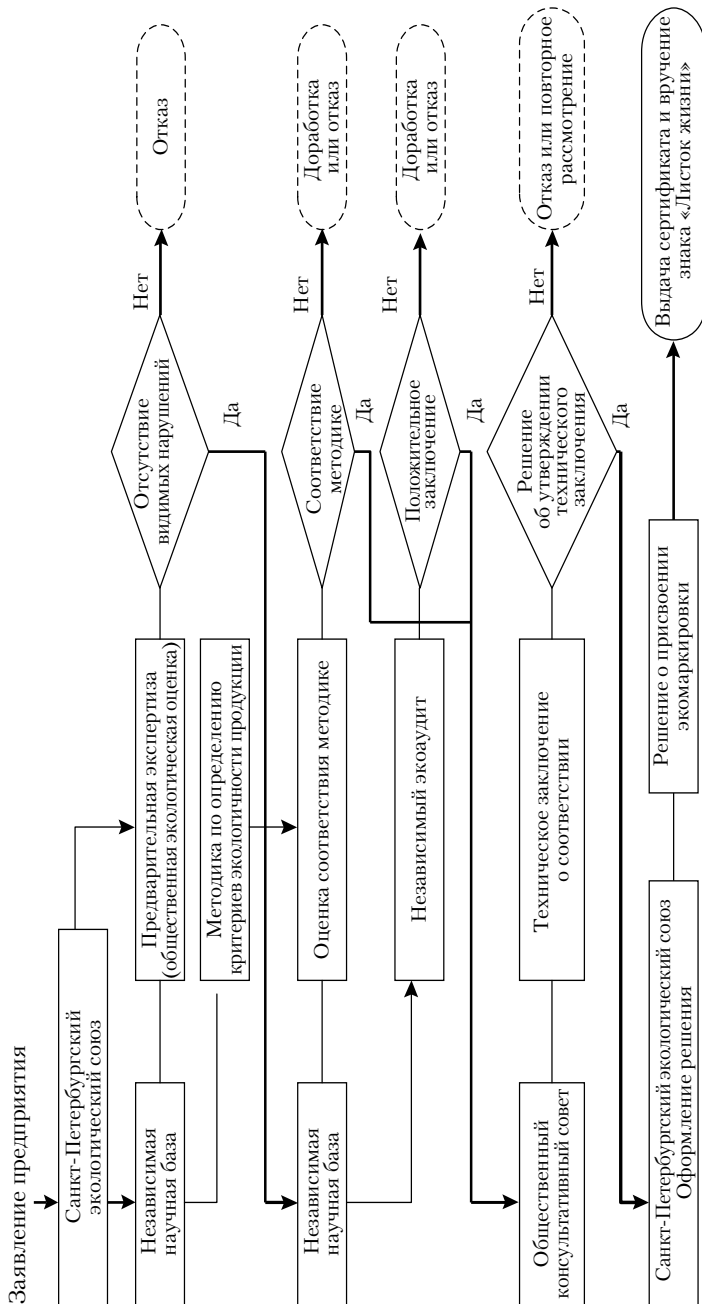


Рис. 14.8. Аттестация по присвоению экомаркировки «Листок жизни»

## 14.8. Сертификация логистических систем

**Логистика** (греч.) — это искусство вычислять, рассуждать. В Римской империи даже существовали служители с титулом «логист». Сегодня это понятие несколько трансформировалось, но изначальный его смысл не утрачен. В частности, в экономике под логистикой понимается комплексная организационно-управленческая деятельность по планированию, реализации, координации, контролю и управлению движением материальных потоков грузов, товаров, информационных и финансовых потоков на всех этапах поставки сырья, производства, транспортировки и распределения продукции при оптимальном удовлетворении спроса покупателей в точные сроки. Логистика встроена в корпоративную стратегию фирмы и составляет ее важнейшую часть.

Логистике принадлежит стратегически важная роль в современной экономике и бизнесе. Именно благодаря логистике (интегрированному управлению материальными, информационными и финансовыми потоками) в промышленно развитых странах ресурсы поступают в свободные производственные мощности, а готовая продукция (грузы) доставляется потребителям точно в срок.

Передовые компании мира успешно применяют в своей деятельности логистические технологии. Среди этих технологий необходимо прежде всего отметить такие, как Just-in-time (точно в срок), Requirements/resource planning (планирование потребностей/ресурсов), Demand-driven Logistics (логистика, ориентированная на спрос), Time-based Logistics (логистика в масштабе реального времени), Value-added Logistics (логистика добавленной стоимости), Integrated Supply Chain Management (управление интегрированными цепями поставок), E-Logistics (электронная логистика) и др. В последние годы активно внедряется концепция интегрированной логистики Supply Chain Management — SCM (управление цепями поставок), направленная на решение задач управления функциональными областями логистики и координации бизнес-процессов. Указанные концепции и технологии поддерживаются корпоративными информационными системами (КИС).

Многие компании заинтересованы в объективной оценке своих логистических систем на соответствие международным квалификационным требованиям. В Европе сертификацион-

ную деятельность в этой области регулирует Европейский сертификационный комитет по логистике (European Certification Board for Logistics — ECBL) и вступившие в число его членов Национальные комитеты в европейских странах. В частности, для оценки персонала логистического менеджмента компаний используется трехуровневая система сертификации: европейский сертификат по логистике — младший уровень (EJLog), европейский сертификат по логистике — старший уровень (ESLog); европейский сертификат по логистике — мастер (EMLog).

В России логистическая стратегия пока не стала естественным элементом стратегического планирования бизнеса. По некоторым данным, только около 3% обследованных российских фирм имеют логистическую стратегию и сознательно ее формируют. Координатором научно-исследовательских проектов в сфере логистики является ГУ — ВШЭ — единственное в России учреждение, принятое в члены ЕАА. Создан также Российский комитет по сертификации, представляющий в России ECBL.

Стратегической целью формирования в Российской Федерации системы интегрированной логистической политики поддержки бизнеса является разработка и реализация доктрины и механизмов саморегулируемых сетей, обеспечивающих логистическое взаимодействие участников российского и международного рынка на межотраслевом и межрегиональном уровне. Реализация такой системы потребует массового внедрения систем качества, логистических систем управления цепочками поставок, удовлетворяющих требованиям международно признанных стандартов и их сертификации, в том числе с учетом обеспечения национальной и транспортной безопасности, и, несомненно, будет способствовать адаптации России в ВТО.

В мире существуют десятки стандартов в области менеджмента и логистики как международных, так и принятых мировыми и региональными сообществами производителей продукции и операторов поставок, которые поэтапно внедряются в Российской Федерации. Одним из новых рамочных стандартов является недавно опубликованный документ ISO/PAS 28000:2005 «Системы управления безопасностью цепи поставок. Технические условия».

В начале 2005 г. рядом предприятий и организаций РФ, представляющих производственную сферу, сферу услуг, науки и образования в области логистики, был учрежден подкомит-

тет «Оценка и логистика», призванный координировать деятельность отечественных логических систем.

Практическим результатом решения поставленных Подкомитетом задач явились создание в 2005–2006 гг. и государственная регистрация Системы добровольной сертификации логистических систем с условным названием «ЛОГОСЕРТ».

## 14.9. Сертификация персонала

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 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 уровню знания 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 и 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, профес-

сиональных знаний, навыков и опыта специалиста для подтверждения его соответствия установленным требованиям и определения его возможностей надлежащим образом осуществлять конкретные действия в той или иной 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, производства, 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 РФ. Практика функционирования обязательной системы сертификации ГОСТ Р показала, что ее эффективность во многом зависит от компетентности экспертов, непосредственно влияющих 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:

- 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 специалиста, обеспечивающими его способность выполнять функции эксперта.



## 14.10. Договорные отношения в системе подтверждения соответствия

Органы по сертификации (ОС) и испытательные лаборатории (центры) (ИЛ, ИЦ) вступают в договорные отношения с заявителями (изготовителями, продавцами), т.е. заключают соответствующие договоры и несут ответственность за ненадлежащее исполнение условий договоров. При этом следует исходить из того, что осуществление сертификации (испытаний) продукции характеризуется отсутствием какого-либо материального результата, поскольку «продается» не сам результат, а действия, к нему приведшие. При этом эксперт по сертификации не гарантирует достижения положительного результата.

Сертификация и испытания являются профессиональными услугами, т.е. услугами, предоставляемыми квалифицированными специалистами. Качество услуг во многом зависит от того, кто их оказывает. Предоставление услуг требует специальных знаний: эксперт по сертификации должен иметь соответствующий сертификат, а специалист по испытаниям должен быть аттестован в установленном порядке на право их проведения. Подобные договоры относятся к договорам возмездного оказания услуг (гл. 39 ГК РФ). Договоры в данной сфере должны совершаться в письменной форме путем составления документа, подписанного сторонами

Стандартная форма договора, заключаемого с заявителем, должна содержать обозначение нормативных документов, на соответствие требованиям которых будет проверяться продукция (товар). Статус данных документов в сфере обязательного и добровольного подтверждения соответствия различен.

Условия предоставления услуг по сертификации конкретной продукции, как правило, имеют отличия. Последние обусловлены особенностями объекта сертификации, которым может быть продукция производственно-технического назначения, товары народного потребления и т.п.; объем и цена сертификационной услуги. Объем данной услуги зависит от избранной сторонами схемы сертификации (в области добровольного подтверждения соответствия) и от предусмотренной техническим регламентом схемы сертификации (в области обязательного подтверждения соответствия). Сле-

довательно, цена должна устанавливаться исходя из предполагаемого объема сертификационной услуги.

Текст договора должен включать в себя следующие разделы: вводную часть (стороны, их полномочия по заключению договора); предмет договора, указывающий на характер оказываемой услуги; права и обязанности сторон; стоимость услуги и порядок расчетов; ответственность сторон; срок действия договора; прочие условия (порядок и условия изменения, досрочного расторжения договора и т.п.); заключительные положения; дату подписания договора; место подписания договора; банковские реквизиты сторон; оттиски печатей сторон.

Договор возмездного оказания сертификационных услуг заключается посредством направления предложения заявителем и согласия органа по обязательной сертификации.

Орган по обязательной сертификации обязан в течение 30 дней со дня получения предложения направить заявителю соответствующие документы. При возникших разногласиях на рассмотрение суда подается иск в течение 30 дней со дня получения такого извещения. Правила о сроках применяются, если другие сроки не установлены законом, иными правовыми актами или не согласованы сторонами. Орган по обязательной сертификации, необоснованно уклоняющийся от заключения договора возмездного оказания сертификационных услуг, может быть понужден судом заключить договор и должен возместить заявителю убытки, причиненные таким уклонением. Отказ в заключении договора также может быть обжалован в судебном порядке.

Вопросы изменения и расторжения договора регулируются общими нормами, посвященными прекращению и изменению обязательств, если эти нормы не расходятся со статьями ГК РФ, специально посвященными особенностям изменения и расторжения договора.

В отличие от общего правила о недопустимости одностороннего отказа от исполнения обязательства (ст. 310 ГК РФ), в договоре на возмездное оказание сертификационных услуг как заявитель, так и орган по обязательной сертификации могут в одностороннем порядке отказаться от исполнения договора (ст. 782 ГК РФ).

Стороны вправе достичь соглашения о приведении договора в соответствие с существенно изменившимися обстоятельствами (увеличив цену услуг, изменив срок исполнения и т.д.), либо достичь соглашения о его расторжении.

Если упомянутого соглашения достичь не удалось, договор может быть расторгнут или изменен в судебном порядке по требованию заинтересованной стороны при одновременном наличии перечисленных в п. 2 ст. 451 ГК РФ условий.

Очевидно, что договорное оформление отношений является частью более общей политики работы с заказчиками и клиентами, разрешения жалоб и обращений, поступающих в орган оценки соответствия.

### Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику системе менеджмента качества (СМК).
2. В чем заключается влияние СМК на результаты сертификации?
3. Каково содержание этапов сертификации систем качества?
4. Назовите восемь принципов СМК.
5. Каковы принципы организации работы по сертификации СМК?
6. Охарактеризуйте структуру Регистра системы сертификации СМК.
7. Назовите участников при сертификации СМК.
8. Дайте характеристику сертификации производства.
9. Каковы принципы сертификации пищевых товаров?
10. Что такое система ХАССП?
11. Каков принцип сертификации товаров текстильной и легкой промышленности?
12. Дайте понятия и классификацию сертификации услуг (работ).
13. Назовите состав участников сертификации услуг.
14. Каков порядок проведения сертификации услуг?
15. Укажите принцип сертификации услуг розничной торговли.
16. Каковы общие подходы экологическая сертификация?
17. Назовите объекты обязательной экологической сертификации.
18. Каковы особенности сертификации питьевой воды?
19. Назовите принципы экомаркировки.
20. Расскажите о сертификации логистических систем.
21. Каков принцип сертификации персонала?
22. Дайте характеристику договорных отношений в системе подтверждения соответствия.

## Глава 15

# МЕЖДУНАРОДНАЯ И ЗАРУБЕЖНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ

### 15.1. Международная деятельность по сертификации в Глобальной системе

23 января 2006 г. в Париже Международным бюро мер и весов (МБМВ), Международной организацией законодательной метрологии (МОЗМ) и международного сотрудничества по аккредитации лабораторий (ИЛАК) подписана совместная декларация в области торговли, промышленности и законодательной деятельности.

Документ приглашает государства — члены Метрической конвенции содействовать принятию сертификатов, выданных Национальными метрологическими институтами (ИМИ), а также аккредитованными лабораториями, которые могут продемонстрировать прослеживаемость к Международной системе единиц (СИ).

Все организации, перечисленные в этом документе, занимаются различными видами Соглашений о взаимном признании, цель которых состоит в упрощении взаимного признания измерений в таких областях, как, например, промышленность, экология, медицина и безопасность пищевой продукции.

Соглашение о взаимном признании (известное как CIPM MRA), в рамках которого каждый участник Соглашения обязуется признавать национальные эталоны, сертификаты измерений и калибровок всех других участников. CIPV MRA гарантирует, что на национальном и международном уровнях все расхождения между национальными эталонами наивысшей точности известны и зарегистрированы в базе данных МБМВ, к которой открыт свободный доступ ([kcdb.bipm.org](http://kcdb.bipm.org)).

В США и Западной Европе обеспечение безопасности потребителя стало важной задачей социальной политики, направленной на повышение качества жизни населения. В «Белой книге» Комиссии ЕС (1985 г.), посвященной программным вопросам стратегии создания единого европейского рынка, подчеркивалось, что гармонизация законодательства стран Европейского экономического союза (ЕЭС) должна быть нацелена на установление требований в отношении охраны здоровья и безопасности, защиты интересов потребителей и окружающей среды.

В 1985 г. Генеральная Ассамблея ООН одобрила документ «Руководящие принципы защиты интересов потребителей». Все это стало в значительной мере результатом борьбы потребительских обществ за безопасность покупателя, оказало влияние на создание, в частности, в рамках ЕС гибкой системы подтверждения соответствия.

В настоящее время внедряется Соглашение о взаимном признании (МВА), в рамках которого будут подписываться Договоренности о взаимном признании (DoMCs) для различных категорий средств измерений. Протоколы испытаний, выдаваемые в этой Системе участниками ДОМС, которая подтверждает соответствие Рекомендациям МОЗМ, будут признаваться и использоваться другими участниками. Кроме того, МОЗМ изучает возможность создания других систем признания оценки соответствия.

Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий (ИЛАК) является международной ассоциацией органов по аккредитации, признанных на национальном уровне. Основной задачей ИЛАК является гармонизация работы органов по аккредитации, которые обслуживают приблизительно 25 000 аккредитованных калибровочных и испытательных лабораторий по всему миру. Аккредитованные лаборатории работают как с частными, так и с государственными организациями и в большинстве случаев требуют обеспечения не максимальной точности измерений, а подтверждения соответствия технической компетентности и прослеживаемости до СИ. Постоянные и ассоциативные члены ИЛАК 58 стран проводят оценку и аккредитацию технической компетентности этих лабораторий и других организаций на соответствие основным требованиям ИСО/МЭК 17025.

Совершенно очевидно, что данное Соглашение направлено на становление Глобальной всемирной системы измерений (WMS).

Глобальная метрологическая система — это система, обеспечивающая надежные измерения, для которых характерны:

- единство измерений в Международной системе единиц (СИ);
- существование жестких границ допустимой неопределенности измерений;
- соблюдение международно признанных и действующих систем качества;
- соблюдение прозрачных процедур проверки компетентности, подтверждаемых документально.

Система международной торговли функционирует на основе правил Всемирной торговой организации (ВТО), в которую входит более 140 стран, а 30 других государств ведут переговоры о вступлении. Правила ВТО содействуют проведению открытой и либеральной политики в области торговли. Они охватывают товары, услуги и права на интеллектуальную собственность (рис. 15.1).

В результате:

- около 90% мировой торговли регулируется соглашениями ВТО;
- практически все товары и услуги более чем в 140 странах — членах ВТО попадают под действие одного или нескольких соглашений ВТО;
- на протяжении многих лет значительно снизились таможенные тарифы (в развитых странах с 40 до 4%).

Расчеты показывают, что практически 80% торговли приходится на товары, подлежащие стандартизации или техническому регулированию, и на эту продукцию может быть затребована оценка соответствия. Любая деятельность, которая прямым или косвенным образом связана с констатацией выполнения наиболее важных требований, подлежит сертификации или техническому регулированию.

Чтобы снизить технические барьеры в торговле при соблюдении стандартов и технических регламентов, ВТО в 1994 г. приняла соглашение по техническим барьерам в торговле (ТБТ). Это Соглашение содержит правила, которые гарантируют, что технические регламенты, стандарты и процедуры оценок соответствия не будут представлять ненужных препятствий в торговле. Документ ВТО «Технические барьеры в торговле» охватывает все процедуры оценки соответствия, включая аккредитацию.



*Рис. 15.1. Соглашения о торговле в системе ВТО*

Калибровка, испытание и сертификация обычно входят в состав процедуры оценки соответствия. Таким образом, международно установленные стандарты и процедуры систем оценок соответствия можно рассматривать как главный инструмент преодоления технических барьеров в торговле.

Производители продукции должны иметь сертификат соответствия, позволяющий товарам или услугам проложить себе путь на любые рынки, которые исповедуют лозунг: «Один продукт, одно испытание — признание везде». Этот лозунг можно представить также как: универсальное испытание.

Однако доверие к компетентности учреждений, подтверждающих результаты испытаний и выдающих сертификаты, должно быть создано заранее. Лишь после этого участники могут ожидать взаимного признания сертификатов. Здесь необходимы гармонизация испытаний и процедур оценки, использование приборов для измерений и испытаний на базе единства измерений, проведение умелых испытательных процедур и применение систем управления качеством. Стало очевидным, что правильные и достоверные измерения являются решающим фактором в деле создания взаимного доверия и признания сертификатов. На основе международного сотрудничества служба аккредитации должна содействовать признанию результатов испытаний и сертификатов, выданных органами по аккредитации, за пределами национальных границ.

После того как оценка соответствия приобрела столь важную роль, она стала важным предметом деятельности международных организаций по стандартизации. Международная организация по стандартизации (ИСО) учредила в 1970 г. комитет по оценке соответствия (CASCO). В сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (МЭК) рабочие группы разрабатывают стандарты и руководства по различным аспектам оценки соответствия с тем, чтобы они получили глобальное признание.

На укрепление доверия к компетентности нацелены работы таких организаций, как Западноевропейская кооперация по аккредитации лабораторий (EAL), основанная в 1994 г., а также действующая с 1997 г. Европейская кооперация по аккредитации (EA). Последняя играет важную роль в области оценки соответствия.

Национальные метрологические институты (НМИ) Европы начали свое сотрудничество в 1973 г., что привело к образованию в 1987 г. организации ЕВРОМЕТ. Деятельность ЕВРОМЕТ базируется на Меморандуме о взаимопонимании, который четко определяет задачи, не имеющие, однако, обязательного характера в законодательном плане.

Цели ЕВРОМЕТа:



- развитие более тесного сотрудничества между членами организации в области измерительных стандартов в рамках существующей метрологической инфраструктуры;
- оптимизация использования ресурсов и услуг членов организации с учетом их размещения и актуальных потребностей метрологии;
- улучшение измерительных услуг и доступность их для всех членов;
- обеспечение доступности национальных средств, программ и оборудования, разработанных в сотрудничестве с ЕВРОМЕТ, для всех членов этой организации.

Пример Европы ясно демонстрирует взаимодействие между претворением в жизнь единого европейского рынка и развитием региональных метрологических структур, охватывающих законодательную метрологию и деятельность по сертификации. Более того, установились деловые отношения и с региональными метрологическими организациями в других частях мира, такими, как:

- АРМР — Азиатско-Тихоокеанская метрологическая программа;
- СООМЕТ — Евроазиатская кооперация национальных метрологических служб;
- SADCМЕТ — Южноафриканская кооперация по развитию единства измерений;
- СИМ — Межамериканская метрологическая система.

В сфере сертификации наиболее активными признаны региональные организации по аккредитации:

- АРЛАС — Азиатско-Тихоокеанская кооперация по аккредитации лабораторий;
- ЕА — Европейская кооперация по аккредитации;
- ИААС — Международная кооперация по аккредитации;
- САДСА — Кооперация по аккредитации SADC.

## 15.2. Требования директив ЕС к оценке соответствия

Европейский подход к оценке соответствия продукции находится в фокусе внимания России [8] потому, что до 70% ее товарооборота приходится на страны, входящие в Европейский союз (ЕС). Сегодня 36 государств являются участниками соглашений о признании результатов оценки соответствия, которые решают вопросы снятия административных барьер-

еров в торговле. Кроме того, техническое законодательство ЕС можно рассматривать как проверенную временем методическую основу задания требований, обеспечивающих безопасность продукции, их выполнения и оценки соответствия этим требованиям.

Основными правовыми документами Евросоюза, устанавливающими обязательные для применения и исполнения требования к продукции и виды оценки соответствия этим требованиям, являются европейские директивы, которые трансформируются в национальное законодательство стран — членов ЕС.

Сегодня техническое законодательство ЕС может быть представлено тремя видами директив:

- общими директивами (Директива 2001/95/ЕС об общей безопасности продукции и Директива 85/374/ЕЭС об ответственности изготовителя за качество выпускаемой продукции). Эти директивы распространяются либо на всю продукцию, либо, как Директива 2001/95/ЕС, на широкую группу продукции (на потребительские товары — как новые, так и бывшие в употреблении) и применяются в случаях, когда на конкретную продукцию отсутствуют директивы ЕС или имеющиеся директивы охватывают не все категории связанных с ними рисков;

- директивами ЕС Старого подхода, содержащими конкретные требования к продукции. Такие директивы распространяются, например, на автомобили, пищевую и сельскохозяйственную, парфюмерно-косметическую, химическую и фармацевтическую продукцию;

- директивами Нового и Глобального подходов, устанавливающими основополагающие, или существенные, требования к продукции. Откуда же возникли эти подходы?

Директивы Нового и Глобального подходов реализуют единую методологию применения принципов и процедур оценки соответствия.

Концепция Нового и Глобального подходов в полной мере отвечает основной цели создания Евросоюза, определенной еще в рамках Римского договора 1975 г., — обеспечить свободное перемещение продукции и предотвратить возникновение новых барьеров в торговле. Инструментами реализации этой концепции являются, с одной стороны, техническая гармонизация требований, а с другой — возможность взаимного признания результатов оценки их выполнения. Техническая гармонизация обеспечивается механизмом задания требова-

ний: основополагающие (существенные) требования директив опираются на конкретные требования, которые содержатся в гармонизированных с этими директивами европейских стандартах. Взаимное признание результатов оценки соответствия продукции требованиям директив Нового и Глобального подходов базируется на единстве установленных в этих документах процедур оценки соответствия и единых требованиях к органам по оценке соответствия, действующих в странах ЕС.

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 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 этого 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. Основные рекомендации Глобальной концепции можно сформулировать в шести тезисах.

- Поощрение всеобщего применения стандартов по обеспечению качества серии EN 29000 и сертификация на соответствие этим стандартам.
- Применение стандартов серии EN 45000, устанавливающих требования к органам по сертификации и испытательным лабораториям при их аккредитации.
- Поощрение создания централизованных национальных систем аккредитации.
- Основание организации по испытаниям и сертификации в законодательно нерегулируемой области.

- Гармонизация инфраструктуры испытаний и сертификации в странах ЕС.
- Заключение договоров с третьими странами (не членами ЕС) о взаимном признании испытаний и сертификатов.

### 15.3. Модульные оценки соответствия

В странах Европейского союза, согласно Решению Совета ЕС от 22 июля 1993 г., применяются методы оценки соответствия, имеющие модульное построение (рис. 15.2) 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 указанным знаком СЕ. 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.

Эти модули предназначены для применения в директивах по гармонизации (93/465/ЕЭС). Объектами оценки соответствия являются техническая документация, продукция, испытания, системы менеджмента качества.

Содержание схем декларирования соответствия приведено на рис. 15.3.

Требования к технической документации определяются конкретной директивой на продукцию. Например, в Директиве 98/37/ЕС установлено, что техническая документация должна содержать: конструкторскую документацию (чертежи, схемы, расчеты и т.д.); описание конструкторских решений, позволяющих устранить предусмотренные Директивой риски; результаты испытаний; перечень требований, стандартов, применявшихся при разработке продукции; технические отчеты или сертификаты; инструкции по эксплуатации.

В Решении 93/465/ЕЭС определены восемь основных модулей оценки соответствия, которые можно рассматривать как типовые блоки определенных операций, составляющие

<p><b>Модуль А</b> Внутренний производственный контроль изготовителем. Изготовитель без привлечения третьей стороны заявляет о соответствии требованиям директивы. Докладательством служит техническая документация изделия</p>	<p><b>Модуль С</b> Соответствие изделий испытанному образцу по модулю В</p>	<p><b>Модуль D</b> Наличие системы обеспечения качества производства (ИСО 9002), применяется в сочетании с модулем В</p>	<p><b>Модуль Е</b> Наличие системы обеспечения качества и контроля изделий (ИСО 9003), применяется в сочетании с модулями В или А</p>	<p><b>Модуль F</b> Испытание изделий третьей стороной. Применяется в сочетании с модулями В или А</p>	<p><b>Модуль G</b> Поштучное испытание изделий третьей стороной при штучном или мелкосерийном производстве</p>	<p><b>Модуль H</b> Наличие системы обеспечения качества проектирования, производства, испытания, испытаний и контроля (ИСО 9001)</p>
<b>ПРОИЗВОДСТВО</b>						

Рис. 15.2. Модули оценки соответствия в рамках Глобальной концепции

собственно процедуры оценки соответствия. Помимо восьми основных модулей установлено столько же их модификаций, включая самостоятельное подтверждение соответствия на основе собственных доказательств, а также с участием третьей стороны.

Операции, предусмотренные модулем А, выполняет изготовитель, формируя технический файл и принимая декларацию о соответствии, а также осуществляя на основании декларации маркирование продукции знаком СЕ.

Операции модуля В выполняются уполномоченным органом, который рассматривает техническую документацию, испытывает образец продукции и выдает сертификат соответствия типового образца технической документации (сертификат типа). Этот модуль можно рассматривать как «служебный», так как он не применяется самостоятельно, но входит составной частью в другие модули.

Модули С, D, E и F, как правило, следуют за модулем В. При этом модуль С предусматривает принятие изготовителем декларации о соответствии типа на основании сертификата типа и маркирование продукции знаком СЕ.

При выполнении модуля D уполномоченный орган оценивает систему менеджмента качества изготовителя применительно к стадии производства и впоследствии проводит контроль за этой системой, изготовитель принимает декларацию о соответствии типа и осуществляет маркирование продукции.

Модуль E включает в себя оценку уполномоченным органом системы менеджмента качества изготовителя применительно к контролю и испытаниям; в дальнейшем уполномоченный орган осуществляет контроль за этой системой. Изготовитель принимает декларацию о соответствии типа и проводит маркирование продукции знаком СЕ.

Модуль F предполагает проведение испытаний выборки (партии) продукции уполномоченным органом, который выдает по результатам испытаний сертификат соответствия, при этом этот изготовитель представляет продукцию на испытания, по их результатам принимает декларацию о соответствии и маркирует продукцию знаком СЕ.

Модуль G отличается тем, что уполномоченный орган проводит испытания каждого изделия и выдает соответствующий сертификат, а изготовитель представляет изделия на испытания, принимает декларацию и маркирует продукцию знаком СЕ.

СОДЕРЖАНИЕ СХЕМЫ	<b>Заявитель (изготовитель)</b> Приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле Принимает декларацию о соответствии	ЕВРОПЕЙСКИЙ МОДУЛЬ	A
	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии		C
	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на стадии производства <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль за системой качества		D
	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на этапах контроля и испытаний <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль за системой качества		E
	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит выборочные испытания партии выпускаемой продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии		F
	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания каждой единицы продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии		G
	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на стадиях проектирования и производства <b>Изготовитель</b> Проводит испытания образца продукции Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль за системой качества		H

Рис. 15.3. Схемы декларирования соответствия Европейскому модулю

Модуль Н предполагает оценку уполномоченным органом системы менеджмента качества изготовителя в целом, включая проектирование; впоследствии уполномоченный орган проводит контроль за этой системой. Изготовитель принимает декларацию о соответствии и маркирует продукцию знаком СЕ.

В директивах могут применяться модифицированные модули (например, Cbis, Dbis, Ebis, Fbis, Hbis, Aa1, Aa2). В этих модулях усилена роль уполномоченных органов. Например, при использовании модуля Hbis уполномоченный орган проводит сертификацию проекта, в других модификациях он осуществляет периодический контроль за продукцией путем проведения испытаний.

В качестве примера на рис. 15.4 приведена модульная оценка соответствия для измерительных приборов.

Концепция Нового и Глобального подходов предусматривает принятие по результатам оценки соответствия документа, персонифицирующего ответственность изготовителя за соответствие продукции требованиям директив, — декларации о соответствии.

Следует отметить, что в отличие от европейской практики оценки соответствия Законом о техническом регулировании предусмотрена проверка только документа о соответствии (т.е. декларации о соответствии) органами государственного контроля (надзора) и заинтересованными лицами (п. 2 ст. 28; п. 1 ст. 34).

Еще одним отличием европейского варианта декларации о соответствии от его российского аналога является проведение контроля уполномоченным органом в период действия декларации. Форма контроля предусмотрена модулями оценки соответствия и может предусматривать проверку системы менеджмента качества или испытания продукции.

В материалах ВТО декларация рассматривается в качестве одного из механизмов, способствующих признанию результатов оценки соответствия и, следовательно, снятию ограничений в торговле.

Все сказанное подчеркивает еще одну особенность концепции оценки соответствия в директивах Нового и Глобального подходов — важную роль уполномоченных органов. Это органы, наделенные органами власти государств — членом ЕС полномочиями по оценке соответствия продукции требованиям директив.



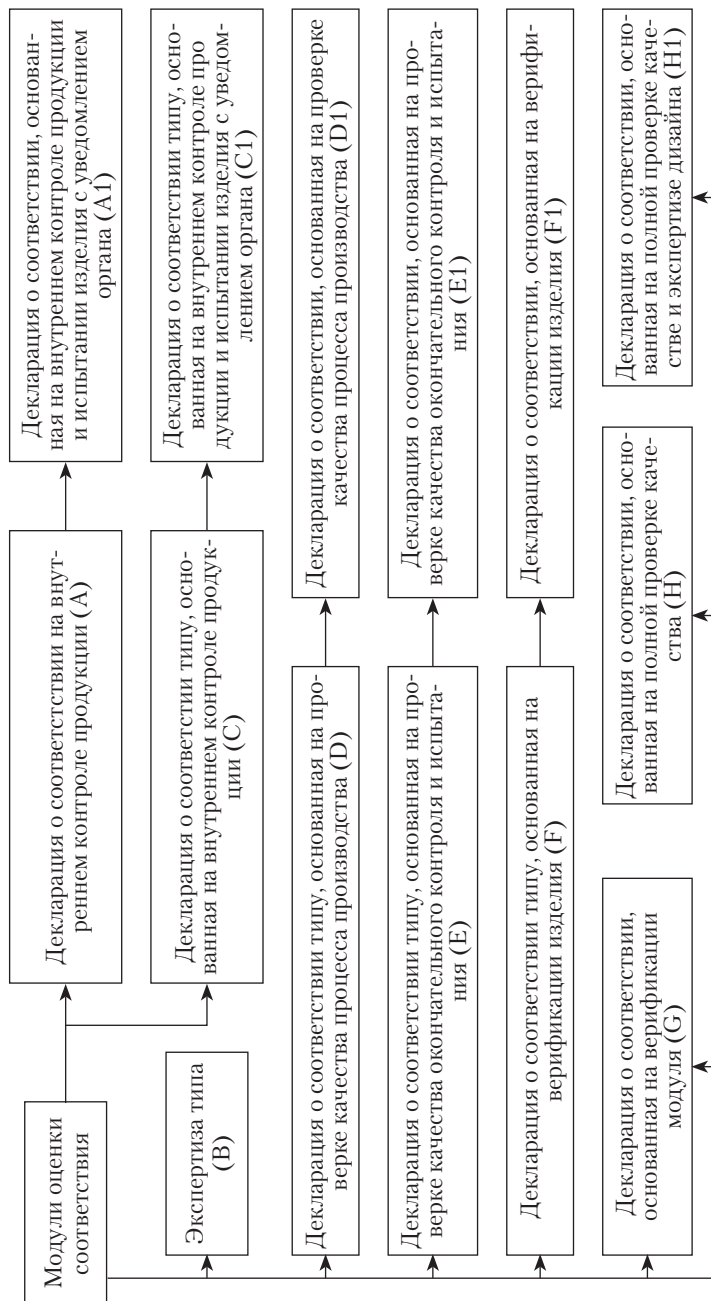


Рис. 15.4. Модули оценки соответствия измерительных приборов в MID

Как было сказано выше, директивы Нового и Глобального подходов содержат только общие требования к уполномоченным органам и общее описание процедур оценки соответствия с их участием. Для обеспечения деятельности уполномоченных органов применяются специальные международные и национальные руководства, где приведены процедуры и формы документов.

### 15.4. Виды деклараций о соответствии

Применяется несколько видов деклараций о соответствии. Их классификацию можно проводить по различным модулям оценки соответствия, объекту декларирования и др.

Остановимся на классификации по объекту декларирования. Можно выделить три вида деклараций в зависимости от объекта, соответствие которого подтверждается.

Декларация о соответствии первого вида предоставляется производителем и в ней заявляется, что указанная продукция в том виде, в котором производитель поставляет ее на рынок, соответствует всем существенным (общим) требованиям, содержащимся в директивах ЕС.

Декларация о соответствии второго вида принимается также производителем, но ее содержание и смысл иные. Она распространяется на незаконченную продукцию, которой предстоит монтаж, встраивание или соединение с другой продукцией. Вследствие этого заявляется, что вывод о соответствии продукции требованиям директив может быть произведен только после осуществления монтажа. Так же, как и в декларации о соответствии первого вида, в ней необходимо указать все директивы, гармонизированные стандарты и спецификации, которые были соблюдены при производстве.

Декларация о соответствии третьего вида принимается также производителем в соответствии со ст. 8 Директивы 98/37/ЕС «О машинах и оборудовании» в отношении элементов безопасности. Она имеет такой же формат, что и декларации первого и второго вида. Элементы безопасности должны быть описаны (идентифицированы) с указанием их функций безопасности. При подтверждении соответствия этих объектов необходимо так же, как и для оборудования, сначала определить, распространяется ли приложение IV Директивы на них. Затем определить, необходимо ли проведение

испытаний типового образца. Если таковое необходимо, то уполномоченный орган проверяет выполнение элементами заявленных функций безопасности.

Знак СЕ — это не маркировка в классическом смысле слова, а подтверждение наличия декларации о соответствии, маркировка, адресованная прежде всего органам государственной власти. И в этом заключается важное принципиальное отличие маркировки знаком СЕ от знака обращения на рынке, который адресован прежде всего приобретателям.

Само по себе отсутствие СЕ-маркировки не является достаточным основанием признания продукции не соответствующей требованиям директивы и признания ее опасной. Продукты, не маркированные знаком СЕ, могут свободно обращаться на рынке, даже если в отношении них действуют предписания директив СЕ, предусматривающие маркировку. В конечном счете, нормы об ответственности распространяются на всю продукцию, независимо от ее маркировки, и решающими являются объективные качественные показатели.

В случае нанесения СЕ-маркировки без достаточных на то оснований производитель обязан привести продукцию в соответствие с минимальными требованиями директивы.

Если в процедуре подтверждения соответствия третья сторона все-таки принимала участие, то это отражается и в маркировке. Например, путем дополнения к знаку СЕ четырехзначного кода, означающего код органа, принимавшего участие в проведенной проверке, или указания кодов нескольких органов, участвующих в процедуре оценки, или нанесение дополнительных маркировок.

В Европе декларация о соответствии означает как выходной документ, подтверждающий соответствие, так и собственно процедуру оценки соответствия.

Если гармонизированные стандарты не применяются или отсутствуют, то директивы действуют напрямую и производитель должен доказывать соблюдение существенных требований директивы путем проведения испытаний, что и будет отражено в декларации о соответствии.

**Руководство ИСО/МЭК 53:2005** «Оценка соответствия — Руководство по использованию системы менеджмента качества организации в сертификации продукции» согласовано с концепцией и терминологией стандартов ИСО серии 9000 версии 2004 г. Также немаловажным достоинством нового издания является использование функционального

подхода, закрепленного в стандарте ИСО/МЭК 17000:2004. Последнее обстоятельство очевидно уже из структуры нового руководства, построенной на основе функций оценки соответствия из этого стандарта:

- отбор;
- определение;
- анализ и подтверждение соответствия;
- инспекционный контроль.

Руководство ИС/МЭК 53:2005 отмечает, что схемы сертификации продукции, включающие оценку СМК организации, могут быть выгодны как для самой организации, так и для органа по сертификации в определении соответствия продукции заданным требованиям и для обеспечения того, что продукция продолжает соответствовать этим требованиям.

**Руководство ИСО/МЭК 60:2004** «Оценка соответствия — Кодекс наилучшей практики»:

- рекомендует наилучшую практику для всех элементов оценки соответствия, включая нормативные документы, органы, системы, схемы и результаты;

- предназначено для использования как индивидуально, так и органами, желающими обеспечить, продвигать или использовать этические и надежные услуги оценки соответствия. Среди них испытательные и калибровочные лаборатории, инспекционные органы, органы по сертификации продукции, органы по сертификации/регистрации систем менеджмента, органы по сертификации персонала, органы по аккредитации, организации, обеспечивающие декларирование соответствия, дизайнеры (проектировщики) и администраторы систем и схем оценки соответствия, а также пользователи оценки соответствия.

Руководство ИСО/МЭК 60:2004 разработано, чтобы облегчить торговлю на международном, региональном и национальном уровнях. Кроме того, оно предназначено для продвижения самых современных методов оценки соответствия, которые в мире ныне характеризуются рядом общепринятых свойств и соответствуют принципам ВТО (рис. 15.5).

**Руководство ИСО/МЭК 67:2004** «Оценка соответствия — Основы сертификации продукции» дает наставления по системам сертификации продукции, идентифицируя их различные элементы, основанные на текущей практике для облегчения международного признания. Оно предназначено для использования органами по сертификации продукции

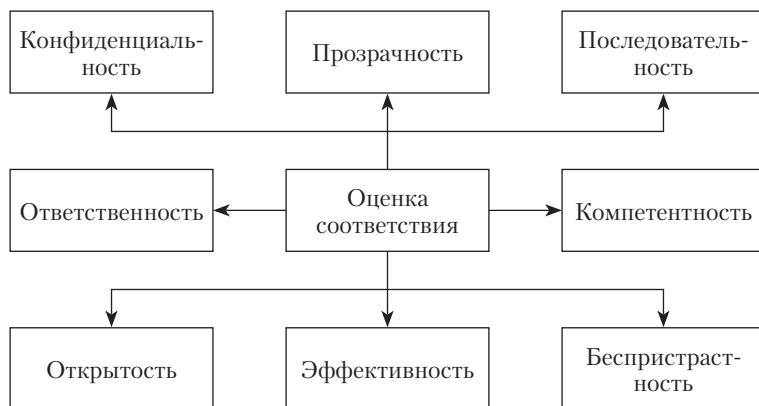


Рис. 15.5. Свойства и принципы оценки соответствия ВТО

и другими заинтересованными сторонами, желающими осмыслить, развивать, устанавливать или сравнивать системы сертификации продукции третьей стороной.

15 сентября 2006 г. Международной организацией по стандартизации опубликован стандарт **ИСО/МЭК 17021:2006** «Оценка соответствия — Требования для органов, выполняющих аудит и сертификацию систем менеджмента». Он разработан Комитетом ИСО по оценке соответствия (КАСКО) в рамках 21-й рабочей группы (ISO/IEC CASCO/WG21) с целью повышения доверия к сертификации систем менеджмента.

Стандарт содержит принципы и требования для обеспечения компетентности, последовательности и беспристрастности для выполнения аудита и сертификации систем менеджмента всех типов и для органов, выполняющих эти действия. Особенно важен тот факт, что он является совместимым для дальнейшей экспансии сертификации систем менеджмента, как существующих, так и будущих. Весь стандарт разработан как единый документ, содержащий согласованные на международном уровне требования для органов по сертификации и их действий относительно:

- систем менеджмента качества (ISO 9001:2000);
- систем экологического менеджмента (ISO 14001:2004);
- систем менеджмента безопасности пищевых продуктов (ISO 22000:2005);

- систем менеджмента информационной безопасности (ISO/IEC 27001:2005);
- систем менеджмента безопасности по цепочке поставки (ISO/PAS 28000:2005).

Несмотря на объединение требований в рамках одного стандарта, в развитие его общих требований применительно к органам по сертификации отдельных систем менеджмента сегодня разрабатываются и принимаются документы, включающие требования специального характера, которые отражают специфику этих систем.

Новый стандарт может использоваться как документ, содержащий критерии для аккредитации органов по сертификации, их сравнительной экспертной оценки другим органом и других процессов аудита.

В ряде стран Европы (Нидерланды, Великобритания) этот стандарт получил статус национального. В настоящее время разрабатывается продолжение этого стандарта ISO/IEC NP 17021-2. Часть 2. «Требования для аудита СМК, выполняемого третьей стороной». Руководство ИСО/МЭК 68:2002 «Оценка соответствия меры для признания и принятия результатов оценки соответствия» исходит из следующего непреложного факта: первичная цель оценки соответствия — обеспечить доверие пользователей в том, что требования к продукции, услугам и системам были выполнены. Одна из причин, почему международная торговля подвержена повторным оценкам соответствия — это именно недостаток доверия со стороны пользователей оценки соответствия в одной стране относительно компетентности органов, выполняющих оценку соответствия в других странах. Некоторым мерам по преодолению этого недостатка и посвящено данное Руководство.

Комитет ИСО по оценке соответствия — КАСКО проводит большую работу по совершенствованию документации в серии «Оценка соответствия». Так, приняты:

- новый стандарт ИСО/МЭК 17000:2004 «Оценка соответствия — Словарь и общие принципы»;
- восьмое издание Руководства ИСО/МЭК 2:2004;
- стандарт **ИСО/МЭК 17011:2004** «Оценка соответствия — Общие требования к органам по аккредитации, проводящим аккредитацию органов по оценке соответствия»;
- стандарт **ИСО/МЭК 17050-1:2004** «Оценка соответствия — Декларация поставщика о соответствии — Общие требования»;

- стандарт **ИСО/МЭК 17050-2:2004** «Оценка соответствия — Декларация поставщика о соответствии — Поддерживающие документы»;
- стандарт **ИСО/МЭК 17021.2** «Оценка соответствия — Требования к органам, выполняющим проверку и сертификацию систем менеджмента»;
- будущий стандарт **ИСО 17007** «Оценка соответствия — Руководящие указания для разработки проектов стандартов и заданных требований, подходящих для использования в оценке соответствия».

Главная цель Глобального подхода заключается в обеспечении **прозрачности систем оценки соответствия**. Одно из основных средств их достижения — гарантия компетентности органов по оценке соответствия и уровня доверия к ним, которые можно объективно проверить. А это в свою очередь способствует взаимному признанию и принятию результатов (протоколов испытаний, сертификатов и т.д.) деятельности органов по оценке соответствия. Поэтому важно установить объективные критерии назначения органов по оценке соответствия.

Орган по оценке соответствия — это «Глобальный зонтик» (рис. 15.6), который накрывает все связанные с этой деятельностью органы по аккредитации, органы контроля, испытательные и калибровочные лаборатории, а также органы по сертификации. Органы по оценке соответствия, назначенные согласно директивам ЕС на основе Глобального подхода, известны как «нотифицированные», т.е. уполномоченные органы.

Аккредитация в международно признанных органах по аккредитации органов по оценке соответствия означает автоматическое признание их документов (сертификатов, деклараций о соответствии и пр.) в большинстве стран мира.

Хотя аккредитация впервые была введена на добровольной основе, Глобальный подход повысил ее значимость и использование в законодательной практике. В настоящее время имеется свыше 20 директив, разработанных на основе Глобального подхода и распространяющихся на широкий спектр продукции и услуг.

Для того чтобы повысить интерес к аккредитации как способу укрепления доверия, Европейская комиссия поддержала работу Многостороннего соглашения (МА), основанного Европейским сотрудничеством по аккредитации (ЕА). Цель ЕА — способствовать взаимному признанию результатов оценки соответствия.

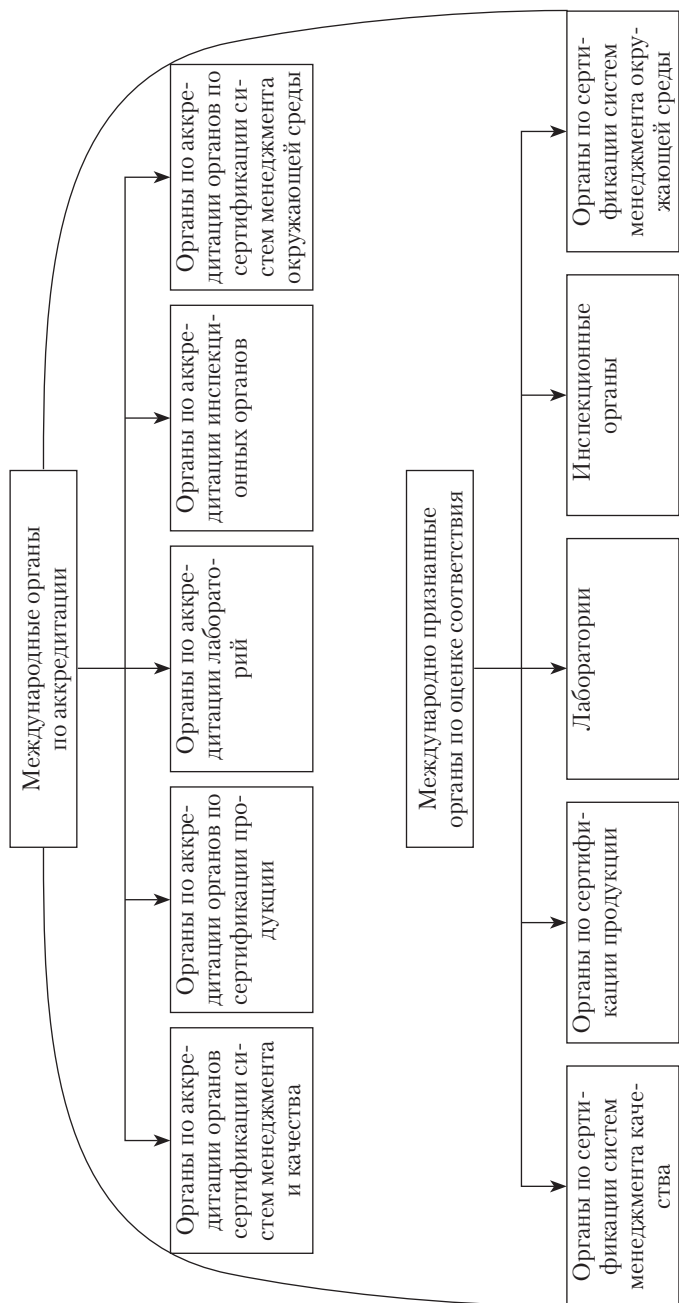


Рис. 15.6. «Глобальный зонтик»



## 15.5. Принципы беспристрастности при оценке соответствия

Вопросы беспристрастности экспертов при оценке соответствия в отечественной практике впервые подняты в статье [76]. Здесь показано, что идея беспристрастной оценки — оценивание себе равных для установления доверия друг к другу — является старой, как человеческое общество и в современной мировой экономике она стала полезным инструментом для устранения барьеров в торговле.

Взаимную оценку проводят сами организации, занимающиеся признанием результатов оценки соответствия. Это означает, что органы по сертификации (ОС) и испытательные лаборатории (ИЛ), действующие по единым правилам в рамках работ по подтверждению соответствия, могут проводить оценку деятельности друг друга на основе установленных критериев.

Исследования по вопросам беспристрастности осуществляются в рабочей группе РГ 19 CASCO (КАСКО). «Беспристрастная оценка» и началась в Комитете оценки соответствия (САВ) МЭК в 1998 г. Опыт работы САВ МЭК прежде всего показал, что, с одной стороны, развитие аккредитации в мировом масштабе выявило дефицит ее независимости и объективности, что в свою очередь поставило вопрос о предназначении беспристрастной оценки, а с другой стороны, опыт дал возможность увидеть, до какой степени аккредитация может быть использована как часть процесса беспристрастной оценки и наоборот.

Одной из основных задач, поставленных перед РГ 19 CASCO, стала подготовка проекта международного стандарта ИСО/МЭК CD 17040 «Беспристрастная оценка», предназначенного для того, чтобы сделать доступной лучшую практику беспристрастной оценки для всех тех, кто вовлечен в процесс оценки соответствия. Этот международный стандарт предназначен также для повышения доверия к беспристрастной группе, силами которой работа проводится компетентно и должным образом, со стороны тех, кто использует оценку соответствия или зависит от результатов оценки соответствия.

Не менее важной задачей РГ 19 CASCO является согласование проекта международного стандарта ИСО/МЭК CD

17040 с проектом Руководства ИСО/МЭК 68 «Меры по признанию и принятию результатов оценки соответствия».

В проекте Руководства ИСО/МЭК 68 указывается, что главной альтернативой беспристрастной оценке является процесс аккредитации, проводимый организацией, которая независима от членов беспристрастной группы.

Ведущие зарубежные органы по аккредитации активно работают в IAF — Международном форуме по аккредитации и ИЛАК — Международном сотрудничестве по аккредитации лабораторий (для сертификации и испытаний соответственно) с целью гармонизации своих действий и продвижения вперед равноценности и взаимного признания результатов их деятельности в области аккредитации. Обе организации используют беспристрастную оценку и вносят значительный вклад в работу РГ 19 КАСКО.

В настоящее время органы по аккредитации полагаются на беспристрастную оценку, чтобы поддержать международные соглашения с целью оказания содействия взаимному признанию результатов оценки соответствия.

Лозунг — один стандарт, одно испытание, признаваемые во всем мире, в полной мере соответствует интересам изготовителя — свести до минимума количество испытаний и сертификатов, необходимых для поставок продукции в различные страны. Соглашения по взаимному признанию, основанные на беспристрастной оценке, содействуют достижению этой цели и, следовательно, отвечают законным нуждам рынка.

Целесообразность использования беспристрастной оценки как самостоятельной процедуры или ее элементов при аккредитации отечественных организаций оценки соответствия предстоит еще исследовать. Но при этом крайне важно отвести должное место элементам процедур беспристрастной оценки в практике проведения работ по аккредитации с учетом соблюдения одного из принципов, заложенного в Закон о техническом регулировании: о недопустимости совмещения одним органом функций по аккредитации и сертификации.

Из опыта применения беспристрастной оценки ясно, что ее суть не противоречит положениям Закона. Группа развития как таковая не занимается сертификацией и испытаниями, однако экспертные комиссии по проведению беспристрастной оценки, которые она организует, полностью состоят из прошедших специальное обучение экспертов, работающих в НСО

СБ и ИЛ СБ, т.е. в организациях, занимающихся непосредственно сертификацией и испытаниями.

Кроме того, и в отечественной практике проведения работ по оценке соответствия этот принцип в основном уже сегодня реализуется.

Действительно, осуществление функций органа по аккредитации производится организацией, принимающей решения по аккредитации (выдающей аттестаты аккредитации), а функции органов по сертификации выполняют другие организации, аккредитованные органом по аккредитации в установленном порядке.

Такой подход открывает широкие возможности для использования при аккредитации элементов беспристрастной оценки через привлечение высококвалифицированных экспертов.

## 15.6. Маркировка знаком соответствия

Принципы Нового и Глобального подходов реализуются более чем в 20 директивах, целый ряд которых предусматривает маркировку знаком СЕ. Нанесение такой маркировки на продукцию должно означать ее соответствие требованиям всех директив, под действие которых подпадает этот продукт. СЕ-маркировка является внешней формой выражения успешного прохождения процедур подтверждения соответствия, которая предусматривается в директивах и регулируется в них, надо заметить, не всегда единообразно.

В директивах приведены положения, размеры правила маркирования.

Маркирование знаком СЕ (Conformite Europeenne — европейское соответствие) означает, что продукция прошла все необходимые процедуры оценки соответствия требованиям распространяющихся на нее директив. Эта маркировка обеспечивает доступ к свободному обращению товара на рынке стран — членов Евросоюза, а также Норвегии, Исландии, Лихтенштейна: государств — участников Соглашения по Европейскому экономическому пространству (ЕЕА). Маркировка наносится лицом, ответственным за проведение оценки соответствия (т.е. изготовителем или его уполномоченным представителем на территории ЕС либо лицом, ответственным за выпуск продукции на рынок). Она может содержать не только изображение знака, но и идентификационный номер упол-

номоченного органа, который принимал участие в проведении оценки соответствия. В маркировке может быть указан также год ее нанесения, однако в последнее время эта информация опускается.

Следует обратить внимание на то, что нельзя наносить на продукцию маркировку знаком СЕ, если это не предусмотрено директивами ЕС, т.е. своевольная маркировка правом ЕС не допускается. Таким образом, если директивы не предусматривают возможность СЕ-маркировки для данного вида продукции, то в отношении нее применяется только декларация о соответствии. Как это, к примеру, установлено в Директиве 96/48/ЕС «О высокоскоростных железнодорожных системах» или в Директиве 2001/16/ЕС «О трансевропейских железнодорожных системах».

Директивы Нового и Глобального подходов устанавливают, что выходным документом после проведения процедуры оценки соответствия является декларация о соответствии, которую, как правило, принимает сам производитель и в которой он заявляет, по им же самим представленным данным, что его продукция соответствует всем действующим директивам ЕС, под которые подпадает данная продукция.

Иногда на продукцию наносят и другие знаки, например, GS — *geprüfte Sicherheit* (проверенная безопасность).

Правила нанесения рядом с СЕ-маркировкой иных знаков строго регламентированы. Законодателю было явно важно предотвратить появление похожих знаков или применение отвлекающих знаков. Поэтому, например, в Германии существует рекомендация правительства, по которой следует отказаться от нанесения знака GS на продукцию, если маркировка знаком СЕ и знак GS подтверждают проведение схожих проверок и испытаний. Однако, в отличие от знака СЕ, знак GS может наноситься производителями добровольно.

Знак СЕ — это не маркировка, как было отмечено в параграфе 15.4, в классическом смысле слова, а, скорее, подтверждение наличия декларации о соответствии, маркировка, адресованная прежде всего органам государственной власти, контрольным и надзорным органам.

Мнение о том, что как декларация о соответствии, так и маркировка знаком СЕ могут основываться лишь на собственных доказательствах производителя, еще не означает, что требования гармонизированных стандартов выполнены. Ведь производитель мог ошибиться при подтверждении соответствия без участия третьей стороны.

Знаки соответствия разных стран и разных сфер сертификации приведены на рис. 15.7. Здесь знак Немецкого института стандартов DIN (рис. 15.7, *а*), учрежденный еще в 1920 г. К этому же времени относится учреждение знака VDE (рис. 15.7, *б*) Немецкой электротехнической ассоциации. В Великобритании для автомобильных ремней безопасности используется «метка безопасности» (рис. 15.7, *в*), а Британский институт стандартов сертифицированную продукцию отмечает знаком «бумажный змей» (рис. 15.8, *з*). Французская ассоциация по стандартизации ввела знак NF (рис. 15.7, *е*), а Японская — знак JIS (рис. 15.7, *ж*). Краткое описание систем сертификации за рубежом приведено ниже.

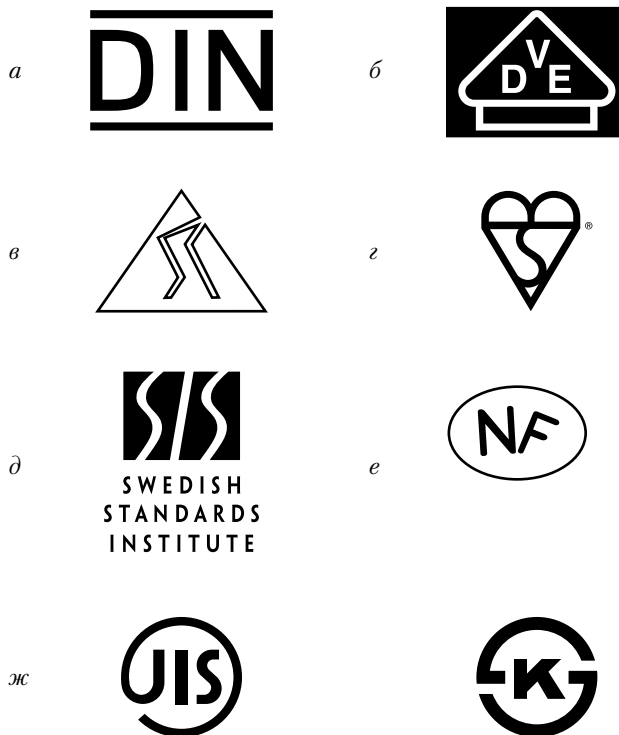


Рис. 15.7. Знаки соответствия в зарубежных странах:  
*а, б* — Германия; *в, г* — Великобритания; *д* — Швеция; *е* — Франция; *ж* — Япония; *з* — Южная Корея

## 15.7. Зарубежная сертификация

### 15.7.1. Развитие сертификации в отдельных странах

Как следует из вышеизложенного, успешное развитие отечественной сертификации невозможно без тесного взаимодействия с зарубежными странами и отдельными фирмами, специализирующимися в области сертификационных услуг.

Наибольший опыт в этом отношении приобрели специалисты Германии, которые начали развивать принципы сертификации в 1920—1930-е гг. В 1920 г. Немецкий институт стандартов (DIN) учредил в Германии знак соответствия стандартам DIN, 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 DIN зарегистрирован в ФРГ в соответствии с законом о защите торговых знаков.

*Сертификация в Германии* базируется на законе об ответственности за изготовление недоброкачественной продукции, который гармонизирован с законодательством стран — членов ЕС и служит законодательной базой для сертификации в рамках единого рынка. Общенациональная система сертификации в стране включает несколько систем сертификации, удовлетворяющих потребности германской экономики на 80—90%. Среди наиболее известных — Система А1 — система сертификации соответствия стандартам DIN.

Система А1 охватывает все виды изделий, на которые установлены требования в стандартах DIN. К ней имеют одинаковый доступ германские и зарубежные организации, заинтересованные в сертификации своей продукции. Система носит добровольный характер.

Другие системы обеспечивают сертификацию продукции строительного профиля, средств измерений, электротехнических и электронных изделий, газового оборудования, сельскохозяйственных и строительных материалов и т.д.

Примером сертификации конкретного вида продукции служит система сертификации электротехнического и электронного оборудования, действующая под эгидой Немец-

кой электротехнической ассоциации (VDE), основанная еще в 1893 г. По соглашению с DIN 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, который имеет свои испытательные подразделения и выполняет функции национального органа поверки средств измерений.

VDE может быть охарактеризована как уникальная отраслевая ассоциация, в которой гармонично сочетаются научная деятельность, стандартизация и сертификация с применением экспертизы всего промышленного сектора.

Под эгидой VDE действуют четыре системы сертификации:

- электротехнического оборудования для бытового применения, осветительного оборудования, трансформаторов безопасности, телевизионного и радиооборудования и др.;
- электрических кабелей и шнуров;
- оборудования на излучаемые от него электромагнитные помехи;
- изделий электронной техники.

Первые три системы сертификации являются обязательными. Практическое руководство системами сертификации осуществляет Институт по испытаниям и приемке, который проводит испытания продукции на соответствие стандартам: надзор за производством продукции и выборку образцов для периодических контрольных испытаний, испытания и исследование, а при необходимости — надзор за производством электротехнической, электронной продукции, изготавливаемой в соответствии с другими признанными правилами на основе специальных соглашений.

Таким образом, сертификация VDE является сертификацией, проводимой третьей стороной, и предусматривает максимальное количество мероприятий со стороны как предприятия-изготовителя, так и испытательных лабораторий и органов надзора, что позволяет гарантировать требуемый уровень качества продукции.

Широкий известностью пользуется также TÜV Rheinland Group, основанная 130 лет тому назад и охватывающая на сегодняшний день более 100 филиалов в 50 странах, с персоналом в 8200 человек. Через сеть своих филиалов группа TÜV Rheinland в состоянии предложить своим клиентам богатый выбор услуг, связанных с консультациями, проведением

испытаний, инспекций и сертификации (как обязательной, так и добровольной). Согласно директивам Нового подхода все филиалы группы «TÜV Reinland» являются уполномоченными (нотифицированными) органами и обладают огромным количеством аккредитаций в различных сферах деятельности.

Преимущество такого положения позволяет клиентам TÜV получить полный ассортимент услуг для товаров, предназначенных для разных рынков. Например: филиалы TÜV Reinland», будучи уполномоченными (нотифицированными) органами, согласно директивам ЕС, могут провести тестирование и анализ на соответствие продукта основным требованиям для получения маркировки СЕ. Дополнительно, организация может предоставить услуги по сертификации товара на получение GS (German Safety Mark — немецкая маркировка безопасности) и маркировку качества: TÜV Reinland PROOF, для получения которой, согласно стандартам Евросоюза и национальным стандартам, необходимо пройти дополнительное тестирование.

Следует отметить, что TÜV Reinland Group» успешно сотрудничает с тщательно разработанным национальным техническим законодательством и довольно сложной немецкой системой аккредитации. Организация также хорошо приспособлена к требованиям международного рынка, ее филиалы, расположенные по всему миру, успешно выполняют свои функции с учетом национальных директив.

В *Великобритании* сертификация, как и в Германии, охватывает многие отрасли промышленности и виды товаров. В этой стране действует несколько национальных систем сертификации, наиболее крупная — Британского института стандартов. Для продукции, сертифицируемой в этой системе, учрежден специальный знак («бумажный змей») соответствия британским стандартам, зарегистрированный и охраняемый законом (см. рис. 15.7, з). Метка в виде бумажного змея является зарегистрированным товарным знаком. Название «бумажный змей» связано с формой символа, которым маркируется прошедшая сертификацию продукция, BSI (British Standardization Institution).

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



этот стандарт BS 3254. В данном случае знак соответствия называется меткой безопасности (см. рис. 15.7, в).

Во *Франции* в 1938 г. декретом была создана национальная система сертификации знака NF (французский стандарт). Ответственность за общую организацию и руководство системой была возложена на Французскую ассоциацию по стандартизации (AFNOR). Система сертификации знака NF 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 AFNOR. Знак NF зарегистрирован во Франции в соответствии с законом о торговых и сервисных знаках (см. рис. 15.7, е).

После окончания Второй мировой войны началось практическое функционирование системы. В настоящее время она включает более 75 систем сертификации, каждая из которых распространяется на конкретные группы продукции. Например, по бытовым приборам и машинам действуют 15 систем сертификации (электробытовые приборы, бытовые холодильники и др.). Национальная система сертификации знака NF основывается на принципе децентрализации, за исключением важнейших вопросов, которые решаются AFNOR и Руководящим комитетом системы.

Начиная с 1981 г. 18 национальных организаций были признаны правительством Франции уполномоченными органами по сертификации. Среди них наиболее значительной, конечно, является AFNOR.

Кроме AFNOR, сертификацией во Франции занимается Французский центр внешней торговли (CNCE), Центр информации о нормах и технических регламентах (CINR), Союз электротехников (UTE).

CNCE отвечает за сертификацию экспортируемых и импортируемых товаров.

CINR осуществляет информационное обеспечение национальной системы сертификации и отраслей экономики.

UTE разрабатывает нормативные требования для сертификации электронной и электротехнической продукции.

Сертификация на знак NF носит добровольный характер. Исключение составляет продукция медицинского направления (материалы, лекарства, оборудование), где испытания, в том числе и клинические, обязательны. Такие товары маркируются знаком NF — MEDICAL.

Соответствие Директивам СЕ подтверждается сертификацией третьей стороной и знаком СЕ.

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 разрабатываются сотнями организаций, имеющими различный статус.

*Сертификация в США* базируется на многочисленных законах по безопасности различных видов продукции, которые и служат правовой основой сертификации соответствия. Важнейшим из них является Закон о безопасности потребительных товаров. Согласно этим законам обязательной сертификации подлежит продукция, на которую принят государственный стандарт, а также продукция, закупаемая государством на внутреннем и внешнем рынках. Обязательная сертификация контролируется государственными органами. Для этого образована национальная система аккредитации испытательных лабораторий, организуется система регистрации сертификационных систем.

Общее руководство сертификацией в стране осуществляет Сертификационный комитет, действующий в составе NIST — Национального института стандартов и технологий, который разрабатывает обязательные стандарты.

Сертификационный комитет координирует работы по стандартизации и представляет США в ИСО, МЭК и других международных организациях.

*Сертификация в Японии* осуществляется в трех формах:

- обязательная сертификация на соответствие законодательным требованиям;
- добровольная сертификация на соответствие национальным стандартам JIS, которую проводят органы, уполномоченные правительством;
- добровольная сертификация, которую проводят частные органы по сертификации.

Соответствие широкого диапазона товаров требованиям японских стандартов обозначается знаком JIS (см. рис. 15.7, ж).

По отдельным видам продукции в законах вводятся категории, характеризующие степень их опасности для пользователя.

Для более опасных товаров (категория А) предусмотрена сертификация третьей стороной, а для изделий категории

Б — заявление-декларация изготовителя. Электротехнические товары, не маркированные знаком соответствия Т, японский покупатель воспринимает как низкокачественные со всеми вытекающими отсюда последствиями для изготовителя и продавца.

Экспортер товаров на японский рынок должен представлять свой продукт на испытание в соответствующем японском испытательном центре. Сделать это он имеет право только через японских посредников.

Для проведения сертификации систем качества была создана Японская ассоциация по сертификации качества (JAB), деятельность которой строится в соответствии с документами ИСО и МЭК.

*Сертификация в Китайской Народной Республике* основывается на государственных законах.

Основными организациями, осуществляющими на государственном уровне управление качеством продукции, являются Государственное бюро по техническому надзору (ГБТН) и Государственное управление по инспекции импортных и экспортных товаров (ГУИИЭТ), которое осуществляет контроль экспортной и импортной продукции, включая их сертификацию.

Национальные стандарты КНР, содержащие требования безопасности, охраны здоровья, экологической защиты и защиты прав и интересов потребителей, являются обязательными. Остальные стандарты носят рекомендательный характер.

В КНР действуют следующие знаки, применяемые на импортируемых и экспортируемых товарах:

- знак безопасности для здоровья — буквы ССІВ в круге голубого цвета с индексом Н, означающим «здоровье»;
- знак безопасности — буквы ССІВ в круге желтого цвета с индексом S, означающим «безопасность»;
- знак качества — буквы ССІВ в круге красного цвета с индексом Q, означающим «качество».

В *Польше* основные работы по сертификации возложены на Офис Технической инспекции (UDT).

UDT — организация, схожая с TÜV Rheinland и являющаяся наглядным примером того, как в течение одного десятилетия можно адаптироваться к требованиям рыночных отношений. В начале XX столетия UDT первоначально был создан как «Общество Инспекции Паровых Котлов». Их деятельность заключалась в проведении инспекций установки оборудо-

вания, работающего под давлением, такого, как подъемные устройства, контейнеры, резервуары и т.п. Своим главным обязательством UDT считает проведение процедур оценки соответствия оборудования на определение соответствия требованиям и спецификациям в их различных стадиях — дизайна, производства и обслуживания. Компания также специализируется на проведении анализа по безопасности и повреждениям и распространении информации о проблемах технической безопасности. UDT является неторговой организацией.

После вступления Польши в Евросоюз в 2004 г., согласно 11 директивам Нового подхода польское правительство назначает UDT уполномоченным (нотифицированным) органом, тем самым открывая перед польскими производителями двери в мир единого европейского рынка.

Перед UDT встают новые задачи — соответствие требованиям и растущему спросу нового рынка, и, чтобы идти в ногу с быстроразвивающимися событиями, UDT расширяет границы своей деятельности и создает новые виды услуг в сферах качества, аккредитации и сертификации, в том числе персонала.

### 15.7.2. Сертификация на региональном уровне

Для преодоления в международной торговле так называемых технических барьеров, возникающих из-за различий в требованиях национальной сертификации, многие страны, кроме заключения двусторонних соглашений, объединенными усилиями стали формировать региональные и международные организации по сертификации. Цель таких организаций — оптимизация правил и условий внешней и внутренней торговли, разработка единых стандартов и организационно-методических документов, обеспечивающих гармонизацию процедур во всех областях деятельности по сертификации.

Наиболее значимой из таких организаций в Европе является **Европейский союз (ЕС)** — преемник Европейского сообщества, созданный в 1993 г. в соответствии с так называемым Маастрихтским договором. В настоящее время ЕС объединяет 25 стран.

Отмена технических (нетарифных) барьеров для свободной торговли товарами — одна из целей стран ЕС. Странами ЕС предусмотрено выполнение программы по устранению различий между национальными стандартами и техническими

регламентами через разработку Директив ЕС и евростандартов. Одновременно выдвинуто жесткое требование: европейские стандарты должны иметь высокий научно-технический уровень и отражать новейшие достижения в технике и технологии, а Директивы ЕС — содержать эффективные меры, препятствующие проникновению в ЕС опасной для населения и окружающей среды продукции.

В ЕС действует принцип взаимного признания: если имеется Директива ЕС, соответствие товара любому стандарту в любом государстве — члене Союза дает право выхода этого товара на весь европейский рынок.

Для оценки соответствия продукции евростандартам согласно решению Совета ЕЭС используются так называемые *модули* — способы подтверждения соответствия, каждый из которых является совокупностью определенных типовых процедур. Выбор процедур соответствия предоставляется изготовителю.

На региональном европейском уровне функционируют различные организации, обеспечивающие реализацию интеграционной политики ЕС.

К ним относятся такие организации, как Европейская организация по качеству (ЕОК), Европейский комитет по стандартизации (СЕН), Европейская организация по содействию сотрудничеству испытательных лабораторий (ЕВРОЛАБ), Европейская организация по испытаниям и сертификации (ЕОИС), Европейский комитет по оценке и сертификации систем качества (ЕКС) и др.

Программа сотрудничества ЕС и России (официально известная как Tasis) представляет собой инструмент практической реализации Соглашения о партнерстве и кооперации. В рамках Программы осуществляется обмен опытом между Россией и странами — членами Евросоюза в различных сферах кооперации. В настоящее время Программа включает более 250 проектов.

К региональным организациям относится также учрежденный в 1992 г. государствами Содружества Независимых Государств (СНГ) **Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС)**. В 1996 г. МГС признан ИСО как региональная организация под названием «Евразийский межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации». В работе МГС принимают участие суверенные государства, бывшие республики СССР.

К числу основных задач МГС относятся:

- осуществление согласованных работ по стандартизации, метрологии, сертификации продукции, работ, услуг и систем качества;
- устранение технических барьеров в экономическом сотрудничестве;
- обеспечение объективной оценки качества продукции и взаимного признания сертификатов и знаков соответствия на поставляемую продукцию.

В ближайшей перспективе планируется разработка общего для стран СНГ законодательного акта «О сертификации продукции и услуг» и межгосударственных нормативных документов, устанавливающих общие требования к правилам (порядкам) проведения сертификации продукции, а также введение единой формы сертификата и знака соответствия.

Среди других важных региональных организаций, осуществляющих свою деятельность по обеспечению взаимного признания результатов работ по стандартизации и сертификации, можно выделить следующие:

- **Международная ассоциация государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН)** — межправительственная организация, объединяющая в настоящее время шести стран и созданная с целью решения задач развития регионального сотрудничества в области стандартизации и сертификации, содействия развитию промышленности и торговли;

- **Африканская региональная организация по стандартизации (АРСО)**, созданная в 1977 г. с целью содействия развитию стандартизации, сертификации и испытаний в 23 африканских государствах;

- **Арабская организация по стандартизации и метрологии (АСМО)**, действующая с 1968 г. В ее работе принимают участие 17 арабских стран;

- **Панамериканский комитет стандартов (КОПАНТ)**, учрежденный в 1961 г. странами Центральной и Латинской Америки;

- **Межскандинавская организация по стандартизации (ИНСТА)**, созданная в 1952 г. по инициативе национальных организаций по стандартизации Дании, Норвегии, Финляндии и Швеции, и ряд других европейских организаций по стандартизации, метрологии и сертификации.

### 15.7.3. Сертификация на международном уровне

Значительную роль в становлении и развитии международной, региональной и национальной сертификации,

имеющих целью устранение технических барьеров в торговле, играют ряд важных международных организаций. Дадим краткую характеристику некоторым из них.

Крупнейшей международной организацией, ставящей своей целью разработку правил и условий мировой торговли, является **Генеральное соглашение по тарифам и торговле (ГАТТ)**. С 1993 г. ГАТТ преобразован во **Всемирную торговую организацию** — ВТО.

В настоящее время членами ВТО являются 123 государства, на долю которых приходится около 90% мирового товарооборота. В 1992 г. Российская Федерация унаследовала от СССР статус наблюдателя в ГАТТ. Статус наблюдателя открыл перед нашей страной ряд существенных возможностей, позволив, в частности, привлекать специалистов ВТО к экспертизе российского внешнеэкономического законодательства, а также пользоваться в полном объеме имеющейся в ВТО информацией о торговой статистике, ограничительных мерах, вводимых другими странами, и т.д.

Около 20 государств, в том числе Россия и другие страны СНГ, находятся в стадии присоединения к Генеральному соглашению. Целями присоединения России к ВТО в качестве полномочного участника являются:

- устранение дискриминационных ограничений в отношении российского экспорта и улучшение доступа на мировые рынки российских товаров и услуг;
- перевод торгово-экономических отношений России с третьими странами на равноправную, долгосрочную экономико-правовую основу и, как следствие, повышение конкурентоспособности всех отраслей российской экономики;
- совершенствование внутренней законодательной базы и практики ее применения с целью дальнейшего развития экономических реформ.

Основные требования ВТО в области стандартизации сводятся к тому, чтобы технические регламенты и стандарты, разрабатываемые участниками Соглашения, не создавали препятствий международной торговле. В тех случаях, когда необходимо разработать технические регламенты или стандарты, а соответствующие международные стандарты уже существуют или находятся на стадии разработки, стороны должны использовать эти стандарты, полностью или частично, в качестве основы.

Требования ВТО в области оценки соответствия сводятся к следующему. Стороны должны гарантировать, что

системы оценки соответствия разрабатываются и применяются так, чтобы не создавать препятствий в международной торговле. В случае, если соответствующих рекомендаций международных организаций не существует или системы оценки соответствия отличаются от рекомендаций международных организаций, как можно раньше обеспечить издание уведомления о предполагаемом введении системы оценки соответствия, чтобы все заинтересованные стороны могли своевременно ознакомиться с этим уведомлением.

**В области информации** ВТО требует, чтобы каждая страна обеспечила создание информационно-справочной службы для ответов на запросы заинтересованных лиц других сторон, касающихся любых технических регламентов, любых стандартов, принятых или разрабатываемых центральными или местными правительственными органами или региональными органами по стандартизации, любых систем оценки соответствия, действующих или разрабатываемых на их территориях, применяемых центральными или местными правительственными или неправительственными органами.

Деятельность **Международной организации по стандартизации (ИСО)** в области сертификации заключается в организационно-методическом обеспечении данной процедуры. При разработке стандартов ИСО на продукцию основной акцент делается на установление единых методов испытаний, а также на определение требований к продукции в части ее безопасности для жизни, здоровья людей, охраны окружающей среды, взаимозаменяемости.

### 15.8. Зарубежная аккредитация

Самый легкий и быстрый способ проверки компетентности организаций, специализирующихся на оценке соответствия, — это аккредитация. В Европе существует ряд международных организаций по аккредитации (табл. 15.1), значение гармонизированного международного критерия для оценки деятельности этих организаций (СABs) может быть подтверждено наглядным примером деятельности около 25 000 лабораторий по всему миру, аккредитованных в соответствии с ISO/IEC 17025 «Основные требования для подтверждения компетентности лабораторий по испытаниям и калиброванию»



(в России — ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000). Наличие аккредитации у организаций, специализирующихся на оценке соответствия, гарантирует их компетентность и сводит к минимуму риск получения непрофессиональных услуг. Задача аккредитации, определенная правительством, состоит в защите интересов общественности.

Таблица 15.1

### Международные организации по аккредитации

Принятая аббревиатура	Полное название	Цели и задачи
ILAC	Международная конференция по аккредитации лабораторий, основана в 1977 г.	Обмен опытом между органами по аккредитации и лабораториями
IAF	Международный форум по аккредитации, основан в 1993 г.	Унификация систем и критериев аккредитации в Европе и в мире
EA	Европейская кооперация по аккредитации испытательных лабораторий и органов по сертификации	Формирование доверия к испытаниям и сертификации в Европе
IAL	Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий и органов контроля	Разработка нормативов по использованию международных стандартов

Со своей стороны, аккредитирующие органы стремятся к международному признанию и гармонизации работы посредством взаимодействия с двумя международными организациями IAF и IAL. На сегодняшний день российские органы по аккредитации не являются членами этих организаций. Для своих членов IAF и IAL разрабатывают руководства по применению обязательных международных стандартов и правил.

Структура и работа аккредитирующих органов должны быть построены таким образом, чтобы защищать собственную беспристрастность и профессионализм. Для обеспечения принципа беспристрастности, поддержки и развития политики и правил своей деятельности аккредитирующий орган

должен разработать соответствующую структуру и документированные процедуры для привлечения заинтересованных сторон. Аккредитирующий орган должен следить за тем, чтобы интересы вовлеченных сторон (организаций по оценке соответствия, производителей и потребителей) были представлены пропорционально.

В организациях IAL и IAF разработаны механизмы «оценки, данные равным по должности», которые гарантируют работу аккредитирующих органов в соответствии с установленными международными стандартами. Те организации, которые успешно прошли «оценку, данную равным по должности», могут вступить в Соглашения о взаимном признании стандартов, заключаемые в определенных экономических отраслях. Стороны Соглашения о взаимном признании стандартов содействуют процессу развитию системы по принципу «одного окна» посредством взаимного признания и поддержки результатов проведения аккредитованной оценки соответствия. Теоретически это означает, что организациям по оценке соответствия достаточно получить аккредитацию для осуществления конкретной деятельности один раз от одного, а не нескольких аккредитирующих органов.

Приведенные выше примеры деятельности компаний Евросоюза наглядно демонстрируют развитие некоторых институтов независимой экспертизы. В роли главных движущих сил такого развития выступают изменения спроса рынка и требований законодательства. Как один из факторов влияния на свободное перемещение товара на рынке, национальный закон о техническом регулировании был заменен альтернативным гармонизированным законом Европейского союза, который ввел принципы всеобщего признания результатов оценки соответствия на территории Евросоюза. Фактически это означает, что органы инспекции и сертифицирующие органы теряют свою монополистическую роль на национальном рынке и вынуждены конкурировать с другими органами Евросоюза на условиях значительного сокращения случаев обязательного привлечения третьих сторон. Этот подход одобрили производители, но поставщикам услуг в области проведения оценки соответствия в целях выживания пришлось изменить свою стратегию на более гибкую, с большей ориентацией на рынок. Обычно такие компании, несмотря на первичную цель, стремятся расширить сферу своей деятельности, охватывая как регулируемые, так и нерегулируемые (добровольные) сектора.

Как правило, органы, предоставляющие свои услуги в качестве третьего лица, добиваются аккредитации как доказательства своей компетентности. У органов с более широким полем деятельности соответственно и большее количество аккредитаций. Европейская комиссия и государственные власти настаивают на применении аккредитации для оценки компетентности органов, занимающихся оценкой соответствия в процессе их учреждения и уведомления (нотификации). Как следствие, 90% уполномоченных (нотифицированных) органов аккредитуют. Таким образом, будучи добровольным требованием, аккредитация может содействовать государственным органам власти.

За исключением Германии, все другие страны Евросоюза имеют единый национальный орган по аккредитации, который предоставляет полный спектр услуг по аккредитации и проведению испытаний в добровольной и регулируемой сферах деятельности. В этом случае организации по проведению оценки соответствия (СABs) могут получить выгоду от объединенного подхода и применения идентичных требований, первоначально установленных европейскими, а затем и международными руководствами и стандартами по оценке соответствия и аккредитации.

Германия — единственный член Евросоюза, где несколько органов по аккредитации обладают компетенцией в разных секторах — добровольной и регулируемой. ЕА (Европейская организация по аккредитации) играет самую важную роль в содействии объединенного подхода к процессу аккредитации своих органов — членов Организации.

Свою работу ЕА выполняет в тесном сотрудничестве с организациями заинтересованных сторон, представители которых работают во всех технических комиссиях. Консультативный совет экспертов ЕА был создан с целью привлечения всех заинтересованных сторон — регулирующих органов, органов по проведению оценки соответствия, национальных органов власти, промышленности, органов по стандартизации и организаций потребителей.

## 15.9. Сертификационные корпорации

Для защиты собственных интересов организации, предоставляющие сертификационные услуги, разработали различ-

ные формы кооперации (например, EUROLAB, СЕОС и др.), некоторые организации объединились для совместной работы (например, Eurocer Building (добровольная форма сертификации качества в строительстве), Eurachem (сеть химико-аналитических лабораторий) и Европейская группа официальных испытательных лабораторий на огнестойкость).

EUROLAB, European Federation of National Associations of Measurement (Европейская федерация национальной ассоциации измерений, испытательных и аналитических лабораторий) была создана 15 лет назад представителями частных и общественных лабораторий, Европейской комиссией и EFTA EUROLAB. Она обеспечивает адекватные средства на обмен информацией и опытом, такие, как публикации меморандумов, излагающие позиции политических групп, технических отчетов, информационных писем, организации семинаров и экспертных групп. Примерами сфер их деятельности являются области обеспечения качества при проведении испытаний и неопределенности измерений. Разработка и перевод документации в этих сферах чрезвычайно важны для лабораторий, которые обязаны сохранять свою компетентность и подтверждать соответствие своей работы определенным стандартам.

EUROLAB стремится стать европейским центром работ по неопределенности измерений, организации взаимных сравнений и проверке профпригодности лабораторий. Лаборатории обязуются регулярно участвовать в национальных и международных программах по взаимному сравнению и проверке квалификации для подтверждения своей профессиональной состоятельности. Ассоциации национальных лабораторий — партнеры в EUROLAB — представляют общие интересы и требования своих членов в сфере аккредитации, сотрудничая с национальными органами по аккредитации и Европейской организацией по аккредитации соответственно. EUROLAB способствует развитию услуг по проведению экономически эффективного тестирования, калибрования и измерениям, для которых требования по точности и качеству должны быть определены в соответствии с реальными потребностями. В своей среднесрочной стратегии EUROLAB стремится использовать сеть своих организаций для развития отношений с общественностью.

СЕОС — группа, созданная на добровольной основе из независимых, частных, полуправительственных или правительственных организаций третьей стороны или ассоциаций таких

организаций, в целях проведения технической инспекции, сертификации продукции, систем управления качеством и профилактики рисков. Члены СЕОС признаны (уполномочены) общественными регулирующими органами власти проводить инспекцию и другие процедуры по оценке соответствия разнообразного оборудования, включая паровые котлы, лифты, грузоподъемные краны, промышленное оборудование, атомные электростанции и т.д. Большинство из них также являются уполномоченными органами, действующими в рамках директив Нового подхода Евросоюза. СЕОС представляет общие интересы своих членов, особенно перед институтами Евросоюза и всеми международными и европейскими организациями, деятельность которых имеет отношение к директивам, регламентам, стандартам и аккредитации. В своем лице СЕОС также представляет интересы своих членов перед соответствующей промышленностью и ее организациями, а также иными организациями по оценке соответствия, потребителями и общественностью. Фактически большинство членов СЕОС вовлечены в деятельность технической инспекции и организацию распространения информации, результатов исследований несчастных случаев и аварий. Тем самым СЕОС вносит значительный вклад в реализацию всех механизмов и регламентов, разработанных в рамках Нового и Глобального подходов. Организации — члены СЕОС работают в нескольких технических комиссиях и рабочих группах в различных областях экономики. В результате многогранной деятельности этой организации, на трех языках (английском, французском и немецком) было разработано и опубликовано более 100 рекомендаций по сертификации и инспекции, а также словари технических выражений. Многие из них включены в национальные и международные регламенты и стандарты.

EUROLAB и СЕОС действуют согласованно во избежание дублирования и ненужной затраты сил и средств на решение некоторых вопросов и координируя позиции, затрагивающие общие интересы их членов. Посредством своего участия в организациях, описанных выше, европейским услугодателям гарантировано, что все аспекты их интересов будут представлены на национальном и международном уровнях. Таким образом, представители EUROLAB и СЕОС, являющиеся членами Консультативного совета экспертов ЕА, могут представить позиции членов и в Совете.

Другая форма кооперации создана Европейской комиссией для уполномоченных (нотифицированных) органов, функциони-

рующих в соответствии с директивами Нового подхода. Постановление Совета 93/465 обязует Комиссию совместно с другими странами — членами Евросоюза обеспечить существование полной кооперации в работе уполномоченных (нотифицированных) органов; для этой цели были созданы группы уполномоченных органов в рамках большинства директив. Каждая группа включает в себя членов крупных заинтересованных сторон: представителей уполномоченных (нотифицированных) органов, Европейской комиссии, стран — членов Евросоюза, организаций по стандартизации, промышленных областей и наблюдателей. Обычно группы заседают один или два раза в год для обсуждения технических вопросов и подготовки документации по руководству и практических рекомендаций. Количество присутствующих на собраниях групп не ограничено; вся соответствующая информация размещена на интернет-сайте, ее интерактивная система обмена информацией обеспечивает участникам свободный доступ к библиотеке документов и позволяет комментировать проекты и предварительные планы, а также участвовать в дискуссиях на тематических форумах. Это позволяет уполномоченным органам не только активно участвовать во встречах и всегда находиться в курсе развивающихся событий, но и уменьшить транспортные расходы.

Сегодня Европейская комиссия ведет кампанию, направленную на укрепление сотрудничества и создание единой системы взаимодействия нотифицированных (уполномоченных) органов.

### Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику международным организациям ВТО, ИЛАК, КАСКО и ЕВРОМЕТ.
2. В чем смысл Соглашения ТБТ?
3. Что означает лозунг «один продукт, одно испытание — признание везде»?
4. Назовите причину возникновения Нового и Глобального подходов.
5. Назовите шесть тезисов Глобальной концентрации по сертификации и испытаниям.
6. Дайте характеристику модульным оценкам соответствия.
7. Какие существуют виды деклараций о соответствии?
8. Дайте характеристику новым руководствам ИСО/МЭК о соответствии.
9. Дайте характеристику стандартам ИСО/МЭК серии 17000.

10. Что такое «Глобальный зонтик»?
11. Что такое «беспристрастность» при оценке соответствия?
12. Назовите принципы получения «сертификата беспристрастности».
13. Охарактеризуйте зарубежные знаки соответствия.
14. Дайте характеристику системы сертификации в Германии.
15. Охарактеризуйте систему сертификации во Франции.
16. Дайте характеристику системы сертификации в США, Китае и Польше.
17. В чем смысл сертификации на региональном уровне?
18. В чем смысл сертификации на международном уровне?
19. Дайте характеристику международным организациям по сертификации и аккредитации.
20. Назовите принципы аккредитации за рубежом.
21. Дайте характеристику корпорациям EUROLAB и СЕОС.

# Приложения

## Приложение 1

### Терминологический словарь

**Аккредитация** — 1) официальное признание органом по аккредитации компетентности физического или юридического лица выполнять работы в определенной области оценки соответствия (Закон о техническом регулировании); 2) процедура подтверждения соответствия третьей стороной, относящаяся к органу по оценке соответствия, служащая официальным доказательством его компетентности для выполнения конкретных задач по оценке соответствия (ИСО/МЭК 17000:2004).

**Базовая длина** — длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих волнистость и шероховатость поверхности.

**Базовая линия** (поверхность) — линия (поверхность заданной геометрической формы), определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности.

**Безопасность** — состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

**Бочкообразность** — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения.

**Взаимозаменяемость** — свойство равноценно заменять при использовании любой из множества экземпляров изделий, их частей или иной продукции другим однотипным экземпляром.



**Верхнее отклонение** — алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

**Волнистость** — совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояние между смежными возвышенностями или впадинами превышает базовую длину.

**Воспроизводимость** — прецизионность в условиях воспроизводимости, при которой результаты измерений (испытаний) получают одним и тем же методом, на идентичных объектах испытаний, в разных лабораториях, разными операторами, с использованием различного оборудования.

**Вред** — материальный ущерб, который выражается в уменьшении имущества потерпевшего и (или) умалении нематериального блага (жизнь, здоровье и т.п.).

**Выброс** — элемент совокупности значений, который несовместим с остальными элементами данной совокупности.

**Высота неровностей профиля по десяти точкам** — сумма средних абсолютных значений высоты пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

**Гармонизированный стандарт (с техническим регламентом)** — национальный стандарт, включенный в перечень национальных стандартов, которые на добровольной основе могут использоваться для соблюдения требований технического регламента.

**Действительный размер** — размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

**Декларация о соответствии** — документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

**Декларирование соответствия** — форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

**Документ** — информация и соответствующий носитель.

**Допуск размера** — разность между наибольшим и наименьшим предельным размером или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

**Допуск посадки** — разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми зазорами или наибольшим и наименьшим допускаемыми натягами, в переходных посадках допуск посадки — сумма наибольшего натяга и наибольшего зазора или сумма допусков отверстия и вала.

**Единая система допусков и посадок** — совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

**Жизненный цикл продукции** — совокупность взаимосвязанных процессов создания и последующего изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до окончания ее эксплуатации (потребления) и утилизации.

**Заявитель** — физическое или юридическое лицо, осуществляющее обязательное подтверждение соответствия.

**Знак обращения на рынке** — обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

**Знак соответствия** — 1) обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту (Закон о техническом регулировании); 2) защищенный знак, выдаваемый органом, осуществляющим оценку соответствия третьей стороной, и указывающий на то, что объект оценки соответствия (продукция, процесс, лицо, система или орган) соответствует установленным требованиям (ИСО/МЭК 17030:2003 «Оценка соответствия. Общие требования к знакам соответствия третьей стороны»).

**Идентификация продукции** — установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам.

**Изготовитель** — организация независимо от ее организационно-правовой формы, а также индивидуальный предприниматель, производящие товары для реализации приобретателям.

**Импортер** — организация независимо от организационно-правовой формы, а также индивидуальный предприниматель, осуществляющие импорт товара для его последующей реализации на территории РФ.

**Исполнитель** — организация независимо от ее организационно-правовой формы, а также индивидуальный предприниматель, выполняющие работы или оказывающие услуги.

**Квалитет** — совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров.

**Комплекс стандартов** — совокупность взаимосвязанных документов, объединенных общей целевой направленностью и (или) устанавливающих согласованные требования к взаимосвязанным объектам стандартизации.

**Консенсус** — метод принятия решения на основе общего согласия и без формального голосования, если против не выступает никто из заинтересованных лиц.

**Контроль** — процедура оценивания соответствия, которая производится с помощью наблюдения и суждений, сопровождаемых определенными измерениями, испытаниями или калибровкой.

**Контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов** — проверка выполнения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований технических регламентов к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации и принятие мер по результату проверки.

**Конусообразность** — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны.

**Короткие интервалы времени** — период измерений (испытаний) при неизменных внешних условиях и постоянных рабочих режимах.

**Лаборатория** — 1) помещение, где на различном оборудовании работают несколько исследователей (операторов); 2) сочетание места, оборудования и оператора как единый аттестованный объект.

**Лабораторная составляющая систематической погрешности** — разность между систематической погрешностью лаборатории при реализации конкретного метода измерений (конкретной МВИ) и систематической погрешностью метода измерений (МВИ).

**Метод измерения** — измерительная процедура — совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результата измерений с установленной точностью.

**Межгосударственный стандарт** — региональный стандарт, принятый государствами, присоединившимися к Соглашению о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации.

**Международный стандарт** — стандарт, принятый международной организацией.

**Наблюдаемое значение** — значение характеристики, полученное в результате единичного наблюдения.

**Наибольшая высота неровностей профиля** — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

**Национальный стандарт** — 1) стандарт, утвержденный национальным органом РФ по стандартизации (Закон о техническом регулировании); 2) стандарт, принятый национальным органом по стандартизации и доступный широкому кругу потребителей (Руководство ИСО/МЭК 2:2004); 3) стандарт, утвержденный национальным органом РФ по стандартизации, а также межгосударственный стандарт, непосредственно введенный в действие в качестве российского национального стандарта.

**Неопределенность (измерений)** — оценка, характеризующая рассеяние значений результатов измерений, в пределах которой находится истинное значение измеряемой величины.

**Нижнее отклонение** — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

**Номинальный размер** — размер, который служит началом отсчета предельных отклонений и относительно которого назначают предельные размеры. Он расчетная величина и является основным размером на чертеже.

**Норма** — узаконенное право, установление, признанный обязательным порядок организации дела, осуществления действий.

**Норма права** — общие правила поведения, установленные или санкционированные государственной властью и поддерживаемые его принудительной силой.

**Область стандартизации** — совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации.

**Объект стандартизации** — продукция, процесс или услуги, подлежащие или подвергшиеся стандартизации.

**Обращение** — стадия жизненного цикла продукции от ее отгрузки изготовителем до ее приемки конечным приобретателем (пользователем), в которой происходит смена собственника продукции посредством купли-продажи.

**Общие (существенные) требования** — минимально необходимые требования, представленные в виде описания цели обеспечения безопасности, без детализации конкретных способов (параметров) ее обеспечения.

**Обязательное требование** — 1) требование к объекту технического регулирования, которое необходимо выполнять в Российской Федерации в силу закона; 2) требование нормативного документа, подлежащее обязательному выполнению с целью достижения соответствия этому документу (Руководство ИСО/МЭК 2:2004).

**Овальность** — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

**Огранка** — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру.

**Одобрение** — разрешение на выход продукции или процесса на рынок или на их использование по заданному назначению или в заданных условиях (ИСО/МЭК 17000:2004).

**Опасность** — потенциальный источник возникновения ущерба.

**Орган по оценке соответствия** — орган, выполняющий услуги по оценке соответствия и который может быть объектом аккредитации.

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

**Основное отклонение** — расстояние от ближайшей границы поля допуска до нулевой линии.

**Отклонение от круглости** — наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности.

**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.

**Отклонение от параллельности плоскостей** — разность наибольшего и наименьшего расстояния между прилегающими плоскостями в пределах нормированного участка.

**Отклонение от симметричности** относительно базовой плоскости — наибольшее расстояние между плоскостью симметрии рассматриваемой поверхности и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка.

**Отклонение от соосности** относительно общей оси — наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхно-

сти и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка.

**Отклонение от пересечения осей**, которые номинально должны пересекаться — наименьшее расстояние между рассматриваемой и базовой осями.

**Отклонение от цилиндричности** — наибольшее расстояние от точек реальной плоскости для прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

**Относительная опорная длина профиля** — отношение опорной длины профиля к базовой длине.

**Отклонение профиля параллельного сечения** — наибольшее расстояние от точек, образующих реальную поверхность, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах участка.

**Отчуждение** — передача имущества в собственность другого лица.

**Оценка соответствия** — прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту.

**Параметрические ряды** — закономерно построенная в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра продукции одного функционального назначения.

**Повторяемость (сходимость)** — прецизионность в условиях повторяемости, при которых независимые результаты измерений (испытаний) получаются одним и тем же методом на идентичных объектах испытаний, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени, т.е. период, когда все окружающие факторы не изменяются.

**Подтверждение соответствия** — документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

**Позиционное отклонение** — наибольшее отклонение реального расположения элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) от его номинального расположения в пределах нормированного участка.

**Показатель стандартизации и унификации** — показатели качества продукции, характеризующие унификацию, применяемость и повторяемость ее составных элементов.

**Пользователь** — юридическое или физическое лицо, использующее продукцию по назначению.

**Посадка** — разность между размерами отверстия и вала.

**Правильность** — степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений (испытаний), к принятому опорному значению.

**Предел воспроизводимости** — значение, которое с доверительной вероятностью 95% не превышает абсолютной величиной разности между результатами двух измерений (испытаний), полученных в условиях воспроизводимости.

**Предел повторяемости (сходимости)** — значение, которое с доверительной вероятностью 95% не превышает абсолютной величиной разности между результатами двух измерений (испытаний), полученных в условиях повторяемости (сходимости).

**Предельные размеры** — два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали.

**Презумция соответствия** — положение, согласно которому выполнение детальных (конкретных) требований гармонизированных стандартов считается соблюдением соответствующих общих требований технического регламента.

**Прецизионность** — степень близости друг другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях.

**Прилегающая окружность** — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения (см. рис. 10.9, б), или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения.

**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.

**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.

**Прилегающий цилиндр** — цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

**Принятое опорное значение** — значение, которое служит в качестве согласованного для сравнения.

**Приобретатель** — юридическое или физическое лицо, приобретающее или намеревающееся приобрести продукцию для последующей реализации или использования по назначению.

**Продавец** — организация независимо от ее организационно-правовой формы, а также индивидуальный предприниматель, реализующие товары потребителям по договору купли-продажи.

**Продукция** — результат деятельности, представленный в материально-вещественной форме и предназначенный для дальнейшего использования в хозяйственных и иных целях.

**Проектирование и разработка** — совокупность процессов, переводящих требования в установленные характеристики или нормативную и техническую документацию на продукцию, процесс или систему.

**Производство** — стадия жизненного цикла продукции, на которой осуществляется изготовление (строительство, выращивание, добыча) продукции.

**Прослеживаемость результата измерений** — свойство результата измерения, заключающееся в возможности установления его связи с государственным первичным эталоном единицы величины.

**Радиальное биение** — разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении, перпендикулярном этой оси.

**Расширенная неопределенность** — величина, определяющая интервал вокруг результата измерений, в пределах которого, как можно ожидать, находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могли бы быть приписаны измеряемой величине.

**Региональный стандарт** — стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации и доступный широкому кругу пользователей.

**Регламент** — документ, содержащий обязательные правовые нормы и принятый органом власти.

**Риск** — вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окру-



жающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

**Седлообразность** — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения.

**Сертификат соответствия** — 1) документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров (Закон о техническом регулировании); 2) документ, выданный органом по сертификации и удостоверяющий соответствие объекта установленным требованиям.

**Сертификация** — 1) форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов положениям стандартов или условиям договоров (Закон о техническом регулировании); 2) подтверждение соответствия третьей стороной, относящееся к продукции, процессам, системам или персоналу (ИСО/МЭК 17000: 2004).

**Симплификация** — сокращение наиболее употребительных элементов до целесообразного минимума.

**Системы оценки соответствия** — правила, процедуры и руководство для выполнения оценки соответствия (ИСО/МЭК 17000:2004).

**Система сертификации** — совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом (Закон о техническом регулировании).

**Систематическая погрешность** — разность между математическим ожиданием результатов измерений и истинным (или принятым опорным) значением.

**Систематическая погрешность лаборатории (для конкретной МВИ)** — разность между математическим ожиданием результатов измерений (испытаний) в отдельной лаборатории и истинным (или принятым опорным) значением измеряемой характеристики.

**Систематическая погрешность метода измерения** — разность между математическим ожиданием результатов измерений, полученных во всех лабораториях, применяющих данный метод, и истинным (или принятым опорным) значением измеряемой характеристики.

**Служба стандартизации** — структурно выделенное подразделение органа исполнительной власти или субъекта хозяйствования, которое обеспечивает организацию и проведение

работ по стандартизации в пределах компетенции, установленной действующим в стране законодательством.

**Соответствие** — соблюдение заданных требований к продукции, процессу или услуге.

**Средний шаг местных выступов профиля** — среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины.

**Средний шаг неровностей профиля** — среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

**Стадия жизненного цикла продукции** — фаза существования продукции, характеризующаяся присущим этой фазе состоянием продукции и набором целенаправленных процессов для формирования или поддержания такого состояния.

**Стандарт** — 1) документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт также может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения (Закон о техническом регулировании); 2) документ, разработанный на основе консенсуса и утвержденный признанным органом, в котором устанавливаются для всеобщего и многократного использования правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результата, и который направлен на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области (Руководство ИСО/МЭК 2:2004); 3) документ, принятый официальным органом, который устанавливает для общего и повторного применения правила, указания или характеристики продукции или связанные с ней процессы и методы производства, соответствие которому не обязательно. Он может также включать требования к терминологии, символам, упаковке, маркировке или этикетированию продукции либо быть целиком посвящен этим вопросам (Соглашение по техническим барьерам в торговле).

**Стандарт на методы контроля** — стандарт, устанавливающий способы, приемы, методики проведения испытаний, контроля и анализа.

**Стандарт на продукцию** — стандарт, устанавливающий требования, которым должна удовлетворять продукция или группа однородной продукции с целью обеспечения ее соответствия своему назначению.

**Стандарт на процесс** — стандарт, устанавливающий требования, которым должен удовлетворять процесс с целью обеспечения соответствия его назначению.

**Стандарт на термины и определения** — стандарт, устанавливающий термины, к которым даны определения, содержащие необходимые и достаточные признаки понятия.

**Стандарт на услуги** — стандарт, устанавливающий требования, которым должна удовлетворять услуга (или группа однородных услуг) с целью обеспечения соответствия ее назначению.

**Стандартизация** — 1) деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг (Закон о техническом регулировании); 2) деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач (Руководство ИСО/МЭК 2:2004).

**Стандартная неопределенность** — неопределенность результата измерений, выраженная в виде среднего квадратического отклонения (СКО).

**Стандартное (среднеквадратическое) отклонение воспроизводимости** — стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений (испытаний), полученных в результате воспроизводимости.

**Стандартное (среднеквадратическое) отклонение повторяемости (сходимости)** — стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений (испытаний), полученных в условиях повторяемости (сходимости).

**Стандартный (стандартизованный) метод измерения** — письменный документ, устанавливающий во всех подробностях алгоритм выполнения измерения.

**Стандарт организации** — стандарт, принятый организацией с целью совершенствования производства, обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг.

**Суммарная стандартная неопределенность** — стандартная неопределенность результата измерений, полученного через значения других величин, равная положительному квадратному корню суммы членов. Суммируемые члены являются дисперсиями или ковариациями этих других величин, взве-

шенными в соответствии с изменением результата измерений при изменении этих величин.

**Схема подтверждения соответствия** — совокупность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательств соответствия продукции и иных объектов установленным требованиям.

**Техническая документация** — документация, содержащая исчерпывающие технические требования для непосредственного использования при проектировании, производстве, обращении, эксплуатации, утилизации продукции.

**Технические системы и устройства с измерительными функциями** — технические системы и устройства, имеющие один или несколько измерительных каналов (испытательное оборудование, игровые автоматы, диагностическое оборудование и пр.).

**Технические условия** — технический документ изготовителя (исполнителя), устанавливающий технические требования к продукции (процессу, услуг) и методы обеспечения соответствия этим требованиям.

**Технический барьер** — различия в требованиях национальных и международных стандартов, приводящие к дополнительным затратам средств и (или) времени для продвижения товаров на соответствующий рынок.

**Технический регламент** — 1) документ, который принят международным договором РФ, ратифицированным в порядке, установленном законодательством РФ, или федеральным законом, или указом Президента РФ, или постановлением Правительства РФ, и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации) (Закон о техническом регулировании); 2) регламент, содержащий технические требования либо непосредственно, либо путем ссылки на стандарт, технические условия или свод правил, либо путем включения в себя содержания этих документов (Руководство ИСО/МЭК 2:2004); 3) документ, который устанавливает характеристики продукции или связанные с ней процессы и методы производства. Он может также включать требования к терминологии, символам, упаковке, маркировке или этикетированию продукции либо быть целиком посвящен этим вопросам. Соблюдение технического регла-

мента обязательно (Соглашение по техническим барьерам в торговле).

**Техническое обслуживание** — комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности объекта при использовании по назначению, ожидании, хранении, транспортировании.

**Техническое регулирование** — правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

**Торцовое биение** — разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси.

**Точность** — степень близости результата изменений принятому опорному значению.

**Унификация** — метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении существующей номенклатуры объектов путем их отбора или создания новых объектов широкого применения, выполняющих большинство функций объектов данной совокупности, но не исключающих использование других объектов аналогичного назначения.

**Утилизация** — стадия жизненного цикла продукции, на которой продукция, уже не используемая по прямому назначению, подвергается либо переработке для получения другой продукции, либо захоронению (уничтожению).

**Ущерб** — вред, наносимый деятельностью одного субъекта другим субъектам или природе, окружающей среде, людям, имеющий материальное выражение, связанный с возмещением убытков, непредвиденных расходов, недополученной выгоды вследствие утраты, повреждения имущества юридических и физических лиц.

**Форма подтверждения соответствия** — определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям техни-

ческих регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

**Шероховатость поверхности** — совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины

**Эксплуатация** — стадия жизненного цикла продукции, на которой осуществляется ее использование по назначению.

## Основные аббревиатуры в метрологии, стандартизации и сертификации

- АИС — автоматизированная система  
АСУТП — автоматизированная система управления технологическими процессами  
АТЭС — Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество  
АСЕАН — Международная ассоциация стран Юго-Восточной Азии  
БСИ (BSI) — Британский институт стандартов  
ВНИИКИ — Всероссийский НИИ комплексной информации по стандартизации и качеству  
ВНИИМ — Всероссийский НИИ метрологии  
ВНИИМС — Всероссийский НИИ метрологической службы  
ВНИИНМАШ — Всероссийский НИИ по стандартизации и сертификации в машиностроении  
ВНИИОФИ — Всероссийский НИИ оптико-физических измерений  
ВНИИР — Всероссийский НИИ расходомерии  
ВНИИС — Всероссийский НИИ сертификации  
ВНИИСтандарт — Всероссийский НИИ стандартизации  
ВНИИФТРИ — Всероссийский научно-исследовательский физико-технический и радиотехнический институт  
ВНИИЦСМВ — Всероссийский научно-исследовательский центр информации и сертификации сырья, материалов и веществ  
ВСНИИФТРИ — Восточно-Сибирский НИИ физико-технических и радиотехнических измерений  
ВТО — Всемирная торговая организация  
ВЭД — внешнеэкономическая деятельность  
ГКиН — Государственный контроль и надзор  
ГКМВ — Генеральная конференция мер и весов  
ГМКиН — Государственный метрологический контроль и надзор  
ГМС — Государственная метрологическая служба

- ГМЦ — Главный метрологический центр  
ГНМЦ — Государственный научный метрологический центр  
ГОСТ — Государственный стандарт  
ГОСТ Р — Государственный стандарт РФ  
ГСВЧ — Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли  
ГСИ — Государственная система обеспечения единства измерений  
ГСС — Государственная система стандартизации  
ГССО — Государственная служба стандартных образцов состава и свойств вещества и материалов  
ГСССД — Государственная служба стандартных справочных данных  
ГТК — Государственный таможенный комитет  
ГЦИ — Государственный центр испытаний  
ГЭВЧ — Государственный эталон времени и частоты  
ДЕВКО — комитет ИСО по оказанию помощи развивающимся странам  
ДХ — динамическая характеристика  
ЕАСС (EASC) — Европейский совет по стандартизации, метрологии и сертификации  
Евр-АзЭС — Евразийское экономическое сообщество  
ЕОКК — Европейская организация по контролю качества  
ЕС — Европейский союз  
ЕСДП — Единая система допусков и посадок  
ЕСКК ТЭИ — Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации  
ЕСТД — Единая система технической документации  
ЕТСИ — Европейский институт по стандартизации в области электросвязи  
ЕЭП — единое экономическое пространство  
ИИС — информационно-измерительная система  
ИК — измерительный канал  
ИЛАК — Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий  
ИМЕКО — Международная конференция по измерительной технике и приборостроению  
ИНФКО — комитет ИСО по информационным системам и услугам  
ИПС «Метролог» — информационно-поисковая система «Метролог»



- ИС — измерительная система  
ИСО (ISO) — Международная организация по стандартизации  
КАСКО — комитет ИСО по оценке соответствия продукции стандартам  
КИО — контрольно-измерительное оборудование  
КИП — контрольно-измерительный прибор  
КоАП РФ — Кодекс РФ об административных правонарушениях  
КООМЕТ — организация сотрудничества Государственных метрологических учреждений стран Центральной и Восточной Европы  
КОПАНТ — Панамериканский комитет стандартов  
КОПОЛКО — комитет ИСО по защите интересов потребителя  
КС — комплексная стандартизация  
МАГАТЭ — Международное агентство по атомной энергии  
МБВ — Международное бюро времени  
МБЗМ — Международное бюро законодательной метрологии  
МБМВ — Международное бюро мер и весов  
МВИ — методика выполнения измерений  
МГС — Международный совет по стандартизации, сертификации и метрологии  
МД — международные документы МОЗМ  
МИ — рекомендации метрологических институтов  
МИД (MID) — директива ЕС по измерительным приборам  
МКЗМ — Международный комитет законодательной метрологии  
МККТТ — Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии  
МКМВ — Международный комитет мер и весов  
МО — метрологическое обеспечение  
МОЗМ — Международная организация законодательной метрологии  
МОМВ — Международная организация мер и весов  
МПИ — межповерочный интервал  
МПШТ — Международная практическая шкала температур  
МР — международные рекомендации МОЗМ  
МС — метрологическая служба

- МУ — методические указания  
МШТ — Международная шкала температур  
МХ — метрологическая характеристика  
МЭ — метрологическая экспертиза  
МЭК — Международная электротехническая комиссия  
НИИОКР — научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки  
НСИ — нестандартизованные средства измерения  
НСП — неисключенная составляющая погрешности  
НТД — нормативно-техническая документация  
ОК — Общероссийский классификатор стандартов  
ОКОНХ — Общероссийский классификатор отраслей народного хозяйства  
ОКПО — Общероссийский классификатор предприятий и организаций  
ОС — отраслевой стандарт  
ОСТ — отраслевой стандарт  
ОТР — общетехнический регламент  
ПЛАКО — техническое бюро ИСО  
ПМГ — правила межгосударственные по метрологии  
ПР — правила России по метрологии  
ПС — поверочная схема  
Р — рекомендация  
РД — руководящий документ  
РЕМКО — комитет ИСО по стандартным образцам  
РМ — руководящие материалы  
РМГ — рекомендации межгосударственные по стандартизации  
РМО — региональная метрологическая организация  
РНСС — Российская национальная система стандартизации  
Ростехрегулирование — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии  
РОСА — Российская система аккредитации  
РОЧМ — радио-оптический частотный мост  
РСИ — рабочее средство измерения  
РСК — Российская система калибровки  
СААЛ — система аккредитации аналитических лабораторий  
СТИП — система государственных испытаний продукции  
СЕН — Европейский комитет по стандартизации  
СЕНЭЛЕК — Европейский комитет по стандартизации и электротехнике

- СИ (SI) – Международная система единиц  
СИ – средство измерения  
СЖЦ – стадии жизненного цикла  
СКО – среднее квадратическое отклонение  
СМО – система метрологического обеспечения  
СНГ – Содружество Независимых Государств  
СНиП – строительные нормы и правила  
СО – стандартный образец  
СПС – Соглашение о партнерстве и сотрудничестве  
СТАКО – комитет ИСО по теоретической стандартизации
- СТД – средство технического диагностирования  
СТО – стандарты научно-технических, инженерных или других общественных объединений  
СТП – стандарт предприятия  
ТБТ – соглашение по техническим барьерам в торговле  
ТЗ – техническое задание  
ТК – технический комитет в ИСО  
ТН – товарная номенклатура  
ТН ВЭД – товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности
- ТО – техническое обслуживание  
ТПП – технологическая подготовка производства  
ТР – технический регламент  
ТС – технические системы  
ТУ – технические условия  
УНИИМ – Уральский НИИ метрологии  
УФМ – унифицированный функциональный модуль  
ФВ – физическая величина  
ФГУ – федеральное государственное учреждение  
ФЗ – федеральный закон  
ФФК – фундаментальная физическая константа  
ЦГЭ – Центр государственных эталонов  
ЦСМиС – Центр стандартизации, метрологии и сертификации
- ЭД – эксплуатационные документы  
ЭСЧВ – система передачи радиосигналов времени и эталонных частот
- AFNOR – Французская ассоциация по стандартизации  
СЕ – Европейское соответствие  
DIN – Немецкий институт стандартов  
IAU – Международный астрономический союз

ITU – Международный телекоммуникационный союз  
NBS – Национальное бюро стандартов США  
NIST – Американский национальный институт стандар-  
тов и технологий  
VIM – Международный словарь общих и основных тер-  
минов в метрологии

**Значения  $t_p$  распределения Стьюдента**

$n$	При доверительной вероятности $P$				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
2	6,31	12,71	31,82	63,68	636,62
3	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
4	2,35	3,18	4,54	5,84	12,92
5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
6	2,02	2,57	3,37	4,06	6,87
7	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
8	1,90	2,37	3,00	3,50	5,41
9	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
10	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
11	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
12	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
13	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
14	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
15	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
16	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
17	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
18	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
19	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
20	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
$\infty$	1,65	1,96	2,33	2,58	3,29

## **Основные государственные законы, постановления Правительства РФ, государственные стандарты и нормативные документы в области метрологии**

### **1.1. Государственные законы и постановления Правительства РФ**

Закон РФ от 7 февраля 1992 г. № 2300-1 «О защите прав потребителей» (в ред. от 25 ноября 2006 г.)

Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (в ред. от 11 июня 2008 г.)

Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

Постановление Госстандарта РФ от 10 мая 2000 г. № 26 (с изменениями от 5 июля 2002 г.) «Об утверждении правил по проведению сертификации в Российской Федерации»

Постановление Правительства РФ от 17 июня 2004 г. № 294 «О Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии»

Распоряжение Правительства РФ от 20 февраля 1995 г. № 225-Р «Об утверждении программы демонополизации в сферах стандартизации, метрологии и сертификации» (в ред. от 29 апреля 1995 г.)

Распоряжение Правительства РФ от 29 мая 2006 г. № 781 «Об утверждении программы разработки технических регламентов» (в ред. от 29 мая 2006 г.)

## 1.2. Государственные стандарты и международные документы

ГОСТ 1.1—2002 «Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения»

ГОСТ 1.10—95 ГСС «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки, применения, регистрации правил и рекомендации по стандартизации, метрологии и сертификации и информации о них»

ГОСТ 8.009—2003 ГСИ (ранее 8.009—84) «Нормируемые метрологические характеристики средств измерений»

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 8.157—75 ГСИ «Шкалы температурные практические»

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 8.310—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 8.372—80 ГСИ «Эталоны единиц физических величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения»

ГОСТ 8.381—80 ГСИ «Эталоны. Способ 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—2002 ГСИ «Единицы физических величин»

ГОСТ 8.508—84 ГСИ «Метрологические характеристики средств измерения и точностные характеристики 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 8.596—2002 ГСИ «Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения»

ГОСТ 16504—91 «Система государственных испытаний продукции. Испытание и контроль качества продукции. Основные термины и определения»

ГОСТ 18242—72 «Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля»

ГОСТ 18353—79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов»

ГОСТ 24026—80 «Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения»

ГОСТ 24555—81 «Система государственных испытаний продукции. Порядок аттестации испытательного оборудования. Основные положения»

ГОСТ Р 1.0—2004 «Государственная система стандартизации. Основные положения»

ГОСТ Р 1.4—2004 «Стандарты организаций»

ГОСТ Р 1.5—2004 «Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения»

ГОСТ Р 1.12—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения»

ГОСТ Р 8.000—2000 ГСИ «Основные положения»

ГОСТ Р 51672—2000 ГСИ «Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия»

ГОСТ Р 8.561—96 ГСИ «Метрологическое обеспечение банковских технологий»

ГОСТ Р 8.563—96 ГСИ «Методики выполнения измерений. С изменениями 2002 г.»

ГОСТ Р 8.565—96 ГСИ «Метрологическое обеспечение эксплуатации атомных станций. Основные положения»

ГОСТ Р 8.568—97 ГСИ «Аттестация испытательного оборудования»



ГОСТ Р 51000.1—95 «Система аккредитации органов по сертификации, испытательных и измерительных лабораторий. Общие требования»

ГОСТ Р 51000.2—95 «Общие требования к аккредитирующему органу»

ГОСТ Р 51000.3—96 «Общие требования к испытательным лабораториям»

ГОСТ Р 51000.4—96 «Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий»

ГОСТ Р 51000.5—96 «Общие требования к органам по сертификации продукции и услуг»

ГОСТ Р ИСО 5725-1 — ГОСТ Р ИСО 5725-6—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений» (6 документов)

ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2000 «Общие требования к компетенции испытательных и калибровочных лабораторий»

МД МОЗМ 1 «Элементы закона по метрологии»

МД МОЗМ 3 «Соответствие средств измерений законодательным требованиям»

МД МОЗМ 9 «Принципы метрологического надзора»

МД МОЗМ 16 «Принцип обеспечения метрологического контроля»

МД МОЗМ 20 «Первичная и последующая поверка средств измерений и измерительных процессов»

МД МОЗМ 27 «Первичная поверка средств измерений, использующая систему качества изготовителя»

Директива 2004/22/ЕС Европейского парламента и Совета на средства измерения

Стандарт ИСО 10012.2003 «Системы управления измерениями — требования к процессам измерений и измерительному оборудованию»

### **1.3. Рекомендации метрологических институтов**

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 ГСИ «Приборы и преобразователи измерительного 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—2004 «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 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 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 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 2230—92 ГСИ «Методика количественного обоснования поверочных схем при их разработке»

МИ 2232—2000 ГСИ «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценка 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 2247—93 ГСИ «Метрология. Основные термины и определения»

МИ 2258—93 ГСИ «Стандартные образцы. Оценка 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 2277—93 ГСИ «Система сертификации средств измерений. Основные положения и порядок проведения работ»

МИ 2278—93 ГСИ «Система сертификации средств измерений. Порядок ведения реестра системы»

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 2307—94 ГСИ «Программа и методика ускоренных испытаний с целью подтверждения межповерочных интервалов»

МИ 2314—94 «Совокупность средств измерений, поверяемых одним комплектом средств поверки»»

МИ 2322—99 ГСИ «Типовые нормы времени на поверку средств измерений»

МИ 2357—95 ГСИ «Порядок разработки и реализации программ метрологического обеспечения отраслей народного хозяйства, важнейших научно-технических проблем»

МИ 2365—96 ГСИ «Шкалы измерений. Основные положения. Термины и определения»

МИ 2377—98 ГСИ «Разработка и аттестация методик выполнения измерений»

МИ 2427—97 ГСИ «Оценка состояния измерений в измерительных и испытательных лабораториях»

МИ 2438—97 ГСИ «Системы измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения»

МИ 2439—97 ГСИ «Метрологические характеристики измерительных систем. Номенклатура. Принципы регламентации и контроля»

МИ 2440—97 ГСИ «Методы экспериментального определения и контроля характеристик погрешности измерительных каналов измерительных систем и измерительных комплексов»

МИ 2441—97 ГСИ «Испытания для целей утверждения типа измерительных систем»

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»

МИ 2525—99 ГСИ «Рекомендации по метрологии Государственных научных метрологических центров Ростехрегулирования России. Порядок разработки»

МИ 2552—99 ГСИ «Рекомендации по применению “Руководства по выражению неопределенности измерений”»

МИ 2891—2004 ГСИ «Общие требования к программному обеспечению средств измерений»

МИ 2955—2005 ГСИ «Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений и порядок ее проведения»

## 1.4. Правила по метрологии

ПМГ 06—2001 ГСИ «Правила. Порядок признания результатов испытаний и утверждения»

ПМГ 07—2001 ГСИ «Правила. Порядок признания результатов поверки средств измерений»

ПМГ 42—2001 ГСИ «Сличение государственных (национальных) эталонов. Порядок организации и проведения типа, поверки, метрологической аттестации средств измерений»

ПМГ 44—2001 ГСИ «Порядок признания методики выполнения измерений»

ПМГ 51—2002 ГСИ «Документы на методику поверки средств измерений. Основные положения»

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 50.2.005—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—97 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 5.2.016—94 ГСИ «Российская система калибровки. Требования к выполнению калибровочных работ»

ПР 50.2.017—95 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 50.2.038—2004 ГСИ «Рекомендации по метрологии. Оценивание погрешности и неопределенного результата измерений»

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»

## 1.5. Рекомендации и руководящие документы по метрологии

РМГ 27—99 ГСИ «Порядок и содержание работ при проведении метрологической экспертизы технической документации на межгосударственные стандартные образцы»

РМГ 29—99 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации ГСИ Метрология. Основные термины и определения»

РМГ 43—2001 ГСИ «Применение “Руководства по выражению неопределенности измерений”»

РМГ 51—2002 ГСИ «Документы на методики поверки средств измерений»

РМГ 61—2003 ГСИ «Показатели точности, правильности и прецизионности»

РМГ 62—2003 ГСИ «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценка погрешности измерений при ограниченной исходной информации»

РМГ 64—2003 ГСИ «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений»

РМГ 74—2004 ГСИ «Методики определения межповерочного и межкалибровочного интервала»

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 50-601-42—94 «Рекомендации. Разработка и аттестация методик испытаний для целей сертификации»

РД 50-453—84 «Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета»

Р 50.2.004—2000 ГСИ «Определение характеристик математических моделей зависимости между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения»

**Форма сертификата соответствия продукции  
требованиям технических регламентов**

Утверждена  
приказом Минпромэнерго России  
от 22 марта 2006 г. № 53

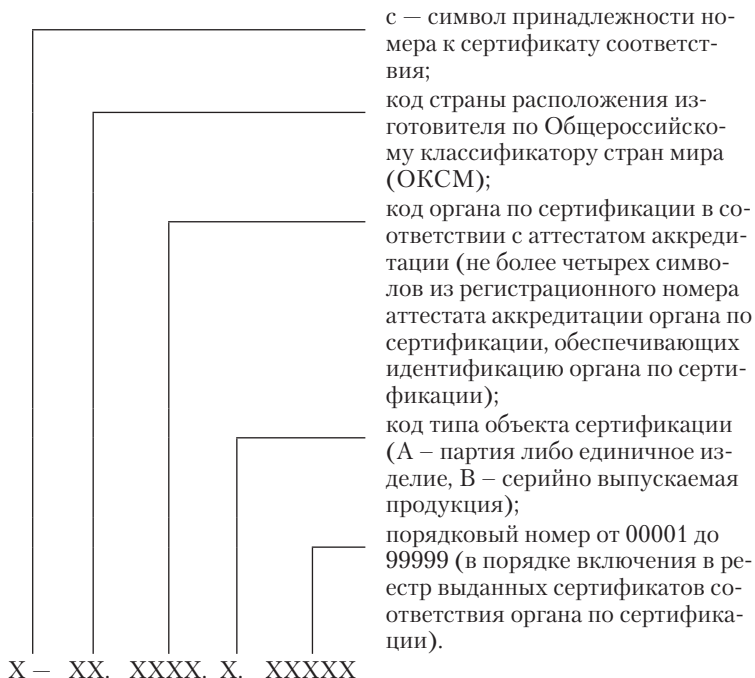
	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ (обязательная сертификация)
	№ _____ (номер сертификата соответствия)
	_____ (учетный номер бланка)
ЗАЯВИТЕЛЬ _____	(наименование и местонахождение заявителя)
ИЗГОТОВИТЕЛЬ _____	(наименование и местонахождение изготовителя продукции)
	ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ
	_____ (наименование и местонахождение органа по сертификации, выдавшего сертификат соответствия)
ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ПРОДУКЦИЯ _____	(информация об объекте сертификации, позволяющая идентифицировать объект) код ОК 005 (ОКП): _____



код ЕКПС: _____ код ТН ВЭД России: _____
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА (ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛА- МЕНТОВ) _____ (наименование _____ технического регламента (технических регламентов), на соответст- вие требованиям которого (которых) проводилась сертификация)
ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИСПЫТАНИЯ) И ИЗМЕРЕНИЯ _____
ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ДОКУМЕНТЫ _____ (документы, представленные заявителем в орган по _____ сертификации в качестве доказательств соответствия продукции требованиям технического регламента (технических регламентов))
СРОК ДЕЙСТВИЯ СЕРТИФИКАТА с _____ по _____
М.П. Руководитель (заместитель руководителя) _____ Эксперт (эксперты) _____
_____ подписью _____ инициалы, фамилия _____ подписью _____ инициалы, фамилия

**Рекомендации по заполнению формы сертификата  
соответствия продукции требования технических  
регламентов (утв. приказом Минпромэнерго России  
от 22 марта 2006 г. № 53)**

1. В строке «№» указывается номер сертификата соответствия, имеющий следующую структуру:



## 2. В строке «заявитель» указывается:

для российского юридического лица — полное наименование, включая организационно-правовую форму, адрес (место нахождения) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр юридических лиц, основной государственный регистрационный номер записи о государственной регистрации юридического лица (далее — ОГРН), телефон, факс;

для индивидуального предпринимателя — фамилия, имя, отчество, адрес (место жительства) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр индивидуальных предпринимателей, основной государственный регистрационный номер записи о государственной регистрации индивидуального предпринимателя (далее — ОГРНИП), телефон, факс;

для иностранного юридического лица — полное наименование, адрес (место нахождения), телефон, факс.

3. В строке «изготовитель» указывается:

для юридического лица — полное наименование, включая организационно-правовую форму, адрес (место нахождения) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр юридических лиц, ОГРН, телефон, факс;

для индивидуального предпринимателя — фамилия, имя, отчество, адрес (место жительства) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр индивидуальных предпринимателей, ОГРНИП, телефон, факс;

для иностранного юридического лица — полное наименование, адрес (место нахождения), телефон, факс.

4. В строке «орган по сертификации» указывается:

— в случае, если орган по сертификации является юридическим лицом, — полное наименование, включая организационно-правовую форму, адрес (место нахождения) и ОГРН юридического лица (в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр юридических лиц), регистрационный номер аттестата аккредитации органа по сертификации, телефон, факс, наименование органа, аккредитовавшего орган по сертификации;

— в случае, если орган по сертификации является индивидуальным предпринимателем, — фамилия, имя, отчество, адрес (место жительства) и ОГРНИП индивидуального предпринимателя (в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр индивидуальных предпринимателей), регистрационный номер аттестата аккредитации органа по сертификации, телефон, факс, наименование органа, аккредитовавшего орган по сертификации.

5. В строке «продукция» указываются:

— наименование продукции, включая торговое наименование продукции;

— вид продукции (в соответствии с техническим регламентом и согласно действующим в Российской Федерации классификаторам продукции). В случае, если в классификаторе отсутствует вид продукции, указывается подгруппа продукции; в случае, если в классификаторе отсутствуют вид и подгруппа продукции, указывается группа продукции и т.д.;

— сведения о продукции (тип, марка, модель, сорт, артикул и др.), обеспечивающие ее идентификацию в соответствии с правилами, установленными техническим регламентом;

— наименование типа объекта сертификации — «серийный выпуск», или «партия», или «единичное изделие». Для партии приводятся номер и размер партии, номер и дата выдачи накладной на данную продукцию, номер и дата договора или контракта о поставке продукции (при наличии договора или контракта), а также сведения о количестве продукции в партии. Для единичного изделия приводятся номер изделия, номер и дата выдачи накладной на данную продукцию, номер и дата договора или контракта о поставке продукции (при наличии договора или контракта).

6. В строке «код ОК 005 (ОКП)» указывается код продукции по Общероссийскому классификатору продукции ОК 005 (ОКП). В случае, если в классификаторе отсутствует код вида продукции, указывается код подгруппы продукции; в случае, если в классификаторе отсутствуют код вида и код подгруппы продукции, указывается код группы продукции и т.д.

Код ОК 005 (ОКП) включает 6 разрядов с пробелом после первых двух разрядов.

7. Строка «код ЕКПС» заполняется только в случае, если продукция поставляется для федеральных государственных нужд по государственному оборонному заказу.

В строке «код ЕКПС» указывается код данной продукции по Единому кодификатору предметов снабжения Р 50.5.002–2001. Код ЕКПС включает 4 разряда.

8. Строка «код ТН ВЭД России» заполняется только для импортируемой продукции.

В строке «код ТН ВЭД России» указывается код продукции по классификатору Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности, утвержденной постановлением Правительства РФ от 30 ноября 2001 г. № 830 «О таможенном тарифе Российской Федерации и товарной номенклатуре, применяемой при осуществлении внешнеэкономической деятельности» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, № 50, ст. 4735)

9. В строке «соответствует требованиям технического регламента (технических регламентов)» приводится полное наименование технического регламента, соответствие требованиям которого удостоверяется данным сертификатом соответствия, с указанием наименования, вида, даты и номера

нормативного правового акта РФ, которым принят каждый из указанных технических регламентов.

Для продукции, поставляемой для федеральных государственных нужд по государственному оборонному заказу, продукции, используемой в целях защиты сведений, составляющих государственную тайну или относимых к охраняемой в соответствии с законодательством РФ информации ограниченного доступа, продукции, сведения о которой составляют государственную тайну, в случае отсутствия требований технических регламентов в строке «соответствует требованиям технического регламента (технических регламентов)» указываются наименование, номер, дата государственных контрактов, устанавливающих требования к указанной продукции, определенные федеральными органами исполнительной власти, являющимися в пределах своей компетенции государственными заказчиками оборонного заказа.

10. В строке «проведенные исследования (испытания) и измерения» приводится перечень протоколов исследований (испытаний) и измерений (в соответствии с правилами и методами исследований (испытаний) и измерений, утвержденными Правительством РФ, а также схемами сертификации, установленными в техническом регламенте), с указанием номеров и дат протоколов, а также наименования выдавшей их аккредитованной испытательной лаборатории (центра) и ее регистрационного номера.

11. В строке «представленные документы» указываются наименование и другие реквизиты документов, представленных заявителем в орган по сертификации в качестве доказательств соответствия продукции требованиям технического регламента, если данное требование предусмотрено техническим регламентом.

В строке «срок действия» указывается срок действия сертификата соответствия (дата начала срока действия и дата окончания срока действия сертификата соответствия), который устанавливается в соответствии с техническим регламентом. Начало срока действия сертификата соответствия устанавливается со дня выдачи сертификата соответствия. Даты записываются арабскими цифрами: число — два знака, месяц — два знака, год — четыре знака. Число, месяц и год разделяются точками.

Если в соответствии с техническим регламентом для партии изделий и (или) единичного изделия не установлен срок действия сертификата соответствия, то в строке «срок дейст-

вия» указывается только дата начала срока действия сертификата соответствия, которая устанавливается со дня выдачи сертификата соответствия.

12. В строке «руководитель (заместитель руководителя) органа по сертификации» ставится подпись (не факсимильная) руководителя органа по сертификации или заместителя руководителя органа по сертификации, исполняющего обязанности руководителя органа по сертификации и уполномоченного подписывать сертификат соответствия, а также указываются инициалы имени и отчества и фамилия лица, подписавшего сертификат соответствия.

Подпись руководителя органа по сертификации (заместителя руководителя) заверяется печатью органа по сертификации.

13. В строке «эксперт (эксперты)» ставится подпись (не факсимильная), указываются инициалы имени и отчества, фамилия эксперта (экспертов), осуществлявшего (осуществлявших) проведение работ по сертификации.

14. Приложение к сертификату соответствия заполняется в случае, если основные сведения не помещаются в строках сертификата соответствия. При этом в соответствующей строке делается запись «см. приложение» (в случае, если сертификат соответствия имеет несколько приложений, указывается номер приложения, на которое делается ссылка).

В приложении к сертификату соответствия также указываются следующие сведения:

а) в случае, если продукция изготавливается на предприятиях, входящих в состав транснациональной компании (компании, осуществляющей деятельность на территории нескольких государств), — указывается информация обо всех предприятиях-изготовителях, на продукцию которых распространяется действие выдаваемого сертификата соответствия, с указанием полных наименований и адресов (мест нахождения) предприятий-изготовителей. В номере сертификата соответствия в данном случае указывается код страны расположения центрального офиса транснациональной компании, а в строке «изготовитель» — полное наименование, адрес (место нахождения), телефон и факс центрального офиса транснациональной компании;

б) в случае, если сертифицируется однородная продукция, указывается перечень продукции, на которую распространяется действие сертификата соответствия (типы, марки, модели однородной продукции, составные части изделия или

комплекса, сертифицируемые на соответствие одним и тем же требованиям).

15. Форма сертификата соответствия заполняется печатным способом (на пишущей машинке, компьютере и т.п.) без исправлений, подчисток и поправок.

**Форма декларации о соответствии продукции  
требованиям технических регламентов**

Утверждена  
приказом Минпромэнерго России  
от 22 марта 2006 г. № 54

<p>РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ</p> <p>ДЕКЛАРАЦИЯ О СООТВЕТСТВИИ</p> <p>№ _____</p> <p>(регистрационный номер декларации о соответствии)</p> <p>ЗАЯВИТЕЛЬ _____</p> <p style="text-align: center;">(наименование и местонахождение заявителя)</p> <p>ИЗГОТОВИТЕЛЬ _____</p> <p style="text-align: center;">(наименование и местонахождение изготовителя)</p> <p>ЗАЯВИТЕЛЬ ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ПРОДУКЦИЯ _____</p> <p>(информация об объекте подтверждения соответствия, позволяющая идентифицировать объект)</p> <p style="text-align: center;">код ОК 005 (ОКП): _____</p> <p style="text-align: center;">код ТН ВЭД России: _____</p> <p>СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА (ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ) _____</p> <p style="text-align: right;">(наименование технического регламента (технических регламентов), на соответствие требованиям которого</p> <p style="text-align: center;">(которых) подтверждается продукция)</p> <p>СХЕМА ДЕКЛАРИРОВАНИЯ СООТВЕТСТВИЯ _____</p>
--



ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИСПЫТАНИЯ) И ИЗМЕРЕНИЯ, СЕРТИФИКАТ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА, ДОКУМЕНТЫ, ПОСЛУЖИВШИЕ ОСНОВАНИЕМ ДЛЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ \_\_\_\_\_

ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ \_\_\_\_\_  
(сведения, предусмотренные техническим регламентом

(техническими регламентами))

ЗАЯВЛЕНИЕ ЗАЯВИТЕЛЯ: продукция безопасна при ее использовании в соответствии с целевым назначением. Заявителем приняты меры по обеспечению соответствия продукции требованиям технических регламентов

СРОК ДЕЙСТВИЯ ДЕКЛАРАЦИИ  
О СООТВЕТСТВИИ с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_

ЗАЯВИТЕЛЬ \_\_\_\_\_  
подпись \_\_\_\_\_ инициалы, фамилия \_\_\_\_\_

М.П.

Декларация о соответствии зарегистрирована \_\_\_\_\_

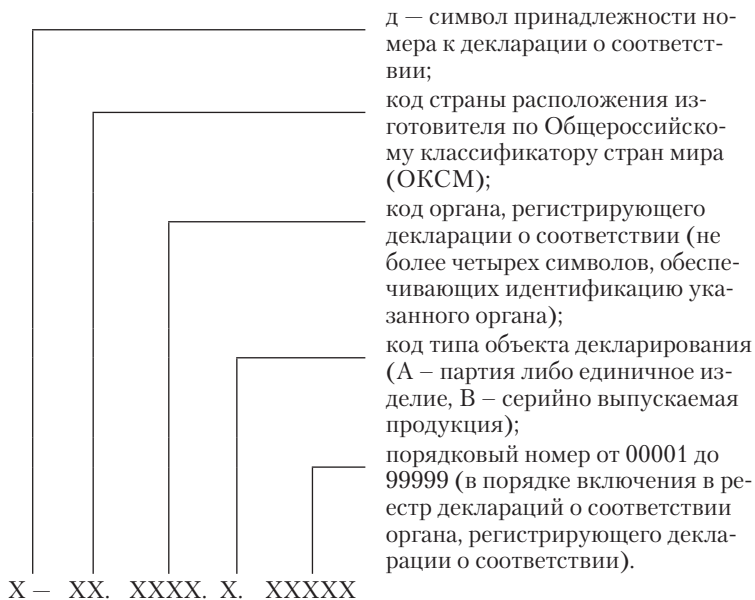
(наименование и местонахождение органа, зарегистрировавшего декларацию о соответствии)

РУКОВОДИТЕЛЬ \_\_\_\_\_  
органа, регистрирующего декларацию о соответствии \_\_\_\_\_  
подпись \_\_\_\_\_ инициалы, фамилия \_\_\_\_\_  
(уполномоченное им лицо)

М.П.

**Рекомендации по заполнению формы декларации о соответствии продукции требованиям технических регламентов (утв. приказом Минпромэнерго России от 22 марта 2006 г. № 54)**

1. В строке «№» указывается регистрационный номер декларации о соответствии, имеющий следующую структуру:



## 2. В строке «заявитель» указывается:

для юридического лица — полное наименование, включающая организационно-правовую форму, адрес (место нахождения) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр юридических лиц, основной государственный регистрационный номер записи о государственной регистрации юридического лица (далее — ОГРН), телефон, факс;

для индивидуального предпринимателя — фамилия, имя, отчество, адрес (место жительства) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр индивидуальных предпринимателей, основной государственный регистрационный номер записи о государственной регистрации индивидуального предпринимателя (далее — ОГРНИП), телефон, факс.

В случае, если заявителем является лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя на основании договора с ним, в строке «заявитель» дополнительно указываются данные о договоре заявителя с иностранным изготовителем.

## 3. В строке «изготовитель» указывается:

для юридического лица — полное наименование, включая организационно-правовую форму, адрес (место нахождения) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр юридических лиц, ОГРН, телефон, факс;

для индивидуального предпринимателя — фамилия, имя, отчество, адрес (место жительства) в соответствии с документом, подтверждающим факт внесения записи о государственной регистрации в Единый государственный реестр индивидуальных предпринимателей, ОГРНИП, телефон, факс;

для иностранного юридического лица — полное наименование, адрес (место нахождения), телефон, факс.

4. В строке «продукция» указываются:

— наименование продукции, включая торговое наименование продукции;

— вид продукции (в соответствии с техническим регламентом и согласно действующим в Российской Федерации классификаторам продукции). В случае, если в классификаторе отсутствует вид продукции, указывается подгруппа продукции; в случае, если в классификаторе отсутствуют вид и подгруппа продукции, указывается группа продукции и т.д.;

— сведения о продукции (тип, марка, модель, сорт, артикул и др.), обеспечивающие ее идентификацию в соответствии с правилами, установленными техническим регламентом;

— наименование типа объекта декларирования — «серийный выпуск», или «партия», или «единичное изделия». Для партии приводятся номер и размер партии, номер и дата выдачи накладной на данную продукцию, номер и дата договора или контракта о поставке продукции (при наличии договора или контракта), а также сведения о количестве продукции в партии. Для единичного изделия приводятся номер изделия, номер и дата выдачи накладной на данную продукцию, номер и дата договора или контракта о поставке продукции (при наличии договора или контракта).

5. В строке «код ОК 005 (ОКП)» указывается код вида продукции по Общероссийскому классификатору продукции ОК 005 (ОКП). В случае, если в классификаторе отсутствует код вида продукции, указывается код подгруппы продукции; в случае, если в классификаторе отсутствуют код вида и код подгруппы продукции, указывается код группы продукции и т.д.

Код ОК 005 (ОКП) включает 6 разрядов с пробелом после первых двух разрядов.

6. В строке «код ТН ВЭД России» заполняется только для импортируемой продукции. В строке «код ТН ВЭД России» указывается код продукции по классификатору Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности, утвержденной постановлением Правительства РФ от 30 ноября 2001 г. № 830 «О таможенном тарифе Российской Федерации и товарной номенклатуре, применяемой при осуществлении внешнеэкономической деятельности» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, № 50, ст. 4735)

7. В строке «соответствует требованиям технического регламента (технических регламентов)» приводится полное наименование технического регламента, соответствие требованиям которого удостоверяется данной декларацией о соответствии, с указанием наименования, вида, даты и номера нормативного правового акта РФ, которым принят технический регламент. В случае, если требования к продукции установлены несколькими техническими регламентами, приводится полное наименование каждого технического регламента, с указанием наименования, вида, даты и номера нормативного правового акта РФ, которым принят каждый из указанных технических регламентов.

8. В строке «схема декларирования соответствия» приводится указание на схему, которая была применена при декларировании, а также наименование, вид, дата и норма нормативного правового акта, в котором установлена данная схема.

9. В строке «проведенные исследования (испытания) и измерения, сертификат системы качества, документы, послужившие основанием для подтверждения соответствия» приводятся:

- перечень протоколов исследований (испытаний) и измерений, проведенных заявителем или аккредитованной испытательной лабораторией (центром) по договору с заявителем, с указанием номеров и дат указанных протоколов. В случае декларирования соответствия продукции с участием третьей стороны в данной строке также приводится наименование аккредитованной испытательной лаборатории (центра), выдавшей протоколы;

- данные о сертификате соответствия системы качества;

- перечень документов, послуживших основанием для декларирования соответствия продукции заявителем, с ука-

занием наименований и других реквизитов данных документов.

10. Строка «иные сведения» заполняется в случае, если указание дополнительных сведений о декларируемой продукции предусмотрено техническим регламентом.

11. В строке «срок действия» указывается срок действия декларации о соответствии (дата начала срока действия и дата окончания срока действия декларации о соответствии), который устанавливается в соответствии с техническим регламентом. Начало срока действия декларации о соответствии устанавливается со дня регистрации декларации о соответствии. Даты записываются арабскими цифрами: число — два знака, месяц — два знака, год — четыре знака. Число, месяц и год разделяются точками.

Если в соответствии с техническим регламентом для партии изделий и (или) единичного изделия не установлен срок действия декларации о соответствии, то в строке «срок действия» указывается только дата начала срока действия декларации о соответствии, которая устанавливается со дня регистрации декларации о соответствии.

12. В строке «заявитель» ставится подпись (не факсимильная) руководителя юридического лица (или лица, в установленном порядке уполномоченного руководителем подписывать декларацию о соответствии) или индивидуального предпринимателя, являющихся заявителями. Также указываются инициалы имени и отчества и фамилия лица, подписавшего декларацию о соответствии.

Подпись заявителя заверяется печатью юридического лица или индивидуального предпринимателя.

13. В строке «декларация зарегистрирована» указываются наименование, адрес (место нахождения) и телефон органа, регистрирующего декларацию о соответствии.

14. В строке «руководитель (уполномоченное им лицо) органа, регистрирующего декларацию о соответствии», ставится подпись (не факсимильная) руководителя (или лица, в установленном порядке уполномоченного руководителем подписывать декларацию о соответствии) органа, регистрирующего декларацию о соответствии. Также указываются инициалы имени и отчества и фамилия лица, подписавшего декларацию о соответствии.

Подпись руководителя (уполномоченного им лица) органа, регистрирующего декларацию о соответствии, заверяется печатью указанного органа.

15. Приложение к декларации о соответствии заполняется в случае, если основные сведения не помещаются в строках декларации о соответствии. При этом в соответствующей строке делается запись «см. приложение» (в случае, если декларация о соответствии имеет несколько приложений, указывается номер приложения, на которое делается ссылка).

В приложении к декларации о соответствии указываются следующие сведения:

а) в случае, если продукция изготавливается на предприятиях, входящих в состав транснациональной компании (компаний, осуществляющей деятельность на территории нескольких государств), — указывается информация обо всех предприятиях-изготовителях, на продукцию которых распространяется действие выдаваемой декларации о соответствии, с указанием полных наименований и адресов (мест нахождения) предприятий-изготовителей. В регистрационном номере декларации о соответствии в данном случае указывается код страны расположения центрального офиса транснациональной компании, а в строке «изготовитель» — полное наименование, адрес (место нахождения), телефон и факс центрального офиса транснациональной компании;

б) в случае, если декларируется однородная продукция, указывается перечень продукции, на которую распространяется действие декларации о соответствии (типы, марки, модели однородной продукции, составные части изделия или комплекса, декларируемые на соответствие одним и тем же требованием).

16. Форма декларации заполняется печатным способом (на пишущей машинке, компьютере и т.п.) без исправлений, подчисток и поправок.

Другие формы оформительских документов в системе сертификации ГОСТ Р (заявки на проведение сертификации продукции, услуг (работ), системы качества, производства, заявки-декларации) приведены в постановлении Госстандарта РФ от 17 марта 1998 г. № 12 с последующими изменениями 2000, 2004 и 2005 гг.

## Литература

1. Актуальные проблемы метрологии в радиоэлектронике / под ред. В. К. Коробова. — М. : Изд-во стандартов, 1995.
2. *Аронов, И. З.* Основные вопросы технического регулирования / И. З. Аронов, В. В. Быков, В. Ю. Прохоров. — М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2006.
3. *Аронов, И. З.* О моделях систем управления: нужна ли альтернатива моделям МС ИСО серии 9000? Какова стратегия действий в этой области / И. З. Аронов, В. Г. Версан // Стандарты и качество. — 2003. — № 2.
4. *Аронов, И. З.* Основные формы оценки соответствия в механизме технического регулирования / И. З. Аронов, В. Г. Версан // МОС. — 2007. — № 1.
5. *Аронов, И. З.* КАСКО: перспективы развития оценки соответствия / И. З. Аронов // Стандарты и качество. — 2003. — № 1.
6. *Аронов, И. З.* Европейский подход к оценке соответствия продукции требованиям директив ЕС / И. З. Аронов, А. М. Рыбакова, А. Л. Теркель // Сертификация. — 2006. — № 2.
7. *Аронов, И. З.* Оценка соответствия в свете международного стандарта ИСО/МЭК 17000:2004 / И. З. Аронов, А. М. Рыбакова, А. Л. Теркель // Конкуренты и партнеры. — 2005. — № 3.
8. *Артемьев, Б. К.* Справочное пособие для работников метрологических служб : в 2 кн. Кн. 1 и 2 /Б. К. Артемьев, С. М. Голубев — М. : Изд-во стандартов, 1990.
9. *Балабанов, А. Н.* Контроль технической документации/А. Н. Балабанов. — М. : Машиностроение, 1988.
10. *Баскаков, М. И.* Основы стандартизации, метрологии и сертификации / М. И. Баскаков. — Ростов-н/Д : МАРТ, 2004.
11. *Белобрагин, В. Л.* Основы технического регулирования / В. Л. Белобрагин. — М. : Стандартиформ, 2005.
12. *Бочаров, В. В.* О сертификации логистических систем / В. В. Бочаров, Л. С. Горелов, А. М. Жеребин // МОС. — 2006. — № 12.

13. *Брагин, А. А.* Основы метрологического обеспечения АЦП электрических сигналов / А. А. Брагин, А. Л. Семёнок. — М., 1989.
14. *Бродецкий, Г. Л.* Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска / Г. Л. Бродецкий. — М.: Вершина, 2006.
15. *Брюханов, В. А.* Особенности испытаний ИС для целей утверждения типа / В. А. Брюханов // ЗиПМ. — 2005. — № 6.
16. *Брянский, Л. Н.* Метрология. Шкалы, эталоны, практика / Л. Н. Брянский, А. С. Дойников, Б. Н. Крупин. — М.: ВНИИФТРИ, 2004.
17. *Версан, В. Г.* Высшее руководство предприятий и стандарты ИСО 9000 версии 2000 года: суть конфликта и его последствия / В. Г. Версан // Сертификация. — 2005. — № 1.
18. *Версан, В. Г.* Высшее руководство предприятий и результативность систем менеджмента качества / В. Г. Версан // Стандарты и качество — 2005. — № 11.
19. *Версан, В. Г.* Место оценки соответствия в механизме технического регулирования / В. Г. Версан // МОС. — 2007. — № 1.
20. *Версан, В. Г.* Регулирование рынка: баланс интересов производителя и потребителя / В. Г. Версан // Стандарты и качество. — 2002. — № 7.
21. *Версан, В. Г.* Сильные и слабые стороны стандартов ИСО серии 9000 новой версии: стратегия введения в действие / В. Г. Версан // Стандарты и качества. — 2001. — № 12.
22. *Голубев, Э. А.* Измерения. Контроль. Качество. ГОСТ Р ИСО 5725 / Э. А. Голубев, Л. К. Исаев. — М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005.
23. *Голубев, Э. А.* О классификации неопределенности измерений / Э. А. Голубев // Измерительная техника. — 2003. — № 10.
24. *Гордышевский, С. М.* Экологическая маркировка продукции / С. М. Гордышевский, И. В. Анисимова // МОС. — 2006. — № 12.
25. *Грановский, В. А.* Динамические измерения / В. А. Грановский. — Л.: Машиностроение, 1984.
26. *Дегтярев, А. А.* Метрология / А. А. Дегтярев [и др.]. — М.: Академический проект, 2006.
27. Договоренность о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов измерений и калибровки, выданных



национальными метрологическими институтами // Измерительная техника. — 1998. — № 5.

28. Допуски и посадки. Справочник / под ред. В. Д. Мягкова. — М. : Машиностроение, 1982.

29. *Екимов, А. В.* Надежность средств электроизмерительной техники / А. В. Екимов, М. И. Ревяков. — Л. : Энергоатомиздат, 1986.

30. *Журавлев, Л. Г.* Методы электрических измерений / Л. Г. Журавлев [и др.]. — Л. : Энергоатомиздат, 1990.

31. *Земельман, М. А.* Метрологические основы технических измерений / М. А. Земельман. — М. : Изд-во стандартов, 1991.

32. *Калмановский, В. И.* Проблемы оценки правильности результатов измерений величин, для которых неизвестно истинное значение / В. И. Калмановский // Партнеры и конкуренты. — 2003. — № 2.

33. *Кальницкая, О. И.* Система ХАССП: принципы, методология / О. И. Кальницкая, Е. Н. Кипин // Сертификация. — 2006. — № 2.

34. *Камке, Д.* Физические основы единиц измерений / Д. Камке, К. Крамер. — М. : Мир, 1980.

35. *Кашлаков, В. М.* Основные принципы подхода установления допускаемой погрешности проверки / В. М. Кашлаков // Метрология и точные измерения. — М. : Изд-во стандартов, 1989. — Вып. 1.

36. *Копнова, Е. Д.* Логистические системы как объект сертификации / Е. Д. Копнова // МОС. — 2006. — № 12 (6).

37. *Крещук, В. В.* Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий / В. В. Крещук. — М. : Изд-во стандартов, 1989.

38. *Крылова, Г. Д.* Основы стандартизации, сертификации, метрологии : учебник для вузов / Г. Д. Крылова. — М. : Аудит, ЮНИТИ, 1998.

39. *Куприянов, Е. М.* Стандартизация и качество промышленной продукции / Е. М. Куприянов. — М. : Высшая школа, 1991.

40. *Кураков, Л. П.* Метрология, стандартизация, сертификация : терминологический словарь-справочник / Л. П. Кураков. — М. : Изд-во стандартов, 1997.

41. *Лapidус, В. А.* Стандарт QS 9000. Что это такое и как к нему относиться? / В. А. Лapidус // Стандарты и качество. — 1996. — № 12.

42. *Литвинов, О. В.* Знаки соответствия в России. Стандарты и качество / О. В. Литвинов. — 1998. — № 2.
43. *Лукашов Ю. Е.* КООМЕТ ПК 2.3. «Гармонизация метрологических правил и норм» / Ю. Е. Лукашов // ЗиПМ. — 2005. — № 4.
44. *Лукашов Ю. Е.* Место и роль поверки и калибровки / Ю. Е. Лукашов // Главный метролог. — 2006. — № 1.
45. Менеджмент систем качества : учеб. пособие / М. Г. Круглов [и др.]. — М. : Изд-во стандартов, 1997.
46. Модульная концепция подготовки специалистов. Аккредитация и сертификация. — М. : Ассоциация «ВУЗСЕРТИНГ», 1996.
47. *Марков, Н. Н.* Взаимозаменяемость и технические измерения. — М. : Изд-во стандартов, 1983.
48. *Москалев, Л. И.* Международные и региональные организации по стандартизации и качеству : справочник / Л. И. Москалев, А. М. Медведев. — М. : Изд-во стандартов, 1990.
49. *Никифоров, Н. В.* Формирование процедур подтверждения соответствия в Российской Федерации / Н. В. Никифоров // Партнеры и конкуренты. — 2006. — № 6.
50. *Новицкий П. В.* Оценка погрешности результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. — М. : Энергоатомиздат, 1985.
51. *Новицкий, П. В.* Динамика погрешностей средств измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф, В. С. Лабунец. — Л. : Энергоатомиздат, 1990.
52. Нормирование и использование метрологических характеристик и средств измерений. — М. : Изд-во стандартов, 1985.
53. Основные термины в области метрологии : словарь-справочник / под ред. Ю. В. Тарбеева. — М. : Изд-во стандартов, 1989.
54. Основы стандартизации в машиностроении / под ред. В. В. Бойцова. — М. : Изд-во стандартов, 1983.
55. *Плеханов, В. И.* Регистр систем качества и его нормативно-методическая база / В. И. Плеханов // Стандарты и качество. — 1996. — № 10.
56. *Плушевский, М. Б.* Подтверждение соответствия в системе оценки соответствия / М. Б. Плешевский // Партнеры и конкуренты. — 2005. — № 6.
57. *Подлепа, С. А.* Системы экологического управления на базе стандартов ИСО серии 14000. Некоторые проблемы раз-

работки и внедрения / С. А. Подлепа, Е. В. Пашков // Стандарты и качество. — 1998. — № 5.

58. *Проников, А. О.* Надежность машин / А. О. Проников. — М. : Машиностроение, 1978.

59. *Пугачев, С.* Состояние и проблемы реализации Закона о техническом регулировании / С. Пугачев // Стандарты и качество. — 2006. — № 4.

60. *Рабинович, С. Г.* Погрешность измерений / С. Г. Рабинович. — Л. : Энергоатомиздат, 1978.

61. Р 50.1.046—2003. Рекомендации по выбору форм и схем обязательного подтверждения соответствия продукции при разработке технических регламентов.

62. *Рейх, Н. Н.* Метрологическое обеспечение производства / Н. Н. Рейх, А. А. Тупиченков, В. Г. Цейтлин; под ред. Л. К. Исаева. — М. : Изд-во стандартов, 1987.

63. *Рубичев, Н. А.* Достоварность допускового контроля качества / Н. А. Рубичев, В. Д. Фрумкин. — М. : Изд-во стандартов, 1990.

64. *Рудзит, Я. А.* Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении / Я. А. Рудзит, В. Н. Плуталов. — М. : Машиностроение, 1991.

65. Руководство по разработке и применению технических регламентов и гармонизированных стандартов. — М. : Госстандарт России, 2002.

66. *Ряполов, А. Ф.* Сертификация. Методология и практика / А. Ф. Ряполов. — М. : Изд-во стандартов, 1987.

67. *Сена, Л. А.* Единицы физических величин и их размерности / Л. А. Сена. — М. : Наука, 1988.

68. *Сергеев, А. Г.* Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта / А. Г. Сергеев. — М. : Транспорт, 1988.

69. *Сергеев, А. Г.* Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем / А. Г. Сергеев. — М. : Изд-во МГОУ АО «Росвузнаука», 1994.

70. *Сергеев, А. Г.* Сертификация / А. Г. Сергеев, М. В. Латышев. — М. : Логос, 1999.

71. *Сергеев, А. Г.* Метрология / А. Г. Сергеев. — М. : Логос, 2005.

72. *Сергеев, А. Г.* Метрология. Стандартизация. Сертификация / А. Г. Сергеев, М. В. Латышев, В. В. Терегеря. — М. : Логос, 2001.

73. *Студенцов, Н. В.* Системы единиц и фундаментальные константы / Н. В. Студенцов // Измерительная техника. — 1997. — № 3.

74. *Тарбеев, Ю. В.* Эталоны России / Ю. В. Тарбеев // Измерительная техника. — 1995. — № 6.
75. Техническое регулирование. Теория и практика / И. З. Аронов [и др.]; под ред. В. Г. Версана. — М. : ОАО «ВНИИС», 2005.
76. *Тимко, В. Я.* Оценка соответствия электрооборудования / В. Я. Тимко // МОС. — 2006. — № 11(5)
77. *Тюрин, Н. И.* Введение в метрологию / Н. И. Тюрин. — М. : Изд-во стандартов, 1985.
78. *Фридман, А. Э.* Оценка метрологической надежности измерительных приборов и многозначных мер / А. Э. Фридман // Измерительная техника. — 1993. — № 5.
79. *Фрумкин, В. Д.* Теория вероятностей и статистика в метрологии и измерительной технике / В. Д. Фрумкин, Н. А. Рубичев. — М. : Наука, 1987.
80. *Хохлявин, С. А.* Оценка соответствия в новых руководствах ИСО/МЭК / С. А. Хохлявин // Партнеры и конкуренты. — 2006. — № 5.
81. *Хохлявин, С. А.* Соблюдение стандарта ИСО/МЭК 17021:2006 — гарантия доверия к сертификации систем менеджмента // МОС. — 2007. — № 1..
82. *Чайка, И. И.* Стандарты ИСО 9000 будут пересматриваться. Концепция версии 2008 года / И. И. Чайка // Сертификация. — 2006. — № 1.
83. *Шаповалов, Е. А.* Акустический метод измерения универсальной газовой постоянной и постоянной Больцмана / Е. А. Шаповалов // Измерительная техника. — 1994. — № 8.
84. *Шлыков, Г. П.* Аппаратурное определение погрешностей цифровых приборов / Г. П. Шлыков — М. : Энергия, 1984.
85. *Яворский, В. А.* Выбор форм и схем обязательного подтверждения соответствия / В. А. Яворский // Партнеры и конкуренты. — 2005. — № 12.
86. *Яворский, В. А.* К вопросу выбора форм оценки соответствия гражданского и служебного оружия / В. А. Яворский // Партнеры и конкуренты. — 2005. — № 9.
87. *Яворский, В. А.* Новая стратегия: выбор форм и схем обязательного подтверждения соответствия / В. А. Яворский // Компетентность. — 2005. — № 1.
88. *Якушев, А. И.* Взаимозаменяемость, стандартизация и измерительная техника / А. И. Якушев, Л. И. Воронов, Н. М. Федотов. — М. : Машиностроение, 1986.

**Покупайте наши книги:**

**В офисе издательства «ЮРАЙТ»:**

111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4,  
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, www.urait.ru

**В логистическом центре «ЮРАЙТ»:**

140053, Московская область, г. Котельники, мкр. Ковровый, д. 37,  
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, www.urait.ru

**В интернет-магазине «ЮРАЙТ»:** www.urait-book.ru,

e-mail: order@urait-book.ru, тел.: (495) 742-72-12

**Для закупок у Единого поставщика** в соответствии с Федеральным законом от 21.07.2005 № 94-ФЗ обращайтесь по тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, vuz@urait.ru

*Учебное издание*

**Сергеев Алексей Георгиевич,  
Терегеря Владимир Васильевич**

# **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Учебник для бакалавров

Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Гарнитура «PetersburgС». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 52,38. Тираж 1500 экз. Заказ №

**ООО «ИД Юрайт»**

111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4.

Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: izdat@urait.ru, www.urait.ru