

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Н.С. Пронкин, В.М. Немчинов

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ  
В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

Монография

Под общей редакцией В.М. Немчинова

Москва 2014

УДК 389(075)  
ББК 30.10я7  
П81

**Пронкин Н.С., Немчинов В.М.** Метрология, стандартизация и сертификация в атомной отрасли: монография / Под общ. ред. В.М. Немчинова. М.: НИЯУ МИФИ, 2014. 400 с.

Рассматриваются современные основы метрологии, стандартизации и сертификации (МСС) – триады, обеспечивающей качество и безопасность продукции, работ и услуг. Особое внимание уделяется практической реализации требований и положений МСС в атомной отрасли.

Предназначена для специалистов, аспирантов и студентов, занимающихся изучением, внедрением и использованием практических методов МСС в народное хозяйство страны, а также для специалистов, разрабатывающих, изготавливающих и внедряющих в народное хозяйство промышленную продукцию атомной отрасли, предоставляющих и пользующихся услугами подрядных организаций.

Для специалистов самого широкого профиля, научных работников и студентов технических специальностей.

Монография подготовлена в рамках Программы создания и развития НИЯУ МИФИ.

*Рецензенты:* д-р техн. наук, проф. ЦСКБ ОАО  
«Радиотехнический институт» Блинов Н.Н.;  
д-р техн. наук, проф. ФГБУ ВНИИИМТ Учителькин А.Н.

**ISBN 978-5-7262-2027-7**

© Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ», 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных сокращений.....	8
Введение.....	10
<b>Часть I. КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	<b>15</b>
<b>Глава 1. Обеспечение качества продукции.....</b>	<b>15</b>
1.1. Общие понятия о качестве и безопасности.....	15
1.2. Исторические аспекты развития качества.....	18
1.3. Основные понятия и определения.....	23
1.4. Характеристика требований.....	29
1.5. Оценка качества.....	31
1.6. Системы менеджмента качества.....	32
1.7. Организация систем качества на объектах использования атомной энергии.....	37
1.8. Лицензирование и качество.....	46
<b>Глава 2. Техническое регулирование и технические регламенты.....</b>	<b>48</b>
2.1. Необходимость введения в России нового технического законодательства.....	48
2.2. Содержание Федерального закона «О техническом регулировании».....	50
2.3. Основы технического регулирования.....	52
2.4. Цели и принципы технического регулирования.....	56
2.5. Цели, требования и содержание технических регламентов.....	58
2.6. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований технических регламентов.....	65
2.7. Техническое регулирование в области использования атомной энергии.....	69
<b>Часть II. ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ.....</b>	<b>74</b>
<b>Глава 3. Общие положения стандартизации.....</b>	<b>74</b>
3.1. Общие понятия о стандартизации.....	74
3.2. Нормативные документы в области стандартизации.....	76
3.3. Цели, принципы и функции стандартизации.....	78
3.3.1. Цели стандартизации.....	78
3.3.2. Принципы стандартизации.....	79
3.3.3. Функции стандартизации.....	81
3.4. Краткий исторический обзор развития стандартизации.....	82
3.5. Методы стандартизации.....	90

3.5.1. Упорядочивание объектов стандартизации.....	90
3.5.2. Параметрическая стандартизация.....	92
3.5.3. Унификация продукции.....	95
3.5.4. Агрегатирование и модульная стандартизация.....	96
3.5.5. Комплексная стандартизация.....	98
3.5.6. Опережающая стандартизация.....	98
<b>Глава 4. Стандарты и системы стандартизации.....</b>	<b>100</b>
4.1. Системы стандартизации в РФ.....	100
4.1.1. Этапы формирования системы стандартизации.....	100
4.1.2. Органы и службы стандартизации.....	102
4.2. Национальные стандарты.....	105
4.3. Стандарты организаций.....	109
4.4. Применение нормативных документов.....	112
4.5. Межотраслевые системы стандартизации.....	114
4.6. Классификаторы и каталоги продукции.....	122
4.6.1. Классификаторы и коды.....	122
4.6.2. Каталоги продукции.....	128
4.7. Стандартизация услуг.....	130
4.8. Технические условия.....	132
4.9. Региональная и международная стандартизация.....	133
4.9.1. Региональная стандартизация стран — членов СНГ.....	134
4.9.2. Региональная стандартизация стран — членов ЕС.....	135
4.9.3. Международная стандартизация.....	136
4.10. Стандартизация в атомной отрасли.....	140
<b>Глава 5. Подтверждение соответствия (сертификация).....</b>	<b>146</b>
5.1. Основные понятия и термины.....	146
5.2. Краткий исторический обзор развития сертификации.....	147
5.3. Цели и принципы подтверждения соответствия.....	149
5.4. Формы подтверждения соответствия.....	151
5.5. Добровольное подтверждение соответствия.....	152
5.6. Обязательное подтверждение соответствия.....	156
5.6.1. Декларирование соответствия.....	159
5.6.2. Обязательная сертификация.....	161
5.6.3. Ввоз продукции из-за рубежа.....	164
5.7. Участники сертификации.....	165
5.8. Схемы сертификации.....	168
5.8.1. Схемы декларирования.....	169
5.8.2. Схемы сертификации.....	172
5.8.3. Добровольная сертификация.....	175
5.9. Системы сертификации.....	176

5.9.1. Общие сведения о системах сертификации.....	176
5.9.2. Система сертификации ГОСТ Р.....	179
5.9.3. Система сертификации ОИТ.....	181
5.10. Сертификация услуг.....	187
5.11. Сертификация систем менеджмента качества.....	189

### **Часть III. МЕТРОЛОГИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.....**

191

<b>Глава 6. Основные понятия и технические средства метрологии.....</b>	<b>191</b>
6.1. Основные термины и определения.....	191
6.2. Классификация измерений.....	195
6.3. Погрешности измерений и их классификация.....	202
6.4. Исторические аспекты развития метрологии.....	205
6.4.1. Краткая история развития метрологии в России.....	205
6.4.2. Создание международных метрологических организаций.....	209
6.5. Исходные понятия метрологии. Измерительные шкалы.....	211
6.6. Система воспроизведения единиц величин.....	216
6.6.1. Международная система единиц.....	216
6.6.2. Технические средства воспроизведения единиц величин.....	225
6.7. Поверочные схемы.....	234
<b>Глава 7. Метрологические характеристики средств измерений.....</b>	<b>240</b>
7.1. Классификация средств измерительной техники.....	240
7.2. Параметры и характеристики средств измерения.....	244
7.3. Классификация погрешностей средств измерений.....	246
7.4. Нормирование метрологических характеристик средств измерений.....	251
7.5. Динамические характеристики и динамические погрешности средств измерений.....	254
7.6. Оценка погрешности измерительных каналов.....	266
7.7. Классы точности средств измерений.....	271
7.8. Регулировка и градуировка средств измерений.....	273
<b>Глава 8. Методы оценки погрешностей и результатов измерений.....</b>	<b>275</b>
8.1. Случайные погрешности.....	275
8.1.1. Описание случайных погрешностей.....	275
8.1.2. Моменты случайных величин.....	276
8.2. Распределения случайных погрешностей.....	277
8.3. Точечные и интервальные оценки.....	280
8.3.1. Точечные оценки.....	280

8.3.2. Оценки с помощью доверительных интервалов.....	282
8.4. Систематические погрешности результатов измерений.....	286
8.5. Закон Пуассона.....	290
<b>Глава 9. Обработка результатов измерений на основе концепции погрешности измерений.....</b>	<b>292</b>
9.1. Обработка результатов прямых равноточных измерений.....	292
9.2. Обработка результатов прямых неравноточных измерений.....	295
9.3. Обработка результатов косвенных измерений.....	297
9.3.1. Линейная зависимость.....	298
9.3.2. Нелинейная зависимость.....	301
9.4. Обработка результатов совместных измерений.....	305
9.5. Оценивание погрешности однократных измерений.....	310
<b>Глава 10. Обработка результатов измерений на основе концепции неопределенности измерений.....</b>	<b>314</b>
10.1. Общие замечания.....	314
10.2. Основные положения концепции неопределенности измерений.....	316
10.3. Методика оценивания результата измерений и его неопределенности.....	318
10.4. Обсуждение результатов расчетов погрешности и неопределенности и их практического применения.....	324
<b>Глава 11. Государственное обеспечение единства измерений.....</b>	<b>328</b>
11.1. Единство и прослеживаемость измерений.....	328
11.2. Цели и задачи системы государственного обеспечения единства измерений.....	329
11.2.1. Содержание и особенности Федерального закона.....	330
11.2.2. Цели и задачи государственного обеспечения единства измерений.....	331
11.3. Состав государственной системы обеспечения единства измерений.....	333
11.3.1. Общая характеристика системы.....	333
11.3.2. Государственные научные метрологические институты и метрологические службы.....	336
11.3.3. Государственные региональные центры метрологии и метрологические службы предприятий.....	340
11.3.4. Организация метрологических служб на предприятиях атомной отрасли.....	341
11.4. Международное сотрудничество в ОЕИ.....	350

<b>Глава 12. Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений</b> .....	355
12.1. Общие вопросы.....	355
12.2. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений.....	358
12.3. Поверка средств измерений.....	360
12.4. Метрологическая экспертиза.....	363
12.5. Федеральный государственный метрологический надзор.....	364
12.6. Аттестация методик (методов) измерений.....	368
12.7. Калибровка средств измерений.....	370
12.8. Аккредитация в области обеспечения единства измерений.....	372
<b>Список литературы</b> .....	375
<b>Приложение 1.</b> Основные модули подтверждения соответствия и их модификации в странах ЕС.....	385
<b>Приложение 2.</b> Краткие характеристики схем сертификации и рекомендации по их применению.....	389
<b>Приложение 3.</b> Пример оценки точности измерений на основе концепции погрешности и неопределенности.....	392

## СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АС (АЭС)	атомная станция (атомная электрическая станция)
ГНЦ	Государственный научный центр
ЖЦП	жизненный цикл продукции
ИАЭ	использование атомной энергии
ИСО (ISO)	Международная организация по стандартизации
ГК «Росатом»	Государственная корпорация «Росатом»
ГСИ	Государственная система обеспечения единства измерений
ГСС	Государственная система стандартизации
ЕС	страны европейского содружества
ИАЭ	использование атомной энергии
МБМВ	Международное бюро мер и весов (г. Севр, Франция)
МВИ	методика выполнения измерений
МКМВ	Международный комитет по мерам и весам
МОЗМ	Международная организация законодательной метрологии
МС	метрологическая служба
МСС	метрология, стандартизация и сертификация
НД	нормативная документация
НМИ	национальный метрологический институт
ОЕИ	обеспечение единства измерений
ОИТ	оборудование, изделия и технологии
ОК	общероссийский классификатор
ПК	подкомитет (в ТК)
РМГ	рекомендации по межгосударственной стандартизации
ГК «Росатом»	Государственная корпорация «Росатом»
Росстандарт	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Ростехнадзор	Федеральное агентство по техническому, экологическому и атомному надзору
РФ	Российская Федерация
СИ	средство измерения
SI	международная система единиц
СО	стандартный образец
СК	система качества
Твэл	тепловыделяющий элемент



Твс	тепловыделяющая сборка
ТК	технический комитет
ТР	технический регламент
ФВ	физическая величина
ФЗ	Федеральный закон
ЯРБ	ядерная и радиационная безопасность

## Введение

Продукция атомной отрасли как мирного, так и военного назначения, являясь высокотехнологичной, наукоемкой и конкурентно-способной, характеризуется повышенными требованиями к ее качеству и безопасности. Низкое качество продукции в этой отрасли и отклонение ее характеристик от требований нормативной документации (НД) могут приводить к серьезным авариям с многочисленными человеческими жертвами и обширному загрязнению окружающей среды.

Известно, что вопросам безопасности и качества на предприятиях атомной отрасли стали уделять самое пристальное внимание практически с момента ее зарождения. Контроль в этом направлении был организован отраслевыми инспекциями и военными представителями на соответствие требований отраслевой НД.

В условиях современных рыночных взаимоотношений и глобализации экономики требования к атомной продукции и контроль выполнения этих требований должны быть гармонизированы на отечественном и международном уровне. Это позволяет не только соответствовать достигнутому в настоящее время международному уровню по качеству и безопасности, но и успешно осуществлять взаимовыгодные торговые операции с другими странами в области товарообмена атомной продукции.

Сформировавшееся в последнее время научное направление под названием «Метрология, стандартизация и сертификация (МСС)» позволяет успешно решать вопросы обеспечения **качества и безопасности продукции**, работ и услуг самого широкого назначения.

В настоящее время имеется много печатных изданий по МСС, в том числе монографий, учебников и учебных пособий, написанных с учетом особенностей этого научного направления для определенных отраслей народного хозяйства<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Достаточно набрать в любой поисковой системе Интернета «Метрология, стандартизация и сертификация», как появится большой перечень различной литературы, посвященной этой тематике.

Тем не менее, в настоящее время в публикациях (литература, пособия, курсы лекций и др.) не представлены специфические вопросы организации и выполнения требований НД по МСС в атомной отрасли. Такая специфика связана, прежде всего, с повышенными требованиями к качеству, надежности и безопасности изделий и объектов атомной промышленности, а в недалеком прошлом и с закрытостью этой отрасли.

В связи с выходом новой редакции Федерального закона «Об обеспечении единства измерений», гармонизированного с Федеральным законом «О техническом регулировании», в этой литературе не нашли достаточного освещения ряд уже признанных в международной практике положений и вопросов современного подхода к обеспечению единства измерения (ОЕИ), в том числе подходов к вопросам признания результатов измерения на международном уровне, использования принципа оценивания точности с позиций концепции неопределенности, прослеживаемость измерений, использования опорных значений величин, решение вопросов ОЕИ в условиях глобализации мировой экономики и др.

Рассмотреть все вопросы и проблемы роста и постоянного динамичного развития МСС не представляется возможным в рамках одной книги, поскольку объем материала по МСС велик. Тем не менее, автор попытался восполнить вышеперечисленные пробелы для нужд атомной отрасли.

В настоящей работе представлены *основные положения*, которые позволяют специалисту, научному работнику, студенту свободно ориентироваться во всей огромной массе литературы (публикаций и документации), издаваемых в настоящее время по вопросам МСС. Следует отметить, что федеральные законы и НД по МСС, издаваемые в России, *постоянно изменяются*, приближаясь по статусу и содержанию к международным документам. Чтобы это не сказывалось на качестве ознакомления с материалом монографии, ее структура позволяет довольно легко вносить соответствующие коррективы и дополнения в соответствующие разделы, которые объединены одной целью: обеспечения качества и безопасности атомной продукции.

Необходимо подчеркнуть, что настоящий курс вводит читателя в *практическую сферу взаимоотношений* изготовителя (произво-

дителя) и приобретателя (покупателя продукции), товаров, выполнения работ и предоставления услуг, а также в законодательную сферу контроля исполнения работ в соответствии с требованиями технических регламентов, НД и взаимных договорных обязательств. Это вопросы надзора и контроля продукции, ответственности организаций, аккредитованных для проведения этого контроля, сертификации продукции и др., т.е. вопросов административно-правовых отношений, возникающих на всех этапах жизненного цикла продукции (ЖЦП). Поскольку атомная отрасль является частью народного хозяйства страны, то вначале каждой темы излагаются общие вопросы по МСС, применимые к любой народнохозяйственной деятельности, а затем особенности организации работ в области МСС, проводимые в атомной отрасли.

Содержание книги достаточно подробно отражено в перечне разделов оглавления. Тем не менее остановимся на ее некоторых особенностях.

Применение МСС продукции (товаров, исполнения работ и предоставления услуг) достаточно прочно связаны, поэтому при изложении материала книги неизбежны некоторые повторения. Их особенно трудно избежать в вопросах контроля, надзора, аккредитации и др. Однако это, наш взгляд, способствует тесной взаимосвязи метрологии, стандартизации и сертификации в практической сфере жизни.

Большая часть объема книги (гл. 6-12) посвящена вопросам метрологии, что обусловлено рядом факторов:

метрология – это наука, на которой «произрастают» стандартизация и сертификация, поскольку точные и надежные измерения являются необходимым и достаточным условием их существования и развития, а также гарантия обеспечения качества продукции;

обеспечение единства измерений является сущностью метрологии, поэтому в работе рассмотрены все основные понятия, методы и средства, обеспечивающие это единство: эталоны единиц, исходные и опорные значения величин, стандартные образцы, системы единиц и передача единиц измерения от эталонов к рабочим образцам, оценки точности измерений на основе концепций погрешности и неопределенности и др.;

без грамотного применения метрологии и понимания полученных результатов измерения невозможно правильно принять решения по оценке соответствия продукции требованиям стандартов и НД и добиться изготовления безопасной и высококачественной продукции.

В работах автора [34, 66] представлены вопросы применения метрологии для нужд атомной отрасли с иллюстрацией их соответствующими примерами и задачами отрасли (свыше 100 задач).

Повышенное внимание уделено также вопросам стандартизации (гл. 3 и 4), поскольку стандарты занимают существенное место на протяжении всего жизненного цикла продукции (объекта) от этапа проектирования продукции до ее утилизации. Несмотря на то, что применение стандартов в соответствии с требованием Федерального закона «*О техническом регулировании*» принимает рекомендательную (добровольную) форму, стандарты всегда будут основой жизнедеятельности многих объектов, особенно объектов специального назначения (атомной отрасли, оборонной и космической техники).

В гл. 5, посвященной сертификации, основное внимание уделяется анализу различных форм сертификации (обязательной и добровольной), контролю и надзору за выполнением требований к сертифицированной продукции (объектам), сравнению отечественных форм подтверждения соответствия с зарубежными формами подтверждения соответствия, их контролю и развитию.

Объединяющей темой являются требования к качеству и безопасности продукции. В главах, посвященных качеству (гл. 1) и техническим регламентам (гл. 2), эти вопросы рассмотрены в свете современных требований международных стандартов серии 9 000, 10000 и 14 000 ИСО/МЭК.

Целесообразно выделить ряд основных вопросов МСС, рассмотренных применительно к атомной отрасли, в том числе:

вопросы организации и контроля качества на объектах ИАЭ;

вопросы лицензирования видов деятельности, непосредственно влияющих на качество создаваемой продукции, проведение работ и предоставление услуг;

внедрение технических регламентов как неизбежный этап в преобразовании нормативного регулирования, обеспечивающий

комфортное взаимодействие России с зарубежными партнерами в рамках ВТО;

использование систем стандартов, а также планы по разработке новых стандартов для нужд атомной отрасли в специальном техническом комитете по стандартизации ТК-322 «Атомная техника»;

организация системы сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения (ОИТ) и ее задачи по обеспечению качества и безопасности продукции;

организация метрологического обеспечения единства измерений (ОЕИ) на основе Центральной головной организации метрологической службы ГК «Росатом», головных и базовых организаций, подкомитета ПК-5 и т.д.;

обеспечение необходимой точности измерений на предприятиях;

внедрение концепции неопределенности измерений для оценки точности результатов измерений.

В пособии используются термины и определения, рекомендованные последними изданиями отечественных и международных стандартов.

Автор полагает, что материал, изложенный в работе, может быть использован в учебном процессе в качестве *базового*, который может дополняться или сокращаться с учетом особенностей специальности или научного направления курса.

# Часть I

## КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

### Глава 1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

#### 1.1. Общие понятия о качестве и безопасности

Стандартизация, метрология и оценка соответствия (сертификация) являются *инструментами* обеспечения качества продукции, работ и услуг и *составляют (образуют) триаду методов и видов деятельности по обеспечению качества и безопасности*. Обеспечение качества продукции, работ и услуг является *основной целью деятельности* по МСС. Действительно, любая продукция<sup>2</sup> должна соответствовать определенным характеристикам (техническим, эстетическим, эргономическим и др.), а также безопасности, которые определяют ее *качество* (в свете современных требований и взглядов) и потребительские свойства (способность продукции быть приобретенной). Требования к этим характеристикам изложены в нормативной документации<sup>3</sup> (НД) и, в том числе, в *стандартах* на эту продукцию. Степень соответствия большинства характеристик продукции требованиям НД могут быть оценены (измерены) с помощью методов *метрологии*. При этом продукция, выдержавшая сертификационные испытания, и для которой подтверждены заявленные характеристики (свойства), получает *сертификат* (документ), служащий для потребителя доказательством того, что предлагаемая продукция соответствует заявленным характеристикам, и они проверены.

---

<sup>2</sup> В дальнейшем, как это принято в ГОСТ Р ИСО 9001-2008 [8], термин «продукция» будет означать: «продукция (товар), работа, услуга», поскольку в результате любой деятельности создается материальная или/и нематериальная продукция. Там, где это необходимо будут использоваться термины «работа» и «услуга». Термин «продукция» будет относиться также к зданиям, сооружениям, хранилищам радиоактивных отходов, радиоактивных веществ и другим объектам ИАЭ.

<sup>3</sup> Нормативный документ – документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов [13].

Эта триада находится в рамках технического законодательства, основой которого являются технические регламенты (ТР), предназначенные для регулирования качества и безопасности продукции. Основой этого законодательства является Федеральный закон «*О техническом регулировании*», который позволяет устранить ряд ограничений и технических барьеров при торговле между странами, а также позволяет «подтянуть» отечественную промышленность к уровню ведущих мировых держав, создавая необходимые административно-нормативные условия, *вынуждающие* производителя создавать продукцию высокого качества. Внутри страны закон открывает широкие возможности для свободы предпринимательской деятельности, устраняя необоснованные барьеры при создании и реализации новой перспективной продукции.

Известно, что в промышленно развитых странах давно пришли к выводу, что успех любой коммерческой деятельности определяется в первую очередь *качеством продукции*. Хорошо известно американское, немецкое, японское, французское и др. качества изделий и бренды, подтверждающие и рекламирующие это качество. Можно также отметить, как с не очень хорошей стороны, прославились за последнее время товары «китайского» качества<sup>4</sup>.

Производитель, стремящийся завоевать рынок не на один десяток лет, старается поднять и поддерживать на должном уровне качество своей продукции. Эта деятельность должна сопровождаться хорошо развитыми системами оценки соответствия продукции, практической и законодательной метрологией, стандартами и другими НД, в которых отражены современные требования к продукции.

Когда мы говорим о качестве, например одежды, то в обычном житейском смысле понимаем красивую, удобную, современную и прочную одежду. Однако имеются еще ряд характеристик, которые скрыты от наших глаз, но имеют немаловажное значение, а также характеристики, соответствующие ряду обязательных требований, определенных НД на данный тип продукции. Одежда должна быть, кроме того:

---

<sup>4</sup> Один из последних Пленумов китайской компартии взял курс на существенное улучшение качество экспортируемой продукции.



безопасной, т.е. от соприкосновения с ней не должно появляться раздражений на коже, зуда, покраснений глаз и др.;

от нее не должно дурно пахнуть;

она должна быть не просто прочной, но и устойчивой к различным природным и техногенным воздействиям, т.е. не разрушаться под действием влаги (дождя), солнечных лучей, загазованности атмосферного воздуха и др.;

она не должна изменять своего состояния (внешнего вида) после стирки или химической чистки и др.

Таким образом, качественная одежда – это не просто модная и красивая вещь, а продукция, отвечающая целому комплексу требований, в том числе и ряду обязательных требований. Конечно, требования, предъявляемые, например, к женскому платью, или к костюму космонавта, или к одежде десантника, сильно различаются и определяются назначением этой одежды. Поэтому понятие *качество* можно определить довольно просто: **качество – степень соответствия присущих характеристик требованиям** [7]. В этом определении заложен один существенный признак: характеристики продукции должны *соответствовать присущим (необходимым) требованиям*, которые определяют потребительские возможности продукции. Иначе говоря, если продукция не обладает востребованными характеристиками, то она не будет пользоваться спросом, поскольку ее качественные показатели не соответствуют требованиям, предъявляемым к ней в данный период времени.

Характеристики продукции можно ранжировать по их значимости, выделяя для данного вида изделия те или иные как наиболее важные, и которые определяются, прежде всего, назначением продукции. Однако для любой продукции в настоящее время в первую очередь рассматриваются характеристики **безопасности продукции** для человека и окружающей среды. Такой подход к оценке качественных характеристик продукции обусловлен тем, что существующие производители широко используют в своих изделиях разного рода искусственные, порой не безвредные материалы и химические вещества. Например, для ряда изделий (сооружений, объектов, хранилищ) атомной отрасли – это обеспечение ядерной и радиационной безопасности.

В общем случае *безопасность* определяется как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Применительно к продукции атомной отрасли и объектам ИАЭ безопасность определяется как свойство объекта и/или продукции при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, ограничивать радиационное и другие возможные воздействия на работников (персонал), население и окружающую среду установленными пределами, а также предотвращать возникновение самоподдерживающейся ядерной цепной реакции.

Безопасность — один из важнейших показателей качества продукции. Однако, на наш взгляд, качество и безопасность продукции для производителя в настоящее время часто противоречивы. Пояним это примером. Чтобы обеспечить сохранность продукта в течение длительного времени и тем самым удовлетворить, с одной стороны, интересы продавца (производителя), а с другой стороны — покупателя, в скоропортящиеся продукты вводят консерванты, которые не безвредны для человека. Установлено, что в малых дозах консерванты безвредны. Однако они присутствуют в настоящее время в подавляющем большинстве продуктов и могут накапливаться в организме, и, кроме того, нет достоверных данных о влиянии малых доз консервантов на потомство человека (детей, внуков, правнуков и т.д.). Поэтому современные НД стараются учитывать этот факт, вводя ограничения на содержание консервантов и других не безвредных для человека добавок в продукты.

## **1.2. Исторические аспекты развития систем качества**

Современная концепция управления качеством берет свои истоки с работ В. Шехарта, который ввел понятие цикла непрерывных технологических изменений на основании статистического контроля качества. Это был известный цикл PDCA: Plan-Do-Check-Act (планировать-выполнять-контролировать-действовать), известный как «цикл Шехарта». Впервые он был применен в лабораториях Белла (США) в 30-х гг. и до сих пор не потерял своей актуальности. Суть данного цикла сводится к следующим положениям:

1. Планируйте улучшение Ваших операций при обнаружении ошибок и находите идеи для решения этих проблем и устранения ошибок.

2. Внедрите разработанные Вами предложения по улучшению на небольшом участке работ. Это позволит оценить правильность принятых улучшений довольно быстро.

3. Непрерывно контролируйте предлагаемые ключевые мероприятия, чтобы иметь гарантии того, что Вы в любой момент времени знаете, что обеспечиваете или не обеспечиваете требуемое качество.

4. Если Ваш эксперимент (внедрение по улучшению) достиг цели, то внедряйте предлагаемые изменения во все точки процесса. Привлекайте для этого других заинтересованных лиц (поставщиков, клиентов).

Бурное развитие теории управления качеством пришлось на 40 - 50-е гг. В это время А. Фидженбаум ввел понятие Всеобщего Контроля Качества (Total Quality Control), состоящего из этапов разработки качества, поддержки качества и улучшение качества, а также Стоимости Качества.

В. Деминг расширил область применения цикла В. Шехарта и статистических методов управления производством на сферу продаж и оказания услуг. В это время были сформулированы знаменитые четырнадцать принципов управления качеством. Эти принципы содержали в себе следующие положения:

1. Постоянно совершенствуйте товары и услуги.

2. Примите новую философию: *откажитесь от низкого качества во всем!*

3. Откажитесь от массового контроля.

4. Откажитесь от партнерских отношений, основанных только на цене продукции: установите долгосрочные партнерские отношения и уменьшите количество поставщиков.

5. Постоянно совершенствуйте систему производства и обслуживания.

6. Организуйте на предприятии современное обучение.

7. Внедрите современные методы руководства: функции руководства должны быть смещены от контроля количественных показателей к качественным.

8. Устраните страх персонала: способствуйте тому, чтобы сотрудники высказывались открыто.

9. Устраните барьеры между подразделениями предприятия.

10. Откажитесь от лозунгов, транспарантов и наставлений для рабочих.

11. Откажитесь от количественных оценок работы.

12. Поддерживайте чувство профессиональной гордости в сотрудниках.

13. Внедрите на предприятии систему образования и самосовершенствования сотрудников.

14. Принимайте любую работу (предложения), полезную для осуществления изменений.

Начиная с 1950 г., В. Деминг начал внедрять свои принципы на японских предприятиях. Считается, что именно деятельность В. Деминга во многом способствовала появлению недорогих и высококачественных японских товаров. В 1951 г. была учреждена премия В. Деминга. Другими наиболее известными в области управления качеством явились следующие события.

Публикация в 1951 г. Д. Джураном книги «Руководство по управлению качеством», в которой он представил разработанную им идею трилогии качества: планирование качества, улучшение качества и управление качеством. Именно Джуран для улучшения качества предложил модель улучшения качества на основе «спирали качества» жизненного цикла продукции.

К. Ишикава в 1962 г. разработывает Цикл Качества и убеждает японских менеджеров обращать внимание на предложения рабочих. Теория К. Ишикава подразумевает, что качество – это не только качество продукта, но также и послепродажное обслуживание, качество управления, организация компании и организация инфраструктуры для специалистов.

Ф. Кросби положил начало распространения концепции нулевых дефектов, которая состоит в том, что *за качество не платят. Деньги приходится платить за отсутствие качества и недостатки качества, что и должно быть предметом контроля.*

В последние годы было много новых теоретических и практических разработок в области качества, из которых можно выделить два основных положения: все должно делаться в интересах клиен-

тов, потребности которых Вам известны, и дешевле делать с первого раза!

В настоящее время вопросами качества занимаются ряд международных организаций: Японское общество специалистов по контролю качества, Европейская организация по контролю качества, Американское общество контроля за качеством и др.

Заинтересованность европейских стран в повышении качества производимой и закупаемой ими продукции завершилось созданием в 1957 г. Европейской организации по качеству: ЕОК – European Organization for Quality. ЕОК, которая является в настоящее время одной из ведущих неправительственных организаций в области качества, основными функциями которой являются: разработка, совершенствование, пропаганда и стимулирование применения практических методов и теоретических принципов управления качеством. Рабочими органами ЕОК являются технические комитеты (ТК): по стандартизации, терминологии, системам обеспечения качества, методам выборочного контроля, надежности, вопросам потребления, ответственности за качество продукции, подготовке кадров. Руководство ЕОК, членами которой являются более 50 стран, осуществляется международным центром по контролю качества в г. Роттердам (Голландия). Членом ЕОК является также РФ как правопреемник СССР.

ЕОК при поддержке ООН учредила в 1990 г. Всемирный день качества – ежегодное мероприятие, которое отмечается во многих странах во второй четверг ноября. Целью Всемирного дня качества является повышение значения высокого качества продукции и услуг, а также активизация той деятельности, которая направлена на *привлечение внимания к проблемам качества*.

В Советском Союзе вопросам обеспечения качества стали уделять значительное внимание уже с конца 60-х гг. прошлого столетия. Был разработан ряд НД, специально посвященных созданию систем качества на предприятиях и в основном соответствующих зарубежным стандартам по качеству. Законодательно введены поощрения предприятий за качественную продукцию и особенно экспортную продукцию. Был учрежден специальный «Знак качества», которым обозначалась продукция, отвечающая требованиям по качеству.

Группа советских специалистов (Азгальдов Г.Г. и др.) в 1968 г. выступила с предложением объединить в рамках специального научного направления проблемы, связанные с измерением и оценкой качества продукции, назвав это направление *квалиметрией*. И уже ежегодная научная конференция ЕОК, проходившая в Москве в 1971 г., значительную часть своей работы посвятила проблеме квалиметрии. В настоящее время *квалиметрия* определяется как научная дисциплина, в рамках которой изучаются методология и проблематика комплексного *количественного оценивания качества объектов любой природы* (одушевленных или неодушевленных; предметов или процессов; продуктов труда или продуктов природы), имеющих материальный или духовный характер, имеющих искусственное или естественное происхождение. Для практического использования и разработки отраслевых методов квалиметрии Госстандарт выпустил «Методику оценки уровня качества промышленной продукции».

На каждом промышленном предприятии отделы технического контроля (ОТК), являющиеся структурным подразделением предприятия, осуществляли (и осуществляют в настоящее время) контроль соответствия деталей, узлов и изделий требованиям НД. Продукция военного назначения дополнительно контролировалась представителями Министерства обороны СССР – военпредами. Институт независимого контроля военной продукции, который берет свое начало со времен Петра I, показал, что только независимость контроля позволяет объективно и надежно контролировать качество выпускаемой продукции.

К сожалению, усилия, предпринятые в СССР по созданию условий для производства продукции высокого качества и конкурентоспособной на международном рынке, не увенчались успехом. Можно отметить, что только единичные виды промышленной продукции (за исключением изделий военной, космической и атомной техники) могли конкурировать с зарубежными аналогичными изделиями. Причина этого состояла, прежде всего, в административно-командном стиле управления промышленностью, который приводил к хроническому запаздыванию в появлении необходимой продукции для потребителя изделий в нужный момент времени. Государство диктовало все условия производства и фактически на-

значало (определяло и устанавливало) уровень качества товаров и изделий. Эта тяжеловесность и неповоротливость всей системы производства товарной продукции неизбежно приводила к отставанию ее по техническим параметрам от зарубежных аналогов.

В настоящее время подход к разработке и реализации продукции, основанный на принципах, заложенных в ТР, позволяет укрепить производителя, давая возможность проявления его творчества и реализации возможности конкуренции с целью получения максимальной прибыли.

### 1.3. Основные понятия и определения

Опыт создания систем качества нашел свое выражение в международных стандартах ИСО серии 9000, которая разработана Международной неправительственной организацией ISO. Серия ИСО 9000 и соответствующие стандарты РФ образуют согласованный комплекс стандартов на системы менеджмента качества, содействующий взаимопониманию в национальной и международной торговле [7-10].

Стандарты по качеству серии ИСО 10000 посвящены вопросам проверки систем качества, а стандарты ИСО 14000 – вопросам экологического менеджмента. Эти стандарты гармонизированы со стандартами серии ИСО 9000. Эффективное управление окружающей средой (уменьшение вредного воздействия производства на окружающую среду) является неотъемлемой частью общей системы управления предприятием и системы менеджмента качества на предприятии.

В России основными документами для создания системы качества на любом предприятии являются ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования» и ГОСТ Р ИСО 9000-2001 «Система менеджмента качества. Основные положения и словарь» [7,8].

**Менеджмент качества** – скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией применительно к качеству.

**Система менеджмента качества** – совокупность взаимосвязанных и/или взаимодействующих между собой действий (общей

политики, цели), предназначенная для координации мер, предпринимаемых руководством организации в области качества.

Вся деятельность по обеспечению качества проявляется в основном между поставщиком и потребителем.

**Поставщик** – организация или лицо, предоставляющие продукцию (производитель, оптовик, предприятие розничной торговли, продавец продукции, исполнитель услуги, поставщик информации).

**Потребитель** – организация или лицо, получающие продукцию (клиент, заказчик, конечный пользователь, розничный торговец, бенефициар, покупатель).

И поставщик, и потребитель могут быть внутренним или внешним по отношению к организации. Потребителям необходима продукция, характеристики которой удовлетворяли бы их потребности и ожидания. Эти потребности и ожидания, как правило, отражаются в технических условиях на продукцию, стандартах, в контрактах и обычно считаются требованиями потребителей. В любом случае *приемлемость продукции*<sup>5</sup> в конечном счете устанавливает потребитель. Поскольку потребности и ожидания потребителей меняются, то организации должны постоянно совершенствовать свою продукцию, свое производство и свои процессы.

Системный подход к менеджменту качества побуждает организации анализировать требования потребителей, определять процессы, способствующие получению продукции, приемлемой для потребителей, а также поддерживать эти процессы в состоянии, позволяющем управлять (изменять, корректировать) эти процессы.

**Процесс** – любая деятельность или комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы. Таким образом, для любой операции должны быть известны и управляемы входные и выходные характеристики и ресурсы, которые используются для осуществления данной операции – процесса.

---

<sup>5</sup> Приемлемость продукции – соответствие характеристик продукции требованиям НД. Этот термин широко используется в атомной отрасли для подтверждения соответствия РАО при их захоронении [29, 49].



Чтобы результативно функционировать, организации должны управлять многочисленными процессами. Часто выход одного процесса образует непосредственно вход следующего.

**Процессный подход** – систематическая деятельность по выявлению и управлению ресурсами предприятия (персоналом, оборудованием, количеством и качеством сырья и др.), связями между потребителем и поставщиком, а также процессами внутри предприятия на всех этапах жизненного цикла.

**Жизненный цикл продукции** (ЖЦП) – этапы создания продукции от зарождения идеи ее создания и до ее утилизации. Этот термин применяется также для зданий, сооружений, машин и др.

Содержание стандарта ИСО 9001 направлено на побуждение поставщика к применению *процессного подхода* при разработке, внедрении и улучшении системы менеджмента качества с целью всестороннего удовлетворения требований потребителя. *Преимущество процессного подхода состоит в непрерывности управления, которое он обеспечивает на стыке отдельных процессов в рамках этой системы, а также при их комбинации и взаимодействии.* На рис. 1.1 приведена модель системы менеджмента качества, основанная на процессном подходе, которая иллюстрирует связи между процессами, описанными в семействе стандартов ИСО 9000. Модель охватывает все основные требования указанного стандарта в общем виде. Она показывает, что потребители играют существенную роль при определении исходных (входных) данных. Мониторинг (измерение, анализ) удовлетворенности потребителей должен постоянно оцениваться руководством организации и при необходимости должны вноситься улучшения в характеристики продукции. В зависимости от результатов анализа удовлетворенности потребителей качеством продукции руководством организации осуществляется менеджмент ресурсов (замена персонала, повышение его квалификации и др.), а также корректировка процессов ЖЦП (корректировка документации, замена оборудования, снятие продукции с производства и др.).

В ГОСТ Р ИСО 9001-2008 содержатся требования (в соответствии с моделью рис. 1.1) к системе менеджмента качества, менеджменту ресурсов, процессам жизненного цикла, а также к измерению, анализу и улучшению.

**Примечание.** Качество выпускаемой продукции можно обеспечить, вводя 100 %-ный контроль, но это экономически не выгодно. Можно в процессе выявления дефектов продукции непрерывно вводить корректирующие меры, однако это также не выгодно, так как замедляет процесс выпуска продукции и является типичным примером «латания дыр в процессе производства», что не выявляет коренных причин брака. Наиболее радикальным подходом является процессный подход, когда каждый исполнитель операции ответственен за исполнение работ и входные и выходные характеристики каждого продукта (полуфабриката), поступающего на последующую операцию, соответствуют требованиям НД.

Понятие качества включает три элемента: объект, характеристики, требования.

**Первый элемент качества** – объект качества, им может быть продукция, процесс, организация или отдельное лицо, а также любая комбинация из них. Примером такой комбинации является такое всеобъемлющее свойство, как «качество жизни». Это качество потребляемых товаров и услуг, охрана среды обитания, качество среды обитания, обеспечение морального и физического здоровья, качество образования и др.

Поскольку в определении *объекта качества* используются понятия *продукция, товар и услуги*, то определим эти понятия.

*Продукция* – это результат процесса. Различают четыре категории продукции:

- услуги (перевозка, автосервис, зрелища, туризм);*
- программные средства (компьютерная программа, словарь);*
- технические средства (сооружение, установка, прибор, компьютер, двигатель);*
- перерабатываемые материалы (смазка, нефть, отходы).*

Многие виды продукции содержат элементы, относящиеся к различным категориям продукции. Отнесение продукции к определенной категории зависит от преобладающего элемента.

Например, поставляемая продукция «автомобиль» состоит из технических средств (шин, фар, сидений и др.), перерабатываемых материалов (бензин, масла, охлаждающая жидкость), программных средств (компьютерные программы, инструкции) и услуг (услуги, даваемые продавцом, услуги по гарантийному обслуживанию). Услуги, как правило, нематериальны, а технические средства – материальны.

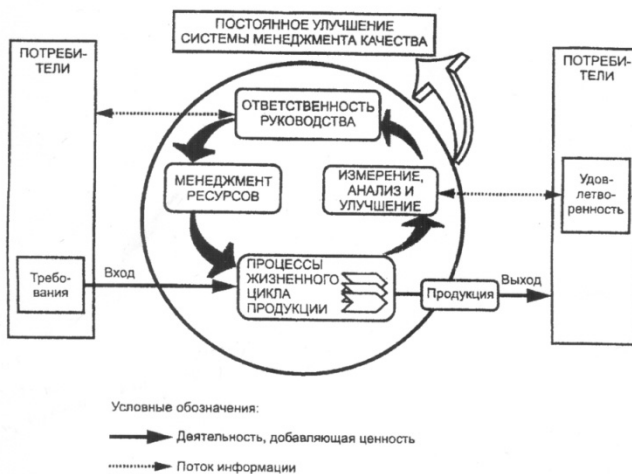


Рис. 1.1. Модель системы менеджмента качества, основанного на «процессном подходе»

*Товар* – любая вещь, свободно отчуждаемая, переходящая от одного лица к другому по договору купли-продажи.

*Услуга* – результат непосредственного взаимодействия исполнителя и потребителя, а также собственной деятельности исполнителя по удовлетворению потребности потребителя.

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

*Показатель качества продукции* – количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

**Примечание.** В качестве примера рассмотрим радиоактивные отходы (РАО), являющиеся результатом деятельности одного из заводов атомной отрасли. Ясно, что РАО представляют радиационную опасность для населения и окружающей среды и должны быть надежно изолированы на длительное время. РАО как продукция деятельности предприятия может быть продана другой организации для последующих операций с РАО, таких как переработки, размещения в защитные

контейнеры и захоронения (длительной изоляции от человека и окружающей среды) и др.

Другой пример: продукция – лопата для вскапывания почвы в огороде.

Третий пример: услуга – обслуживание клиентов туристическим агентством.

**Второй элемент** качества: *характеристика объекта* – это совокупность отличительных свойств, которыми могут обладать товары и услуги. Эти свойства могут характеризоваться как количественными (размеры изделия, скорость, потребляемая мощность и др.), так и качественными (запах, цвет, вкус и др.) органолептическими характеристиками.

**Примечание.** Обращаясь к первому примеру, отметим, что характеристиками (показателями) качества РАО являются критерии приемлемости РАО для их захоронения, т.е. характеристики, определяющие возможность их безопасного захоронения.

Во втором примере лопата может характеризоваться размерами и, прежде всего, длиной черенка и лопастями для вскапывания почвы, весом, усилиями, которые необходимы для действий по вскапыванию определенного типа почвы и др.

Услуги, оказываемые туристическим агентством (третий пример), должны способствовать удовлетворению интересов клиента в соответствии с его запросами по стоимости обслуживания, удобству размещения и сопровождения, организации обслуживания третьими лицами (по прибытии в другую страну), информации, полученной при экскурсиях, и др.

**Третий элемент** качества: *требования* – это то, что выражает потребность (необходимость) в продукции, товаре, услуге. Если потребность отсутствует, то теряется смысл в деятельности. Удовлетворение существующих потребностей обеспечивается поставщиками. Характеристик продукции может быть много, но именно те характеристики, которые привлекают потребителя или те характеристики, которые необходимы для того, чтобы данная продукция была приемлемой для какой-то дальнейшей деятельности, определяют потребительские требования к продукции.

**Примечание.** При обращении с РАО специализированная организация выступает в роли потребителя, а завод – в роли производителя и поставщика РАО. Качество РАО определяется соответствием его характеристик требованиям приемлемости, изложенных в соответствующей технической документации. Требованиями приемлемости для приповерхностного захоронения РАО могут быть: характеристики защитного контейнера для размещения РАО, приобретаемого орга-

низацией у третьих лиц, соответствие состава РАО требованиям приемлемости (ограничение на величину удельной активности, состав радионуклидов, содержание иных химических веществ, количество влаги и др.), достоверности данных, характеризующих район захоронения, и др. Наличие специализированных организаций, занимающихся обращением с РАО, создает рынок этой продукции и наличие всех трех основных элементов качества.

При приобретении лопаты потребительские требования заключаются в желании получить дешевую, прочную, легкую и удобную в обращении лопату.

В третьем примере для туриста необходимо, прежде всего, хорошо, интересно и безопасно отдохнуть, не потратив на это слишком много денег.

## 1.4. Характеристика требований

Наиболее универсальными являются требования назначения, эргономики, ресурсосбережения, безопасности, надежности, экологичности, технологичности, эстетичности и др. Перечень необходимых требований и их значимость зависят от типа продукции (товара), характера ее использования, вида услуг и их назначения.

*Требования назначения* – требования, устанавливающие свойства продукции и определяющие ее основные функции, для выполнения которых она предназначена, в том числе функциональная пригодность, состав и структура сырья и материалов, совместимость и взаимозаменяемость.

*Требования ресурсосбережения* – экономное использование сырья, материалов, топлива, энергии и трудовых ресурсов.

*Требования надежности* – сохранение во времени в установленных пределах всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

*Требования экологичности* – отсутствие вредного воздействия продукции на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации.

*Требования технологичности* – приспособленность продукции к изготовлению, эксплуатации и ремонту с минимальными затратами при заданных показателях качества.

*Эстетические требования* – способность продукции или услуги выражать художественный образ, социально-культурную значи-

мость в чувственно воспринимаемых человеком признаках формы (цвет, форма, конфигурация, качество отделки и др.)

*Требования по обеспечению единства измерений* – состояние измерений характеристик продукции, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в РФ единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что в современных законодательных актах и стандартах в особую группу относят ***требования по безопасности***.

Эти требования являются обязательными и приоритетными ко всем этапам ЖЦП. В соответствии со ст. 7 (п. 1) [1] выделяют следующие виды безопасности, которые должны с учетом минимального риска обеспечивать ТР: безопасность излучений, биологическую безопасность, взрывобезопасность, механическую, пожарную, промышленную безопасность (термическую, электрическую и др.), ядерную и радиационную безопасности, а также другие виды безопасности, когда отсутствует *недопустимый риск*, связанный с причинением вреда жизни или здоровью людей; имуществу физических или юридических лиц, государству или муниципальному имуществу; окружающей среде; жизни или здоровью животных и растений.

***Примечание.*** Несколько слов необходимо сказать об анализе и оценке риска. Для ряда изделий и систем риск Р может быть определен как произведение вероятности В события, способного привести к аварии (отказу в работе изделия, установки, системы), на величину последствий (например в стоимостном выражении) этого события П:  $R = B \cdot P$ . Действия, предпринимаемые для устранения нежелательной ситуации и направленные на устранение риска (или снижение его до допустимого уровня), составляют процедуру, называемую управлением риском или менеджментом риска. В управлении риском наиболее эффективны предупреждающие действия, что возможно только при анализе событий, приводящих к рискам и процессам развития исходных событий, способных привести к аварии.

## 1.5. Оценка качества

**Оценка качества** – совокупность операций, выполняемых с целью *оценки соответствия* конкретной продукции установленным требованиям.

Основной формой оценки является *контроль качества* – получение количественных и/или качественных характеристик продукции. В процедуру контроля качества могут входить операции *измерения, анализа, испытания*.

*Измерение* как самостоятельная процедура контроля является объектом метрологии и должна осуществляться в соответствии с ФЗ [3] и соответствующими НД в области метрологии.

*Анализ* продукции может осуществляться разными методами: химическими, физическими, микробиологическими и др. Анализ услуг может осуществляться аналитическими, экспертными и другими методами.

*Испытания* – техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции, процесса или услуг в соответствии с установленной процедурой. При испытаниях могут применяться различные методы и средства. В зависимости от места проведения испытания бывают лабораторные, полигонные и натурные. Классификация испытаний продукции на качество приведена в ГОСТ 16504-81 [22].

Контроль качества может быть комплексным, т.е. состоять из испытаний, измерений и анализа. Однако *при любой процедуре контроля осуществляется измерение характеристик продукции*, результатов анализа, определяются изменения характеристик продукции до и после испытаний.

Здесь уместно остановиться на двух понятиях, связанных с испытаниями и не имеющих прямых аналогов в отечественной терминологии и вообще в русском языке [7]:

*верификация* – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что установленные требования *были* выполнены;

*валидация* — подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что установленные требования, *предназначенные для конкретного использования и применения*, выполнены.

Можно выделить следующие различия в приведенных определениях. Верификация – это подтверждение путем испытаний, анализа документов, измерений, проведения альтернативных расчетов, сравнения научной и технической документации того, что требования, предъявляемые к продукции, товару или услуге, соответствуют требованиям документации. Валидация – это доказательство того, что требования к продукции, товару или услуге выполнены в соответствии с *их предназначением*, а не только в соответствии с документацией.

Например, верификация колес для легкового автомобиля показала полное соответствие их характеристик требованиям технической документации, однако валидация, т.е. реальные или смоделированные испытания колес в составе автомобиля, показала их непригодность для этого типа автомобиля (хотя колеса разрабатывались в том числе и для этого типа автомобиля).

Лаборатория, проводящая испытания на качество продукции, должна пройти *процедуру аккредитации*, т.е. должна быть официально признана как лаборатория, способная осуществлять конкретные виды испытаний. В России, как и в ряде других стран, действует Система аккредитации испытательных, измерительных и аналитических лабораторий.

**Примечание.** В США для проверки компетентности испытательных лабораторий широко используются схема испытаний, получившая название «раунд-тест», при которой контрольные образцы продукции периодически рассылаются в ряд аккредитованных лабораторий. Сведения об образцах обезличены и закодированы. Полученные от лабораторий данные в центральном бюро сличают с рабочими эталонами или стандартными образцами. В случае неудовлетворительных результатов испытаний лаборатории лишаются контрактов на проведение анализов.

Подобная схема межлабораторных сличений результатов аналитических измерений используется для проверки компетентности аккредитованных лабораторий в системе контроля качества в ГК «Росатом» [89].

## **1.6. Системы менеджмента качества**

Остановимся кратко на основных положениях ГОСТ Р ИСО 9001-2008, поскольку в нем заложены основы системы управления качеством (Total Quality Management-TQM). Этот стандарт уста-



навливают требования к *системе менеджмента качества* в тех случаях, когда организация [8, 58]:

нуждается в демонстрации своей способности всегда поставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и соответствующую обязательным требованиям;

ставит своей целью повышение удовлетворенности потребителей посредством эффективного применения системы, включая процессы постоянного ее улучшения и обеспечения соответствия требованиям потребителей и обязательным требованиям.

Требования настоящего стандарта предназначены для всех организаций независимо от объема и вида поставляемой продукции. Вопросы сертификации систем менеджмента качества рассмотрены в разд. 4.11.

***Общие требования.*** Опыт показывает, что никакие эпизодические и разрозненные (разовые) мероприятия не в состоянии обеспечить улучшение качества и устойчивое его поддержание. Необходимо хорошо организованная, продуманная и постоянно действующая система мероприятий. На протяжении нескольких десятилетий создавались и совершенствовались требования к организации и управлению систем качества.

*Важно подчеркнуть, что для создания системы менеджмента качества требуется стратегическое решение руководства организации.*

Стандартом определены *восемь принципов менеджмента качества*, которым должно следовать руководство предприятия для успешного внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества:

1) *Ориентация на потребителя.* Поскольку деятельность предприятия зависит от своих потребителей, поэтому руководство должно понимать текущие и будущие интересы потребителей и их потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания.

2) *Лидерство руководителя.* Руководители должны обеспечивать единство цели и направления деятельности организации, а также создавать и поддерживать внутреннюю среду, в которой работники будут полностью вовлечены в решение задач организации.

3) *Вовлечение работников.* Работники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение в создание и реализацию продукции дает возможность организации с выгодой использовать их способности.

4) *Процессный подход.* Желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как единым процессом.

5) *Системный подход к менеджменту.* Выявление, понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов как системы содействуют результативности и эффективности организации при достижении ее целей.

6) *Постоянное улучшение.* Постоянное улучшение деятельности всей организации следует рассматривать как ее неизменную цель.

7) *Принятие решений, основанное на фактах.* Эффективные решения должны основываться на анализе реальных данных и информации.

8) *Взаимовыгодные отношения с поставщиками.* Поскольку организация и ее поставщики взаимозависимы, то отношения взаимной выгоды повышают способность обеих сторон в улучшении качества продукции.

***Требования к документации.*** При организации системы менеджмента качества организация должна иметь необходимый набор документации, в том числе:

заявления о политике и целях в области качества;

руководство по качеству (программа обеспечения качества);

мероприятия в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008;

планы по организации работ системы менеджмента качества;

хранимые записи всех мероприятий в обеспечении качества продукции.

Руководство по качеству, а в отечественном варианте – *программа обеспечения качества*, являются основными документами в системе качества. Кроме общей программы обеспечения качества на крупных предприятиях могут разрабатываться частные программы обеспечения качества.

***Ответственность руководства.*** Ведущая роль в обеспечении качества отводится роли *высшего руководства*, которое представляет собой лицо или группу работников, осуществляющих управ-

ление организацией и направляющих ее деятельность на высшем уровне. Руководство должно:

доводить до сведения организации важность выполнения требований потребителей, а также законодательных и обязательных требований;

разработать политику в области качества с ориентацией на интересы потребителя;

обеспечить разработку целей в области качества, которые должны быть гармонизированы с политикой в области качества;

проводить анализ реализации системы качества и ее эффективности по результатам проверок (аудитов) и обратной связи от потребителя и др.;

обеспечивать организацию необходимыми ресурсами (специалистами, соответствующими условиями труда, инфраструктурой, производственными ресурсами и др.).

**Менеджмент ресурсов.** Организация должна определить и обеспечить ресурсы, требуемые для внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества, постоянного повышения результативности системы для удовлетворения требований потребителей. Это прежде всего относится к персоналу, который должен быть компетентным, иметь соответствующее образование, подготовку, навыки и опыт работы в данной области. Организация должна принимать все необходимые действия по поддержанию компетентности персонала на высоком профессиональном уровне, постоянно организовывать подготовку и переподготовку персонала для целей предприятия. Известно, что доля несоответствия в качестве продукции, работ и услуг требованиям НД до 80 % определяется «человеческим фактором», поэтому уровень компетентности персонала играет определяющую роль в обеспечении качества продукции.

**Жизненный цикл продукции.** Важнейшее требование системы качества состоит в том, что управление качеством должно охватывать все этапы ЖЦП. Преимущество процессорного подхода состоит в том, что управление ЖЦП рассматривается как *непрерывный процесс* от маркетинговых исследований по созданию продукции до ее утилизации на конечном этапе жизненного цикла.

Процессы ЖЦП в общем случае можно расположить в следующей последовательности: 1 – маркетинговое исследование, 2 – составление технического задания, 3 – проектирование и разработка продукции, технологическая подготовка производства, 4 – закупки, 5 – изготовление, 6 – проверка, 7 – упаковывание, 8 – хранение, 9 – распределение, реализация и поставка, 10 – эксплуатация, потребление и использование, 11 – техническое обслуживание, 12 – утилизация.

На этапах с (1) по (4) осуществляется проектирование качества, на этапах с (5) по (8) – обеспечение качества и на этапах с (9) по (11) – поддержание и реализация качества.

Графически неразрывность этапов жизненного цикла представляют в виде спирали (петли) качества, показывая таким образом, что по окончании ЖЦП одного вида не заканчиваются работы по качественному улучшению продукции. До утилизации или еще раньше организация начинает изучать предполагаемые потребности, анализирует ошибки, допущенные при производстве и реализации прошлой продукции, и после маркетинга приступает к проектированию новой или обновленной продукции. Таким образом, возникает новый (спиралевидный) виток деятельности в области качества от этапа маркетинга до этапа утилизации.

**Измерение, анализ и улучшение.** Производитель продукции должен постоянно поддерживать связь с потребителем, отслеживая его требования и, самое главное, уровень удовлетворенности приобретенной им продукции. Наличие такой обратной связи и реагирование на сигналы несоответствия, поступающие от потребителя, являются важной составляющей успешного функционирования всей системы менеджмента качества.

Организация должна планировать и осуществлять мониторинг, измерения, анализ системы управления качеством, мониторинг и измерение характеристик продукции на всех необходимых этапах ее производства.

Организация должна проводить внутренние аудиты (проверки), учитывая результаты предыдущих аудитов. Аудиторы не должны проверять собственную работу. Результаты внутренних аудитов могут использоваться при получении сертификатов на выпускаемую продукцию.

Организация должна постоянно проводить работы по улучшению системы управления качеством путем использования политики и целей в области качества, результатов аудита (проверок), анализа данных от потребителя, путем введения корректирующих и предупреждающих действий.

*Примечание.* Единый порядок проведения работ по сертификации систем менеджмента качества организаций на соответствие ГОСТ Р 9001-2008 в Системе сертификации ГОСТ Р приведен в ГОСТ Р 40.003-2008 [53]. Этот стандарт предназначен для органов, проводящих сертификацию систем качества организаций. В ГОСТ приведены примеры изменения содержания сертификатов системы менеджмента качества для различных практических случаев (продление сертификата, сужение действия сертификата, расширение действия сертификата и др.), а также алгоритм сертификации систем менеджмента качества.

### **1.7. Организация систем качества на объектах использования атомной энергии**

Аварии на предприятиях атомной отрасли, и особенно на АС, как правило, характеризуются довольно тяжелыми последствиями для населения и окружающей среды не только в районе расположения объектов ИАЭ, но и далеко за их пределами<sup>6</sup>. Понимая это, разработчики и эксплуатирующие организации большое внимание уделяют безопасности этих объектов, которая непосредственно связана с вопросами качества на всех этапах их жизненного цикла.

**Обеспечение качества эксплуатации АС** (ГОСТ Р 8.565 [86]) – планируемая и систематически осуществляемая деятельность, направленная на то, чтобы все работы, связанные с созданием и эксплуатацией АС, были проведены установленным образом, а результаты этих работ удовлетворяли предъявленным к ним требованиям. Система обеспечения качества на действующем предприятии не в состоянии будет обеспечить безопасность на должном уровне, если все предыдущие этапы жизненного цикла объекта: выбор места размещения объекта ИАЭ, проектирование, сооружение, ком-

---

<sup>6</sup> Это аварии на хранилищах высокоактивных отходов в емкостях-хранилищах (1957 г.), среднеактивных отходов на озере «Карачай» (1967 г.), на Чернобыльской (1987 г.) и японской АС Фукусима (2010 г.) и др.

плектация оборудованием и изготовление его из материалов высокого качества, а также комплектование объекта грамотными и опытными специалистами не были рассмотрены с точки зрения обеспечения качества при эксплуатации объектов ИАЭ.

*Примечание.* Еще на заре развития атомной отрасли, которая в 50— 60-х гг. только выходила из пеленок научных познаний и превращалась в мощное энергетическое оборудование и военное средство огромной разрушительной силы, разработчики атомной отрасли большое внимание уделяли качеству продукции атомной отрасли. Тогда (в эпоху Курчатова И.В.) была организована Контрольно-проверочная инспекция (КПИ), призванная строго контролировать выполнение всех требований технической документации. Начала широко и повсеместно использоваться практика выборочного и сплошного входного контроля узлов, деталей и комплектовующих изделий, поступающих на предприятие для окончательной сборки изделий. Например, для активной зоны реактора таблетки ядерного топлива, поступающие с МСЗ на НЗХК для Твс ВВЭР-1000, подвергаются тщательному контролю по физико-химическим и радиационным характеристикам. Качество изделий военной техники контролировалось независимыми представителями Министерства обороны – военпредами, полномочия которых были довольно широки и действенны (доказательства отклонений, обоснование корректировки НД, повторные испытания, остановка производства изделий и т.д.). На некоторых предприятиях система КПИ и военного представительства действует до сих пор.

Эти меры контрольно-репрессивного характера хорошо работали на некоторых производствах и хорошо показали себя, в основном, при производстве небольших партий изделий. Однако в связи с изменением масштабов продукции, производимой отраслью, а также глобализацией мировой экономической системы такой подход не является правильным как с экономической точки зрения, так и с точки зрения взаимодействия с другими торговыми партнерами и, прежде всего, с зарубежными. Для создания конкурентоспособной продукции атомной отрасли, также как и в других отраслях промышленности, необходима организация системного подхода к организации качества. Эти задачи в отрасли решаются с помощью системы обеспечения качества, одним из основных документов которой являются Программы обеспечения качества (ПОК).

Программы обеспечения качества, как правило, относятся к мероприятиям по обеспечению *качества конкретного вида деятельности* [24-28]. Система ПОК довольно детально разработана для всего жизненного цикла АС<sup>7</sup>: *программы обеспечения качества атомных станций* (ПОКАС) [24]. Например, в рамках обеспечения

---

<sup>7</sup> АС – атомная станция, обозначение любой энергетической установки, в том числе АЭС, АС для выработки тепла, опреснители, транспортные АС и др.

качества на Калининской АЭС действует стандарт предприятия СТП 1-59-03 ПОКАС(Э) «Программа обеспечения качества при эксплуатации Калининской АЭС».

Требования к наличию ПОКАС, ее составу, содержанию и реализации установлены в федеральных нормах и правилах. Целью разработки и выполнения ПОКАС является подтверждение выполнения требований о том, что все работы по созданию и эксплуатации АС проводятся установленным образом по конкретизированным эксплуатирующей организацией процедурам, а их результаты удовлетворяют предъявленным к ним требованиям, сформулированным в НД, а также в *условиях действия лицензии*.

ПОКАС «Требования к программам обеспечения качества атомных станций» (НП-011-99) представляет собой документ (или комплект документов), устанавливающий совокупность организационных, технических и других мероприятий по обеспечению качества, направленных на реализацию установленных критериев и принципов обеспечения безопасности АС. ПОКАС состоит из ряда разделов, в которых отражаются следующие вопросы:

- политика в области обеспечения качества;
- организационно-правовая форма взаимоотношений эксплуатирующей организации и организаций, выполняющих работы и оказывающих услуги для эксплуатирующей организации;
- комплектование и подготовка работников (персонала);
- нормативные документы;
- управление документами;
- контроль проектирования;
- управление закупками оборудования, комплектующих, изделий, материалов, а также предоставляемыми услугами;
- контроль покупного оборудования, комплектующих, изделий, материалов, а также предоставляемых услуг;
- производственная деятельность эксплуатирующей организации и организаций, выполняющих работы и оказывающих услуги;
- инспекционный контроль;
- контроль испытаний;
- метрологическое обеспечение;
- обеспечение качества программного обеспечения и расчетных методик;

обеспечение надежности,  
контроль несоответствий;  
корректирующие меры<sup>8</sup>;  
записи по качеству;  
проверки (аудиты).

Подобное содержание, охватывающие все стороны деятельности АС, характерно и для других ПОК в области ИАЭ, в том числе для ПОК объектов ядерного топливного цикла, ПОК при обращении с радиоактивными отходами и др. [25, 26].

Объектами деятельности по обеспечению *качества* являются устройство и надежность систем (элементов), важных для безопасности, а также документация и различные виды работ, влияющих на обеспечение безопасности.

Эксплуатирующая организация разрабатывает общую *программу обеспечения качества* энергоблока АС или всей АС – ПОКАС(О), которая организует и координирует деятельность эксплуатирующей организации и организаций, выполняющих работы и оказывающих услуги для нее. Кроме этого, эксплуатирующая организация и организации, выполняющие работы и оказывающие услуги, разрабатывают частные *программы обеспечения качества*. Эти программы предназначены для конкретного этапа жизненного цикла блока АС или АС в целом. К частным программам относятся:

ПОКАС (ВП) – программа обеспечения качества при выборе площадки для размещения блока АС или АС;

ПОКАС (П) – программа обеспечения качества при проектировании блока АС или АС;

ПОКАС (РУ) – программа обеспечения качества при разработке реакторной установки для блока АС или АС;

ПОКАС (Р) – программа обеспечения качества при разработке оборудования, изделий и систем, важных для безопасности АС;

ПОКАС (И) – программа обеспечения качества при изготовлении оборудования, изделий и систем, важных для безопасности;

---

<sup>8</sup> *Корректирующие меры* – меры по устранению выявленных несоответствий с целью предотвращения их повторного возникновения. *Несоответствие* – невыполнение одного или нескольких установленных требований.



ПОКАС (С) – программа обеспечения качества при сооружении блока АС или АС;

ПОКАС (ВЭ) – программа обеспечения качества при вводе в эксплуатацию блока АС или АС;

ПОКАС (Э) – программа обеспечения качества при эксплуатации блока АС или АС;

ПОКАС (ВвЭ) – программа обеспечения качества при выводе из эксплуатации блока АС или АС.

Из этого перечня видно, что вопросам качества уделяется самое пристальное внимание на всех этапах жизненного цикла АС – от выбора площадки для размещения АС, ее проектирования до вывода АС из эксплуатации.

Эксплуатирующая организация устанавливает требования к ПОКАС для организаций, выполняющих работы или предоставляющих ей услуги, обеспечивает организацию и координацию разработки и выполнения ПОК на всех этапах создания, эксплуатации и вывода из эксплуатации энергоблока АС или АС, осуществляет сбор и анализ информации о качестве выполненных работ и проводит проверки (аудиты) выполнения ПОКАС. Этот анализ результатов аудита проводится с целью оценки эффективности ПОКАС (т.е. с целью оценки достижения целей ПОКАС). В свою очередь, организации, выполняющие работы и предоставляющие услуги эксплуатирующей организации, на основе требований ПОКАС(О), реализуемых через договорные отношения, устанавливают требования к ПОК субподрядных организаций.

В подтверждение соответствия качества, надежности и безопасности изделий, поставляемых сторонними организациями для применения на АЭС, на них проставляется клеймо «для АЭС»<sup>9</sup>.

Контроль качества и безопасности в атомной отрасли находится под постоянным контролем Ростехнадзора, деятельность которого в этом направлении регулирует *«Положение о системе управления качеством Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в области государственного регулиро-*

---

<sup>9</sup> Например, НПП «Элемер», созданный в 1992 г. при ВНИИФТРИ, выпускает более 75 типов СИ температуры, влажности и давления, из них – 20 типов в исполнении «для АЭС».

вания безопасности при использовании атомной энергии» [52]. В этом документе изложены **политика, цели и принципы** в области управления качеством государственного регулирования безопасности при ИАЭ, осуществляемые Ростехнадзором.

*Примечание.* При управлении качеством работ, выполняемых Ростехнадзором, используется процессный подход. Вся деятельность Ростехнадзора разбита на ряд процессов, правильное взаимодействие которых обеспечивает надлежащий уровень качества проведения работ по управлению качеством государственного регулирования в области ИАЭ. В структуру Системы управления качеством входят следующие процессы.

1) *Основные процессы:* нормативно-правовое регулирование безопасности; лицензионная деятельность; федеральный государственный надзор.

2) *Управленческие процессы:* управление ресурсами; оценка Системы управления качеством.

3) *Обеспечивающие процессы:* организация и осуществление научных исследований; международная деятельность; управление документацией.

Система управления качеством предназначена для осуществления полномочий Ростехнадзора по регулированию безопасности при ИАЭ и реализуется при выполнении следующих задач:

обеспечение единого понимания ключевых аспектов культуры безопасности;

поощрение конструктивной и критической позиции работников Ростехнадзора по обеспечению надлежащего качества работы при исполнении ими должностных обязанностей;

установление работникам условий и требований, необходимых для успешного выполнения своих задач.

*Распределение ответственности работников Ростехнадзора при реализации Системы управления качеством определяется должностными регламентами.*

Способы и методы обеспечения качества при обращении с РАО приведены в «*Рекомендациях по установлению критериев приемлемости кондиционированных радиоактивных отходов для их хранения и захоронения*», РБ-023-02 [29]. Здесь термин «приемлемость» означает соответствие РАО требованиям документации и пригодность их для хранения и/или захоронения, т.е. аналогичен подтверждению *их качества* для этих целей. Выполнение этих критериев позволяет продлить срок захоронения РАО без существенного нарушения герметичности хранилища и загрязнения окружающей среды радионуклидами и, соответственно, угрозы воздействия радионуклидов на людей.

*Примечание.* Качество (приемлемость) РАО может быть обеспечено только при использовании *процессного подхода* обращения с РАО, которое состоит из ряда этапов (процессов): сбор РАО, их сортировка, выдержка во времени (для уменьшения активности), переработка (например, выпаривание для жидких РАО, прессование или сжигание для твердых РАО, очистка для газообразных РАО и т.д.), упаковка, транспортирование, кондиционирование (приведение к виду удобному для хранения и/или захоронения), размещение РАО в хранилище или захоронение РАО. При этом, когда каждый этап может рассматриваться как «процесс», на вход которого поступает качественный продукт и «уходит» (передается на следующую стадию) также качественный продукт (РАО после операций сбора, или сортировки, или выдержки, или переработки, или транспортировки и т.д.).

РАО на каждом этапе должны отвечать конкретным критериям качества (приемлемости), которые устанавливаются организацией для данного технологического процесса обращения с РАО в соответствии с требованиями НД.

Процессный подход в системе обеспечения качества РАО в организации позволяет обеспечить в конечном итоге взаимосвязанный и взаимозависимый процесс обращения с РАО в организации, направленной на осуществление основной конечной цели – получение кондиционированных РАО<sup>10</sup>, обеспечивающих их безопасное захоронение, при уровне радиационной безопасности работ с РАО в соответствии с требованиями Норм радиационной безопасности.

Следует подчеркнуть, что никакие эпизодические действия по улучшению качества и никакая документация, в том числе ПОК, не в состоянии обеспечить надлежащий уровень качества и надежности (безопасности) изделий атомной техники. Только стратегическое решение руководства и его воля в этом направлении, подкрепленная постоянным контролем и анализом реакции потребителя на качество выпускаемой продукции, может дать положительные результаты по поддержанию и улучшению качества.

Подобный подход реализуется на предприятиях ИАЭ ГК «Росатом». В рамках отдельных компаний ГК «Росатом» периодически проводятся конференции по качеству, в каждой из которых разработаны стратегические и ближайшие цели в области качества, политика, принципы и мероприятия по реализации этих целей. Результатом отношения к вопросам обеспечения качества является то, что продукция ГК «Росатом» занимает одно из лидирующих положений на рынке ядерных технологий, сооружая одновременно за

---

<sup>10</sup> Кондиционирование РАО – приведение РАО к виду удобному для транспортирования, хранения и захоронения. Это одна из операций по переработке РАО, проводимая с целью повышения безопасности РАО.

рубежом АЭС в Индии (Куданкулам), Иране (Бушер) и в Болгарии (Белена). Кроме того, отрасль может поставлять для многих зарубежных АЭС топливные таблетки, твэлы и Твс (АЭС Германии, Швейцарии, Швеции, Нидерландов, Китая, Индии и Ирана).

*Примечание.* В 2012 г. на базе ОАО «МСЗ» (г. Электросталь) прошла II Конференция по качеству продукции и услуг Топливной компании «Росатома» «ТВЭЛ»<sup>11</sup>. Основной вопрос конференции: итоги 2011 г. Директор по качеству Топливной компании ОАО «ТВЭЛ» отметил, что «Управление качеством в Топливной компании – сложная система, включающая не только контроль, но и проектирование, метрологию, автоматизацию, квалификацию персонала, качество безопасности труда и социальную защищенность сотрудников. Соответствие международным стандартам качества подразумевает отражение всего названного перечня показателей в корпоративных стандартах и методиках...Наша стратегическая цель – выход на уровень 0 дефектов».

В качестве примера рассмотрим систему обеспечения качества на ОАО «МСЗ». На этом предприятии функционирует система менеджмента качества, которая соответствует требованиям международного стандарта ИСО 9001:2008, что подтверждено немецким органом по сертификации TUV CERT, авторитет которого признан во всем мире.

*Стратегическая цель* ОАО «МСЗ» в области качества:

удовлетворение потребностей и ожиданий заказчиков, получение устойчивой прибыли, необходимой для непрерывного совершенствования деятельности и удовлетворенности всех заинтересованных сторон.

*Ближайшими целями* ОАО «МСЗ» являются:

- сохранение прежних рынков сбыта и выход на новые рынки;
- увеличение объема производства продукции;
- освоение производства новых видов продукции;
- улучшение показателей качества выпускаемой продукции;
- сокращение издержек производства;

---

<sup>11</sup> Основной деятельностью ОАО «ТВЭЛ» является разработка, производство и реализация (включая экспорт) ядерного топлива, а также соответствующей ядерной и неядерной продукции. В состав ОАО «ТВЭЛ» входит 16 крупных предприятий атомной отрасли, в том числе: предприятия по производству топливных таблеток, твэлов и Твс, разделительно-сублиматные заводы, предприятия по производству центрифуг, конструкторские и научно-исследовательские институты.

обеспечение ядерной, радиационной и общепромышленной безопасности.

*Для реализации этих целей и политики* в области качества ОАО «МСЗ» ежегодно направляет существенную долю прибыли на модернизацию и замену оборудования, внедрение новых технологий, методик анализа и контроля, обучение персонала. В ближайшее время будет проведено около 60 работ по совершенствованию системы менеджмента качества.

*Политика* ОАО «МСЗ» в области качества:

применять экономически обоснованные подходы и проводить анализ потребностей заинтересованных сторон на основе сбалансированных интересов;

пропагандировать преимущества высококачественного труда и осуществлять последовательное привлечение персонала к активному участию в деятельности по непрерывному совершенствованию;

поощрять инновации;

соблюдать приоритет обеспечения ядерной, радиационной и общепромышленной безопасности;

совершенствовать систему менеджмента качества на основе международных стандартов ИСО серии 9000 и повышать их результативность.

*Принципы* ОАО «МСЗ» по реализации политики:

качество – первостепенная задача организации в целом и каждого сотрудника в отдельности;

качество определяет и оценивает заказчик;

качество достигается путем предупреждения проблем, а не исправления их;

качество зависит от сотрудничества с поставщиками и организациями-партнерами;

качество закладывается на каждом рабочем месте.

Аудиты — важная составляющая обеспечения качества. Согласно контрактам потребители могут проводить аудиты системы менеджмента качества ОАО «МСЗ». В среднем в течение года проводятся пять аудитов со стороны потребителей. В свою очередь ОАО «МСЗ» планирует и проводит аудиты поставщиков сырья, материалов и комплектующих изделий (в среднем четыре аудита в год).

## 1.8. Лицензирование и качество

*Лицензирование* – совокупность действий по выдаче разрешений (лицензий) на право осуществления определенной деятельности, выдаваемых компетентным государственным органом исполнительной власти. В области ИАЭ таким компетентным органом является Ростехнадзор – независимый государственный орган регулирования безопасности ИАЭ. *Лицензия* – документ, дающий право на осуществление определенных видов деятельности в области ИАЭ.

Хотя лицензирование объектов ИАЭ, прежде всего, предполагает обеспечение их безопасности, однако безопасность не может рассматриваться без вопросов качества при изготовлении продукции для нужд атомной отрасли. В процессе лицензирования все стороны изучается способность эксплуатирующей организации обеспечить безопасность и качество осуществления заявленного вида деятельности.

Перечень видов деятельности в области ИАЭ, для осуществления которых требуется получение лицензий, порядок выдачи и прекращения действия лицензий устанавливаются Правительством РФ в *«Положении о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии»* и *«Административным регламентом исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) государственной функции по лицензированию деятельности в области ИАЭ»*.

После принятия к рассмотрению документов, представленных для получения лицензии, Ростехнадзор проводит проверку их соответствия требованиям НД, достоверности изложенной в них информации и анализ комплекта документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности, в том числе ***системы обеспечения качества и необходимой инженерно-технической поддержки заявленной деятельности***.

Государственный надзор за обеспечением надлежащего уровня ядерной и радиационной безопасности на объектах ИАЭ означает не только наблюдение и контроль, но и принятие соответствующих мер при выявлении отклонений от требований НД. Надзор включает в себя следующие мероприятия:

получение, рассмотрение и анализ информации о состоянии безопасности объектов ИАЭ и *качестве ведения работ*;

проведение инспекций деятельности эксплуатирующих организаций;

проведения инспекций состояния объектов, систем и оборудования;

участие в проверке знаний руководителей и работников эксплуатирующих и иных организаций в соответствии с программами повышения знаний и квалификации работников предприятий<sup>12</sup>;

применение санкций, предусмотренных законодательством и направленных на предупреждение нарушений требований к обеспечению безопасности.

*Примечание.* В системе ГК «Росатом» в 2010 г. с целью развития сети филиалов Негосударственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Центральный институт повышения квалификации (ЦИПК)», необходимой для реализации стратегических задач ГК «Росатом» и удовлетворения потребностей отраслевых предприятий в качественных образовательных услугах, были созданы 12 филиалов, в том числе: Балаковский, Белоярский, Калининский, Кольский, Курский, Ленинградский, Нововоронежский, Ростовский, Смоленский, Уральский, Московский и Санкт-Петербургский<sup>13</sup>.

Лицензирование объектов ИАЭ осуществляется на всех этапах жизненного цикла объекта от выбора площадки для размещения объекта до его вывода из эксплуатации. Инспекторский контроль деятельности объекта на любом этапе жизненного цикла осуществляется постоянно. В случае выявления несоответствий требованиям НД деятельность объекта или предприятия в целом может быть приостановлена до устранения этого несоответствия или выдано предписание, дающее время для устранения несоответствий.

---

<sup>12</sup> В соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001 уровень квалификации сотрудников и руководства является одной из основных составляющих обеспечения качества производимой продукции.

<sup>13</sup> Эти институты были созданы на базе ранее существовавших в советское время институтов повышения квалификации – филиалов ЦИПК.

## Глава 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕГЛАМЕНТЫ

### 2.1. Необходимость введения в России нового технического законодательства

Федеральный закон «*О техническом регулировании*» вступил в силу 1 июля 2003 года [1]. С этого момента утратили силу федеральные законы «О стандартизации» (1993 г.) и «О сертификации продукции и услуг» (1993 г.), а также ряд других законодательных актов.

В настоящее время федеральным органом по техническому регулированию является Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации – **Росстандарт**<sup>14</sup>.

Каковы же предпосылки или в чем необходимость появления Федерального закона «*О техническом регулировании*» (далее по тексту – Федеральный закон), который значительно изменяет и реформирует существующую в стране систему взаимоотношений между потребителем и производителем и изменяет систему и статус документации, регламентирующей эти взаимоотношения? Отметим три основных момента.

*Во-первых*, как уже упоминалось ранее, развивающаяся в нашей стране рыночная экономика требует сближения российского законодательства с аналогичным законодательством ведущих зарубежных стран и гармонизации экономических законов нашей страны с экономическими законами зарубежных партнеров и прежде всего ЕС и США. Это позволяет снять ряд торговых барьеров при осуществлении экспортно-импортных операций с торговыми партнерами в других странах, особенно в составе ВТО.

---

<sup>14</sup> Постановлением Правительства РФ от 9 июня 2010 г. № 408 «О внесении изменений в Положение о Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии» краткое наименование Федерального агентства «Ростехрегулирование» заменено на «Росстандарт» (историческое название «Госстандарт»).



*Примечание.* Всемирная торговая организация (ВТО)<sup>15</sup> — World Trade Organization – международная организация, созданная в 1994 году с целью либерализации международной торговли и регулирования торгово-политических отношений государств-членов. ВТО отвечает за разработку и внедрение новых торговых соглашений, а также следит за соблюдением членами организации всех соглашений, подписанных большинством стран мира и ратифицированных их парламентами. В настоящее время членами ВТО являются более 150 стран, каждая из которых обязана предоставлять другим членам организации режим наибольшего благоприятствования в торговле.

Одним из основных соглашений, определяющих взаимодействия стран при торговле, является «Соглашение по техническим барьерам и торговле». Основное правило этого соглашения – гармонизация, которое предполагает, что при наличии соответствующих международных стандартов, регламентов или правил по оценке соответствия член ВТО не должен разрабатывать национальную документацию, отличающуюся от них. Страны-члены ВТО должны поддерживать девиз международных систем стандартизации ИСО, МЭК и МСЭ: «Один стандарт, одно испытание, признаваемое повсюду».

Другое правило содержит условия для оценки качества импортной продукции, которые должны быть не менее благоприятными, чем для отечественной продукции. Существует ряд правил по использованию стандартов.

*Второе обстоятельство* связано с внутренними причинами и обусловлено многочисленным набором обязательных требований, содержащихся в государственных стандартах, санитарно-гигиенических и строительных нормах и правилах, ряде НД общенационального и отраслевого характера. Обилие и порой противоречивость требований, содержащихся в этих документах, относящихся часто к одним и тем же вопросам и требующих контроля (надзора) по этим вопросам, ограничивают и затрудняют деятельность предпринимателей.

Вместе с тем, положения Конституции РФ позволяют ограничивать предпринимательскую деятельность *исключительно федеральными законами и только в отношении конкретного круга защищаемых Конституцией положений*. Положения, которые защищает Конституция РФ, должно обеспечивать государство – и это, прежде всего, отношение к здоровью и безопасности людей, животных и растений (окружающей среды обитания человека и животных). Поэтому Федеральный закон должен заменить принятую в стране систему управления производством и качеством продук-

---

<sup>15</sup> www.wto.int (<http://wto.int/>)

ции *системой управления безопасностью и качества* конечной продукции. Введение жесткой ответственности за качество и безопасность продукции на рынке, вплоть до отзыва товара с рынка, должно компенсировать существовавшее ранее избыточное государственное регулирование процесса производства продукции.

*В-третьих*, одним из основных положений концепции о техническом регулировании в современных условиях является *свобода выбора технических требований к продукции*, работам и услугам, которые, прежде всего, должны удовлетворять требованиям по качеству и безопасности. Таким образом, наряду с обязательными требованиями, определяющими в основном безопасность продукции, выбор остальных требований должен осуществляться преимущественно на добровольной основе.

**Примечание.** Указанные выше причины являлись основными для хронического отставания при формировании перспективного и устойчивого рынка товаров и услуг в СССР. Кроме того, существовал и ряд других причин, носивших в основном политический характер. Это, прежде всего, попытка создания независимой промышленности, которая в случае военных конфликтов была бы в состоянии производить весь набор товаров и сельскохозяйственных продуктов собственными силами и, таким образом, не зависеть от других стран. Подобная политика неучастия в мировой кооперации приводила к задержке в создании высококачественной продукции и в конечном итоге к отставанию страны по созданию и широкому применению ряда передовых технологий. Кроме того, существовавшая конфронтация политических систем привела к запрету на поставку в СССР из США и стран Европы высокотехнологичной продукции и передовых технологий.

## **2.2. Содержание Федерального закона «О техническом регулировании»**

Содержательную часть Федерального закона можно представить в виде трех основных блоков:

законодательные основы технического регулирования и ТР (гл. 1, 2, 6, 7, 8);

стандартизация (гл. 3, 8);

оценка и подтверждение соответствия продукции требованиям ТР (гл. 4, 5).

Финансирование в области технического регулирования и порядок действия закона в переходный период представлены в гл. 8 и 9 соответственно.

Приведем перечень *сфер применения и неприменения настоящего закона*, поскольку правильное использование ТР имеет большое значение для регулирования отношений между производителем, работодателем и потребителем (приобретателем) и исполнителем работ и/или услуг.

Федеральный закон *регулирует* отношения, возникающие при: разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований и требований на добровольной основе к продукции и связанными с ними процессов жизненного цикла; оценке соответствия.

Федеральный закон *не регулирует* отношения, связанные с: обеспечением функционирования единой сети РФ и других работ с использованием радиочастотного спектра связи и его безопасности;

социально-экономическими, организационными, санитарно-гигиеническими, лечебно-профилактическими и реабилитационными мерами в области охраны труда;

федеральными государственными образовательными стандартами, положениями (стандартами) о бухгалтерском учете и аудиторской деятельности;

стандартами эмиссии ценных бумаг и проспектов эмиссии ценных бумаг;

применением мер по предотвращению возникновения и распространения массовых инфекционных заболеваний человека, профилактике заболевания человека, оказанию медицинской помощи (за исключением случаев разработки, принятия, применения и исполнения обязательных требований к продукции, в том числе лекарственных средствам, медицинской технике, пищевой продукции и др.);

применением мер по охране почвы, атмосферного воздуха, водных объектов курортов, водных объектов, отнесенных к местам туризма и массового отдыха.

## 2.3. Основы технического регулирования

*Техническое регулирование* – правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения *обязательных требований* к продукции или к связанным с ними процессам ЖЦП, а также в области установления и применения на *добровольной основе требований* к продукции и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

*Примечание.* Поясним, что же такое «регулирование» в общем понимании. Это управление реализацией продукции, работ (услуг), используя различные виды контроля за правильным исполнением требований нормативных и правовых документов. Контроль за этим соответствием осуществляют надзорные органы. При выявлении несоответствия инспектор должен потребовать приведения реальных характеристик продукции в соответствие с требованиями НД (регулирующее воздействие) или приостановить реализацию продукции, выполнение работ (услуг). Процесс регулирования может выявить также недостающие или некорректные требования, что потребует разработки дополнительного НД либо корректировки существующего документа. Таким образом, регулирование предполагает не только осуществление надзорных, контрольных и карательных функций, но и обратную связь от взаимодействия с приобретателем с соответствующим воздействием на состав и содержание НД.

Следует отметить, что в соответствии с определением технического регулирования *обязательные требования на работы и услуги не устанавливаются*. Однако для ряда социально-культурных и медицинских услуг существуют определенные риски, требующие *установления норм безопасности*, которые должны носить *обязательный* характер. Например, это касается обычного для всех обслуживания в парикмахерской, где можно получить травмы головы, шеи, пальцев ног и рук, лица, ожог кожи лица, химический ожог волос и кожи головы и др. Ряд обязательных требований необходимо выполнить при работе с радиоактивными веществами и ядерными материалами, а также в других случаях, когда имеет место непосредственная угроза жизни и здоровью человека.

Результатом правильной деятельности по техническому регулированию является эффективно работающий рынок, в котором продукция (товары) рабочие ресурсы, капитал, информация и др. свободно перемещаются туда, где для них складываются наиболее бла-

гоприятные условия. Создание подобных условий перемещения и реализации продукции является основной задачей технического регулирования. Создание свободного экономического пространства возможно только при выполнении государством функций регулирования в отношении объектов и субъектов.

*Объектами технического регулирования* являются продукция, процессы ЖЦП, работы и услуги (материальные услуги, например ремонт бытовой техники, пошив одежды, приготовление блюд; нематериальные, например услуги связи, туристические, медицинские).

*Субъектами технического регулирования* являются:

органы власти (Правительство и министерства РФ);

органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технического законодательства (федеральные службы по надзору);

органы по сертификации, аккредитованные испытательные лаборатории;

субъекты хозяйственной (предпринимательской) деятельности; разработчики законов и стандартов.

Для объектов технического регулирования деятельность по регулированию состоит в поддержании характеристик продукции в соответствии с требованиями НД. Для субъектов технического регулирования деятельность по регулированию выражается в упорядочивании отношений между органами власти и объектами регулирования.

**Примечание.** Частным случаем технического регулирования со стороны государства является создание тарифных и технических барьеров, которые выполняют роль «заградительных барьеров» при торговых операциях между государствами.<sup>16</sup> Так в 2010 году решением Главного санитарного врача РФ был введен запрет на поставку куриных окороков из США, в связи с тем, что они перед отправкой проходили обработку хлором. При этом содержание хлора в продукции превышало предельно допустимые концентрации (ПДК) по хлору, разрешенные в РФ для пищевой продукции. Этот пример иллюстрирует применение «естественного»

---

<sup>16</sup> Под «техническим барьером» понимаются различия в требованиях национальных и международных (зарубежных) стандартов, приводящие к дополнительным по сравнению с обычной коммерческой практикой затратам средств и времени для продвижения товаров на соответствующий рынок.

технического барьера в сфере торговых операций между США и РФ. Однако на практике для технического регулирования торговых взаимоотношений между странами применяются и искусственные технические барьеры. Их роль оправдана поддержанием собственного производителя и сохранением на должном уровне национального производства. Это особенно касается продукции стран, которые не являются членами ВТО. Иногда продукция этих стран подвергается неоправданной дискриминации. Однако торговые правила и для членов ВТО часто приводят к дискриминации производителей отдельных видов, особенно, сельскохозяйственных товаров (например, «молочные, сырные, свиные и др. бунты», имевшие место в ряде стран-членов ВТО).

Известно, что снижение тарифных барьеров для государств, объединенных в определенные экономические блоки, дает значительный экономический эффект. По данным Экономического комитета Азиатско-Тихоокеанского сотрудничества (АТЭС), разработанные программы по тарифным барьерам в торговле позволяют получить около 0,26 % прибыли от фактического валового внутреннего продукта (ВВП), что составляет примерно 45 млрд долларов. В Германии эффект от применения мер технического регулирования достигает 1,0 % от ВВП.

Роль государства в техническом регулировании не ограничивается только вопросами тарифов, технических барьеров и др. Оно должно контролировать и предотвращать появление на собственном рынке (импорт) *опасных товаров и продуктов*, которые могут подорвать безопасность страны, здоровье ее граждан и нанести ущерб окружающей среде, а также продажу (экспорт) некачественной и небезопасной продукции для других стран – партнеров по рынку.

В определении технического регулирования необходимо выделить правовое регулирование в трех областях:

1. Установления, применения и исполнения **обязательных требований** к продукции;
2. Установления и применения на **добровольной основе требований** к продукции;
3. **Оценки соответствия.**

В первой области реализация правового регулирования осуществляется через принятие и применение ТР на продукцию и правил метрологии, во втором – через НД, в том числе стандарты, и в третьем – через оценку соответствия (сертификацию, аккредитацию, декларирование соответствия, испытания, контроль и надзор, испытание).

Установление в законе двух видов требований: *обязательных и добровольных* – характерная черта этого документа. Придать требованиям только статус добровольных на современном этапе развития экономики в России невозможно, исходя из *основного принципа технического регулирования – принципа обеспечения безопасности*. Безопасность является основным обязательным требованием в системе технического регулирования.

Вторым основным понятием Федерального закона является понятие о ТР. Приведем это понятие в упрощенном виде, но сохраняющем его смысл [1, 23].

**Технический регламент** (ТР) – документ, принятый органом власти и содержащий технические требования, обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования.

**Примечание.** Полное определение понятия «технический регламент» в соответствии с Федеральным законом довольно длинное и не очень удобное для восприятия: **технический регламент** – документ, который принят международным договором РФ, ратифицированным в порядке, установленном законодательством РФ, или межправительственным соглашением, заключенным 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, сооружениям или к связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

*ТР имеет статус федерального закона* и вступает в силу не ранее чем через шесть месяцев со дня его официального опубликования.

Такой высокий статус ТР накладывает большую ответственность на его содержание, поскольку внесение каких-либо изменений в него сопряжено с большими сложностями. Кроме того, включение в этот документ конкретных количественных требований и характеристик также может вызвать неудобства его использования, если, например, изменились какие-то условия у зарубежных партнеров. Эти изменения могут привести к появлению торговых барьеров на пути продвижения продукции, что противоречит

одному из основных принципов технического регулирования. Поэтому ТР должны содержать в основном требования общего характера, формируя концепцию для безопасного и качественного производства продукции, работ и услуг и без барьерного продвижения их на всемирном рынке в течение длительного времени. Так же как и федеральные законы, ТР должны иметь смысл «рамочного документа», формирующего основные требования к продукции.

## **2.4. Цель и принципы технического регулирования**

Основной *целью* технического регулирования является повышение (обеспечение) *качества и безопасности продукции* путем установления и применения обязательных и добровольных требований к продукции, а также контроля (надзора) за исполнением этих требований.

Техническое регулирование осуществляется в соответствии с *принципами*:

- применения единых правил установления требований к продукции;

- соответствия технического регулирования уровню развития национальной экономики, развития материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития;

- независимости 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;

- единства применения требований ТР независимо от видов или особенностей сделок;

- недопустимости ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;

- недопустимости совмещения полномочий органа государственного контроля (надзора) и органа сертификации;

- недопустимости совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию;



недопустимости внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР;

недопустимости одновременного возложения одних и тех же полномочий на два и более органа государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР.

Отметим некоторые особенности этих принципов. Пожалуй, главной их чертой является **независимость** различных участников (субъектов) технического регулирования: органов по аккредитации и органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей. Эта независимость косвенно прослеживается также в недопустимости ограничения конкуренции, недопустимости совмещения различных функций субъектами технического регулирования, а также в недопустимости внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР.

Второй, не менее важной группой принципов, является **единство**, обеспечивающее одинаковые правила и равные возможности технического регулирования для его участников, это: применение единой системы и правил аккредитации, соблюдение единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия, единства применения требований ТР независимо от видов или особенностей сделок, применения единых правил установления требований к продукции.

Для реализации требований ТР содержание их должно соответствовать современному уровню научно-технического развития и, прежде всего, уровню развития национальной экономики.

Соответствие этим принципам позволяет *гармонизировать* техническое законодательство как внутри страны, так и с зарубежными партнерами, устранить избыточные барьеры в торговле и осуществлять взаимное признание результатов оценки соответствия.

Единый подход к отечественной и импортной продукции закреплен п. 6 (ст. 7) Закона: *«Технические регламенты применяются одинаковым образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции...»*.

## 2.5. Цели, требования и содержание технических регламентов

ТР является «стратегическим документом», определяющим основные минимальные и необходимые требования, обеспечивающие безопасное обращение с продукцией, при проведении работ и предоставлении услуг.

ТР принимаются в *целях*:

защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;

предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Под «предупреждающими действиями» необходимо понимать различные сведения, которые должны содержаться в маркировке, этикетках и сопроводительной документации на продукцию, позволяющие потребителю определить степень безопасности продукции.

Приведем некоторые *общие требования* и положения формирования ТР.

ТР (с учетом *степени риска причинения вреда*) должны устанавливать минимально необходимые требования, обеспечивающие *безопасность* ко всем видам воздействий, а также обеспечивать *единство измерений*.

ТР не могут содержать требования к продукции, причиняющей *вред* жизни или здоровью граждан, *накапливаемый при длительном использовании этой продукции* и зависящий от других факторов, не позволяющих определить *степень допустимого риска*. В этих случаях ТР могут содержать требование, информирующее приобретателя о возможном *вреде* и о факторах, от которых он зависит, а также должны содержать информацию о возможном *вреде* и факторах, его вызывающих.

*Примечание.* Полагается, что малые дозы радиации безвредны. Однако степень их влияния на генетику человека при систематическом избыточном (сверх

природного) воздействию достоверно не установлена<sup>17</sup>. Поэтому при анализе и учете влияния радиационного облучения на человека в настоящее время международным сообществом принята беспороговая концепция, т.е. принимается, что воздействие радиации на человека необходимо учитывать с дозы выше нулевой. Все дозы, полученные человеком на работе, при медицинском обследовании, использовании СИ и др., должны фиксироваться и быть известны самому человеку.

Нечто подобное можно сказать и о консервантах, которые содержат пищевые продукты для обеспечения их длительного сохранения. Хотя в малых дозах они безвредны, но они присутствуют почти во всех продуктах, которые постоянно потребляются человеком (в отличие от дополнительного избыточного радиационного облучения, которое человек получает в основном при медицинском обследовании). Глобальные последствия потребления различных консервантов на потомство человека досконально не изучены.

ТР с учетом степени риска причинения вреда должны устанавливать необходимые требования, обеспечивающие: безопасность излучений; биологическую безопасность; механическую, пожарную, промышленную, термическую, химическую, электрическую, ядерную и радиационную безопасности; взрывобезопасность; безопасность в части электромагнитной совместимости приборов и систем; единство измерений; другие виды безопасности.

Требования ТР не могут служить препятствием осуществлению предпринимательской деятельности в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей ТР. ТР должен содержать:

- перечень и описание объектов технического регулирования;
- требования к этим объектам и правила их идентификации;
- правила и формы оценки соответствия объектов, определяемые с учетом *степени риска*, а также предельные сроки оценки соответствия;

- требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения.

Содержащиеся в ТР *обязательные требования* к продукции или к связанным с ними процессам ЖЦП, правилам и формам оценки соответствия, правила идентификации, требования к терминологии,

---

<sup>17</sup> В то же время человечество все время находится и успешно существует в поле природного космического излучения. Дополнительные дозы он получает в горах, при медицинских обследованиях, около гранитных сооружений и т.д.

упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения имеют прямое действие на всей территории РФ и могут быть изменены только путем внесения изменений и дополнений в соответствующий ТР. *Не включенные в ТР, перечисленные выше требования не могут носить обязательный характер.*

ТР применяются одинаковым образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции или осуществления связанных с требованиями к продукции процессов ЖЦП, видов или особенностей сделок и (или) физических и (или) юридических лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами и приобретателями<sup>18</sup>. При этом ТР могут содержать ***специальные требования***, если отсутствие таких требований в силу климатических и географических особенностей может привести к недостижению целей, указанных выше. Например, при низкой температуре в северных широтах или в условиях жаркого климата и высокой влажности в южных широтах планеты.

В ТР с учетом степени риска причинения вреда могут также содержаться ***специальные требования***, обеспечивающие защиту отдельных категорий граждан. Например для несовершеннолетних, беременных женщин, кормящих матерей, инвалидов. Целесообразно подчеркнуть, что требования ТР (общие и специальные) должны устанавливаться с учетом **степени риска причинения вреда**.

Важным и противоречивым вопросом, который вызывал и вызывает споры у специалистов, является вопрос о ***добровольности применения стандартов*** (ст.12). Понятно, что желание избавиться от диктата стандартов связано с необходимостью активизации творческих инициатив производителя.

В настоящее время в РФ имеются системы стандартов, которые охватывают процессы проектирования, конструирования, производства, реализации продукции и ее технического обслуживания. Противники перехода на добровольный принцип применения документов в области стандартизации считают, что поспешный отказ от обязательности их применения может привести во многих областях народного хозяйства к серьезным негативным последствиям, в том числе:

---

<sup>18</sup> Приобретатель – термин, объединяющий понятия «покупатель» и «заказчик».

несоблюдение требований, заданных в стандартах и имеющих обязательный характер, исходя из коммерческих интересов и по праву свободы договора организациями государственных заказов (в том числе оборонных), являющихся монополистами в своей сфере деятельности;

стремление к занижению в проектах ТР требований по безопасности по сравнению с уровнями, заданными в действующих стандартах;

создание условий для коррупции в сфере разработки ТР в угоду коммерческим интересам и вытеснения конкурентов с рынков сбыта товарной продукции;

инертность в разработке ТР из-за неприспособленности приобретателей продукции к новым требованиям в области безопасности и экологии, а также к опережающему учету научно-технических достижений;

выведение контроля качества продукции из сферы государственного регулирования в условиях существующей коррупции как следствие неразвитости в России независимых органов потребления и контроля;

реальные предпосылки к развалу отечественной системы стандартизации вследствие сужения целей стандартизации и ограничения ее рамками технического регулирования (отсутствие законодательного порядка разработки продукции, деградация научно-исследовательских организаций по стандартизации, регресс и дефицит квалифицированных кадров и др.).

Федеральным законом предписывается, что национальные стандарты могут использоваться полностью или частично в качестве основы для *разработки проектов технических регламентов* (ст. 7, п. 8). Международные стандарты должны использоваться полностью или частично в качестве *основы для разработки проектов технических регламентов*, за исключением случаев, если такое использование признано невозможным вследствие климатических и географических особенностей РФ, технических и (или) технологических особенностей или по иным требованиям, либо РФ в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международных стандартов или отдельных их положений.

Разработчик ТР не может ссылаться в ТР на конкретные национальные стандарты, так как это будет означать, что требования этих стандартов, на которые даются ссылки, становятся обязательными для всех субъектов технического регулирования, что противоречит концепции о техническом регулировании – концепции свободного и независимого формирования безопасных требований к продукции. Возможна ссылка на перечень стандартов, гармонизированных с данным ТР или свод правил<sup>19</sup>. Это дает возможность субъекту регулирования право использования на добровольной основе требования того или иного стандарта или свода правил (в соответствии с принципами технического регулирования).

Национальным органом по стандартизации (Росстандарт) до дня вступления в силу ТР утверждается, публикуется в печатном издании федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и размещается в информационной системе общего пользования в электронно-цифровой форме *перечень национальных стандартов и (или) свод правил, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований принятого ТР*. Применение на добровольной основе национальных стандартов и (или) сводов правил является достаточным условием соблюдения требований соответствующих ТР, в том числе путем ссылки на стандарты и своды правил (ст. 16.1, пп.1, 4). Таким образом, *если производитель продукции принял добровольно требования, имеющиеся в стандарте, то они становятся обязательными для исполнения*.

**Примечание.** Структура содержания ТР зависит от его цели и назначения, и в общем случае (по главам) ее можно представить в следующем виде [11]:

Глава 1. Область применения ТР и объекты технического регулирования.

Глава 2. Основные понятия.

Глава 3. Общие положения для размещения на рынке РФ.

Глава 4. Требования к продукции.

Глава 5. Применение стандартов (презумпция соответствия).

Глава 6. Подтверждение соответствия.

Глава 7. Государственный контроль (надзор).

---

<sup>19</sup> *Свод правил* – документ в области стандартизации, в котором содержатся технические правила и (или) описание процессов ЖЦП и который применяется на добровольной основе.

Глава 8. Назначение органа исполнительной власти, ответственного за реализацию ТР.

Глава 9. Переходные положения.

Остановимся на некоторых, на наш взгляд, важных положениях (гл. 3, 4 и 5).

В гл. 3 устанавливается основное требование Федерального закона: продукция не может быть реализована на рынке, если она способна оказывать вредное воздействие на людей, домашних животных или имущество при ее использовании по назначению. В этой главе определяют условия ввоза продукции на территорию РФ, подлежащей обязательному подтверждению соответствия, современные способы продажи продукции, в том числе через Интернет или по каталогам.

Должно быть указано, что перед введением в обращение продукции изготовитель (или его уполномоченное лицо) обязан нанести на продукцию (упаковку) знак обращения.

*Знак обращения на рынке* – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям ТР (рис. 2.1). Знак обращения представляет собой сочетание букв «Т» и «Р», вписанных в букву «С», стандартизованную под измерительную скобу. Аббревиатура «СТР» расшифровывается как «Соответствие Техническому Регламенту». Отметим, что этот знак подобен знаку качества, который присваивался ряду товаров высокого качества в СССР (без буквы «Р» и точки над буквой «Т»).

Гл. 4 – пожалуй, одна из основных глав документа. В ней, в соответствии с концепциями технического регулирования, необходимо достаточно полно определить все минимально необходимые требования по безопасности. Требования по безопасности, не включенные в ТР, являются не обязательными для исполнения и применения. Требования могут задаваться следующими способами или сочетанием их: общими требованиями, качественно определяющими уровень безопасности, или количественными показателями.

Первый способ должен быть основным. Второй способ, широко используемый в практике многих российских НД (как уже говорилось ранее), имеет существенный недостаток, заключающийся в его «уязвимости» в случае изменения конкретных количественных показателей при пересмотре международных (национальных) требований. Второй способ приходится использовать в случае, когда отсутствует доказательная база соответствия в виде гармонизированных с данным регламентом национальных стандартов, и в случаях, когда степень гармонизации национальных стандартов невелика.

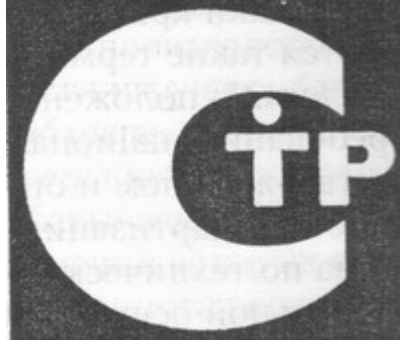


Рис. 2.1. Знак соответствия техническому регламенту  
(знак обращения на рынке)

В гл. 5 описываются условия применения стандартов для задания качественных требований к продукции в рамках реализации принципов презумпции соответствия. *Презумпция* (от латинского – «предположение») *соответствия* – положение, которое означает, что выполнение требований национальных стандартов, указанных в официальном перечне, применяемых на добровольной основе при изготовлении и контроле продукции, является необходимым и достаточным условием соответствия этой продукции обязательным требованиям ТР.

В качестве примера для более детального ознакомления с содержательной частью ТР можно рекомендовать «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (Федеральный закон РФ от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ), включенный в ст. 5.1 «Особенности технического регулирования в области обеспечения безопасности зданий и сооружений» [1].

В соответствии с Федеральным законом действуют две основные формы принятия ТР: федеральный закон и постановление Правительства РФ. Сведения о разработке нового ТР и его текст должны быть опубликованы в официальном издании органа исполнительной власти «*Вестник технического регулирования*». Проект регламента должен быть доступен всем заинтересованным лицам для ознакомления и обсуждения его в письменной форме. В исключительных случаях, связанных с угрозой жизни и здоровью людей, угрозой окружающей среде, Президент РФ вправе принять решение об издании ТР без публичного обсуждения.

Форма принятия ТР в виде международного договора используется, как правило, для специальных сделок, например для ввоза



отработанного ядерного топлива или вывоза радиоактивных отходов, образованных после переработки этого топлива, и другие подобные мероприятия. Международные договоры подлежат ратификации в установленном порядке и, как правило, имеют приоритет перед законами, принятыми в РФ.

## **2.6. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований технических регламентов**

Поскольку основной вектор технического регулирования направлен на демократизацию при производстве продукции (добровольная сертификация, добровольное применение требований стандартов), то большое значение приобретает контроль соответствия характеристик продукции заявленным требованиям. Учитывая, что в период развития экономических отношений, регулируемых ТР, возможны случаи недобросовестного отношения участников рынка (изготовителей, продавцов, поставщиков) к продукции и приобретателям, значение контроля и особенно надзора на рынке продукции, работ и услуг приобретает первостепенное значение.

*Контроль (надзор) за соблюдением требований ТР* – проверка выполнения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований ТР к продукции или связанным с ними процессам ЖЦП и принятие мер по результатам проверки. Приведенное выше определение не различает понятия контроля и надзора. Однако эти определения нельзя воспринимать как синонимы.

Обычно понятие *надзор* означает наблюдение за чем-либо. Его отличие от *контроля* заключается в том, что *контроль* предполагает лишь констатацию соответствия, а *надзор* состоит из документальной проверки выполнения обязательных требований к объектам надзора и *принятия соответствующих мер по результатам выявленных нарушений* (например, приостановка работ, выдача предписаний<sup>20</sup> по устранению нарушений).

---

<sup>20</sup> Предписание или акт-предписание – официальный документ, составляемый инспектором по надзору, в котором указываются отклонения характеристик продукции и/или технологического процесса от требований НД (конкретно) с требованиями устранения этих несоответствий до определенного срока или немедленно. Экземпляр предписания вручается руководителю предприятия под расписку и является юридическим документом между надзорным органом и предприятием.

*Примечание.* В [30] приводятся следующие определения этих понятий.

*Государственный надзор* – форма оценки соответствия исключительно федеральными органами исполнительной власти (например, Ростехрегулирование, Росстандарт, Роспотребнадзор и др.).

*Государственный контроль* – форма оценки соответствия, осуществляемая как государственными, так и негосударственными структурами в форме *инструментальной проверки* с привлечением компетентных организаций и различных форм собственности, в том числе: метрологических научно-исследовательских организаций, коммерческих организаций, местных органов Ростехрегулирования и др. К подобным видам контроля могут быть отнесены, например, проверка и поверка средств измерений, утверждение типа средства измерений и др.

Контроль частными (негосударственными) организациями может осуществляться от имени заказчика, но на условиях договора. При этом исполнитель контрольных функций не может являться одновременно участником проверяемых работ и ранее не должен был участвовать в работах по подтверждению соответствия продукции данной организации.

Право проведения надзора и контроля должно быть закреплено в соответствующих лицензиях, выданных организациям компетентными органами. Следует подчеркнуть, что после поставки продукции на рынок надзор особенно необходим. Это позволяет подтвердить, что заявление поставщика о соответствии продукции выполняется.

*Государственный контроль (надзор)* в нашей стране может осуществляться следующими субъектами: федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ и государственными организациями, (специально) уполномоченными на проведение контроля (надзора).

Федеральным законом определены обязанности и ответственность органов государственного контроля (надзора) в случае ненадлежащего исполнения своих служебных обязанностей.

Контроль (надзор) должен осуществляться в отношении продукции и процессов ЖЦП ***исключительно в части соблюдения требований, соответствующих ТР и исключительно на стадии обращения продукции.*** Такой подход к контрольным операциям позволяет поставить в равные условия отечественного и зарубежного производителя, поскольку в настоящее время деятельность

контролирующих организаций, как наследие советского периода в нашей стране, направлена, в основном, на стадии производства.

Контроль (надзор) осуществляется в форме:

контроля у изготовителя (продавца) документов, подтверждающих оценку соответствия требованиям ТР (декларации о соответствии или сертификата о соответствии);

предписания об устранении выявленных нарушений ТР или приостановлении действия декларации о соответствии;

запрета передачи продукции или приостановления процессов ЖЦП, если иными средствами нарушение невозможно устранить;

сообщения органу, выдавшему сертификат соответствия, о необходимости приостановления его действия;

прекращения действия декларации о соответствии и информировании об этом федерального органа, ведущего Единый реестр деклараций соответствия;

привлечения изготовителя и продавца к ответственности, предусмотренной законодательством РФ, в том числе и к уголовной ответственности.

Придавая большое значение правильности применения ТР, в Федеральном законе указывается, что «Уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти *организуется постоянный учет и анализ всех случаев причинения вреда вследствие нарушений требований ТР, жизни или здоровью граждан, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда, а также организуется информирование приобретателей, изготовителей и продавцов* о ситуации в области соблюдения требований ТР» (ст. 7, п. 9).

Процедура контроля (надзора) будут наиболее действенными, если выявления несоответствий будут облагаться достаточно высокими штрафами и вероятность выявления несоответствия будет достаточно высокой [11].

**Примечание.** Известно, что невысокие денежные штрафы могут не испугать продавца, поскольку воспринимаются им как дополнительный налог или как досадная необходимость. Продавец, как правило, компенсирует штраф за счет повышения цены на товар. Штраф должен быть сопоставим со стоимостью изъятия товара, и тогда эта мера будет реально действенной.

Напомним, что в трактовке Федерального закона *изготовитель – это исполнитель, продавец, а также лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя.*

Изготовитель в первую очередь несет ответственность в соответствии с законодательством РФ в следующих случаях (ст. 36):

за нарушение требований ТР;

неисполнения предписаний и решений органа государственного контроля;

если в результате несоответствия продукции и других действий, связанных с нарушением требований ТР, *причинен вред или возникла угроза причинения такого вреда* жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

Изготовитель обязан возместить причиненный вред и принять меры в целях недопущения причинения вреда другим лицам, их имуществу и окружающей среде. Однако обязанность возместить вред *не может быть ограничена* договором или заявлением одной из сторон. *Соглашения или заявления об ограничении ответственности ничтожны*, т.е. не могут служить оправданием противоправных действий!

Основные действия изготовителя в этот период времени должны быть направлены на то, чтобы до завершения проверки достоверности сведений о несоответствии продукции требованиям ТР возможный вред, связанный с обращением данной продукции, не увеличился. При невозможности осуществления мероприятий по устранению несоответствия необходимо объявить об отзыве продукции и возмещении убытков, причиненных приобретателями в связи с отзывом продукции, а в ряде случаев и незамедлительно приостановить производство и реализацию продукции.

**Примечание.** В зарубежной практике известен ряд случаев, когда автомобильные фирмы Toyota, Volvo и др. отзывали большие партии проданных или переданных продавцу для реализации автомобилей на доработку в связи с обнаружением неисправности в технической части автомобилей. Следует отметить, что открытое и масштабное признание во время обнаруженных недоработок в конструкции автомобилей не сказывалось на рейтинге этих фирм. Скорее, эти меры демонстрировали ответственность изготовителя (продавца) и его уважение к потребителю.

Права органов государственного контроля (надзора) в случае получения информации о несоответствии требований ТР определены статьями Федерального закона (ст. 39, 40). Отметим, что в случае невыполнения предписаний, выданных органами государственного контроля (надзора) или невыполнения программы мероприятий по предотвращению причинения вреда, государственные органы контроля и (надзора) и иные лица *вправе обратиться в суд с иском о принудительном отзыве продукции.*

## **2.7. Техническое регулирование в области использования атомной энергии**

Учитывая важность сохранения безопасности на объектах ИАЭ в переходный период, в Федеральном законе отмечается (ст. 46), что *«до принятия ТР по ядерной и радиационной безопасности техническое регулирование в области ядерной и радиационной безопасности осуществляется в соответствии с Федеральным законом «Об использовании атомной энергии» и Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» (ст. 5) «обязательными требованиями наряду с требованиями ТР являются требования, установленные...органами государственного управления использованием атомной энергии и государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии, и (или) государственными контрактами (договорами)».* Принятие такого решения относительно технического регулирования по ядерной и радиационной безопасности связано со следующими факторами:

к моменту вступления в силу Федерального закона в области ИАЭ *уже действовала отлаженная система* государственного регулирования ядерной и радиационной безопасности, основанной на системе НД [31] по государственному регулированию ядерной и радиационной безопасности при ИАЭ (более 300 документов);

коренная ломка этой системы регулирования безопасности *может привести к непредсказуемым последствиям* в такой потенциально опасной отрасли, как атомная энергетика;

регулирование ядерной и радиационной безопасности, осуществляемое в настоящее время, в основном *соответствует принципам технического регулирования*, провозглашенным Федеральным за-

коном (независимость органов лицензирования, сертификация объектов, технологий и изделий, аккредитация лабораторий и организаций и др.);

устранение барьеров перед частными предпринимателями, представление им большей свободы выбора в технических решениях в настоящее время для государственных предприятий в области ИАЭ не является нормой (т.е. не имеет широкого распространения), что обусловлено требованиями безопасности;

стремление к получению большей прибыли и завоевания рынка продукции возможно только при создании продукции с характеристиками не хуже, чем на международном рынке. Это достигается, прежде всего, созданием современной НД, гармонизированной с аналогичной зарубежной документацией. Эти требования соблюдаются для оборудования, продукции и технологий, используемых для атомной энергетики (соблюдение рекомендаций международных организаций МАГАТЭ, МКРЗ и др.).

Государственное регулирование при ИАЭ в настоящее время осуществляется Ростехнадзором<sup>21</sup> (орган исполнительной власти) и включает в себя достаточно действенный механизм регулирования ядерной и радиационной безопасностью. Оно состоит из следующих сфер деятельности:

*лицензирование* (разрешение на осуществление деятельности в области ИАЭ);

*нормативное регулирование* (разработка и утверждение нормативной документации для регулирования безопасности при ИАЭ);

*государственный надзор* (осуществление надзора за ядерной и радиационной безопасностью объектов ИАЭ, включая надзор за учетом и контролем ядерных материалов и их физической защитой);

*контроль сертификации* (оценка соответствия) оборудования, изделий и технологий ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения.

---

<sup>21</sup> Руководство деятельностью Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) Указом Президента РФ от 23.10.2010 г. № 780 осуществляет Правительство РФ.

Эта система охватывает все стороны деятельности предприятий атомной промышленности и предприятий, оказывающих услуги атомной отрасли. В ней присутствуют все составляющие технического регулирования, которые были рассмотрены в предыдущих разделах.

Особенно необходимо отметить роль лицензирования, которое является составляющей нормативно-правового и технического регулирования ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности объектов ИАЭ. Заметим, что в Федеральном законе не рассматриваются вопросы лицензирования (разрешения) на осуществление предприятиями определенных видов деятельности. Это обусловлено, на наш взгляд, следующим:

- Федеральный закон устанавливает *технические требования* к безопасности продукции, зданиям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, носящие *обязательный* характер для объектов атомной энергетики;

- лицензия – специальное *разрешение на осуществление конкретного вида деятельности* при обязательном соблюдении лицензионных требований и условий, выданное Ростехнадзором юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю на каждый лицензируемый вид деятельности отдельно в области ИАЭ. Лицензия, так же как и ТР, как правило, не содержит конкретных технических требований;

- *необходимость получения лицензии* на осуществление определенных видов деятельности объектов ИАЭ определена ст. 25 Федерального закона «Об использовании атомной энергии» и непосредственно связана со статусом федерального закона.

Порядок и условия лицензирования в области ИАЭ устанавливает «Административный регламент исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии». В этом документе установлен перечень видов деятельности, подлежащих лицензированию:

размещение, сооружение, эксплуатация и вывод из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилищ РАО;

обращение с ядерными материалами и радиоактивными веществами, в том числе при разведке и добыче урановых руд, при производстве, использовании, переработке, транспортировании и хранении ядерных материалов и радиоактивных веществ;

обращение с радиоактивными отходами при их хранении, переработке, транспортировании и захоронении;

использование ядерных материалов и/или радиоактивных веществ при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

проектирование и конструирование ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилищ радиоактивных отходов;

конструирование и изготовление оборудования для ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилищ радиоактивных отходов;

проведение экспертизы проектной, конструкторской, технологической документации и документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилищ радиоактивных отходов, деятельности по обращению с ядерными материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами;

другие виды деятельности, которые всесторонне охватывают все этапы жизненного цикла любого объекта ИАЭ.

Таким образом, процесс лицензирования охватывает все этапы жизненного цикла каждого из объектов атомной отрасли.

**Примечание.** В качестве примера государственного регулирования безопасности рассмотрим создание и эксплуатацию производства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) для АЭС.

1. Организации, определяющие размещение предприятия, должны иметь *лицензию на право изыскательских работ по выбору места размещения* будущего объекта, учитывая многочисленные факторы природного и технического характера, способные повлиять на безопасность производства (сейсмичность района размещения, смерчи, наводнения, устойчивость грунта, близость подземных вод и т.д.), с учетом специфики будущего объекта ИАЭ.

2. Проект производства создается по техническому заданию заказчика (например, корпорации «Росатом») проектной организацией, имеющей *лицензию на право*



проектирования объектов ИАЭ. Проект должен разрабатываться с учетом «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений».

3. Сооружение (строительство) предприятия осуществляется строительной монтажной организацией, имеющей лицензию на право проведения строительных и монтажных работ на объектах ИАЭ. Эта организация может привлекать подрядные организации и поставщиков строительных материалов и оборудования. Подрядчики также должны иметь лицензии на право проведения работ на объектах ИАЭ, а поставляемые ими материалы и оборудование должны быть сертифицированы.

4. После окончания сооружения объекта осуществляется его ввод в эксплуатацию на основании акта приемочной комиссии, которая проводит оценку соответствия производства требованиям технического задания.

5. Эксплуатация производства твэлов осуществляется на основании лицензии на эксплуатацию, в которой указываются в том числе типы твэлов, которые может производить данное предприятие (например, твэлы для АЭС типа ВВЭР и РБМК с обогащением по урану-235 от 1,8 до 4,4 % и др.). Твэлы должны иметь сертификаты качества, подтверждающие соответствие их характеристик требованиям технической документации (ТР, ГОСТ, ГОСТ Р, ОСТ, сводам правил и др. НД).

Персонал, занятый в основном производстве, должен периодически подвергаться аттестации на знание основ ядерной, радиационной, технической, пожарной и др. безопасности и необходимых действий в случае возникновения аварийной ситуации. Для поддержания уровня квалификации персонал и руководство предприятий периодически повышает свою квалификацию в одном из учебных центров отрасли.

## **Часть II**

# **ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ**

## **Глава 3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ**

### **3.1. Общие понятия о стандартизации**

Развитие техники связано со значительным усложнением оборудования, применением взаимосвязанных систем различного назначения (механических и электронных), режимов их эксплуатации, применением широкой номенклатуры веществ и материалов. В настоящее время, характеризуемое глобализацией экономики в мире, происходит расширенная кооперация, значительное усиление и усложнение связей между различными отраслями промышленности и предприятиями. Резко возросли требования к качеству продукции, работам (процессам) и услугам. Наряду с требованиями по качеству и безопасности продукции значительно возросли требования к надежности продукции, в том числе материалам и комплектующим изделиям.

В этих условиях роль стандартизации на всех этапах ЖЦП является очень важной. Опыт человечества показывает, что именно стандартизация позволяет добиться создания качественной и надежной продукции при высоком экономическом эффекте. Человечество использовало в своей деятельности стандартизацию давно. Примеров применения стандартных решений для продукции много. Например, стандартизация размеров кирпичей для строительства зданий и укреплений, размеров водопроводных труб, размеров и типов резьбы на винтах, болтах и шурупах и др. С самого начала зарождения воинских формирований стандартизация нашла широкое применение как при создании образцов военной техники, так и в организационных вопросах. Военные уставы представляют собой стандарты высшего порядка по вопросам организации воинской службы и воинского хозяйства в армейских частях. Эти стандарты проверены ценой жизни солдат и выстраданы многими поколениями армейских формирований и баталий.

*Объектами стандартизации являются продукция (товар, изделие, здания, сооружения, системы и др.), работа, процессы и услуги, подлежащие или подвергающиеся стандартизации.*

Для более полного представления понятий «стандартизация» и «стандарта» целесообразно рассмотреть механизмы стандартизации. Возникает вопрос: почему именно данная продукция в определенный момент времени становится объектом стандартизации? Стандартизация продукции не появляется на пустом месте, а только там, где это необходимо и вызвано потребностью в результате трудовой деятельности и это всегда продукт повторяющейся трудовой деятельности. Подчеркнем еще раз, что именно потребность в стандартизации формирует создание стандартных изделий, спрос, потребность на них и наряду с экономической выгодой создает условия появления стандартизованной продукции (работ, услуг). Рассмотрим на примере «стандартного кирпича» этапы его стандартизации.

Первый этап состоит в отборе из всей массы строительных материалов: природных валунов; гранитных необработанных глыб; гранитных и известковых блоков; кирпичей из глины; брусчатки из гранита; кирпичей из смеси глины, навоза, земли; кирпичей из смеси тростника, глины и др. наиболее часто используемых для строительства в разных странах. Из всех моделей К1, К2, К3, К4,.... в результате практической деятельности оказалось, что наибольшее распространение и наибольший спрос имеют, например, К3 и К4. Эти изделия послужили предметом для стандартизации их характеристик.

Второй этап – моделирование объектов (К3 и К4) и анализ их характеристик по стоимости, простоте изготовления из подручных средств, прочности для строения жилища и укреплений, размерам, весу и др. Одним из объектов стандартизации становятся кирпичи, изготавливаемые из глины – природного материала, довольно широко распространенного на всей территории Земли. Обжигая глину, стали получать дешевый и практичный строительный материал во многих странах. Кирпич сравнительно легок (4 — 7 кг) и невелик, что удобно для проведения работ одним человеком. На этом этапе кирпичи из глины могли иметь различные размеры, технологию изготовления, характеристики по прочности и др.

На третьем этапе происходила оптимизация характеристик объекта. На различных заводах и в разных странах вышеуказанные характеристики кирпичей могли различаться. Для того чтобы унифицировать размеры кирпичей, были выбраны размеры и соотношения между сторонами кирпича, позволяющие собирать кирпичную кладку при различных его положениях (1:2:4), определены требования к весу, прочности, теплопроводности, смачиваемости и др., используя различные технологии.

На заключительном, четвертом этапе, осуществляется собственно стандартизация – разработка стандарта (документации) на кирпичную продукцию.

**Стандартизация** – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах про-

изводства и обращения продукции, а также повышения конкурентоспособности продукции, работ и услуг.

Следует отметить два очень важных момента в этом определении – это добровольность и многократность использования. Именно опыт многократного использования и его добровольность приводят в конечном итоге к необходимости стандартизации продукции. Конечно, внутренним побудителем стандартизации являются какие либо выгоды — экономический эффект, обусловленный удешевлением изготовления и обслуживания продукции после продажи, за счет унификации, типизации, взаимозаменяемости, а также повышением ее конкурентоспособности.

Непосредственным результатом проведения работ по стандартизации являются, прежде всего, НД.

### **3.2. Нормативные документы в области стандартизации**

НД являются средством стандартизации. К НД в области стандартизации относятся: стандарты, правила, рекомендации, кодексы установившейся практики, общероссийские классификаторы.

**Стандарт** – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов ЖЦП, выполнения работ или оказания услуг.

Стандарт может также содержать правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения. *Статус стандартов* может быть различен: международный, региональный, стандарт организации. Кроме стандартов, средством стандартизации являются также свод правил, классификаторы, нормы и правила по стандартизации, рекомендации по стандартизации. Определим некоторые из них.

**Международный стандарт** – стандарт, принятый международной организацией.

**Национальный стандарт** – стандарт, утвержденный национальным органом РФ по стандартизации.

**Свод правил** – документ в области стандартизации, в котором содержатся технические правила и (или) описание процессов ЖЦП

и который применяется на добровольной основе. К этой категории документов относятся различные санитарные нормы и правила, СанПины, в том числе в области ИАЭ, например «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» ОСПОРБ-99/2010, «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами» СПОРО-2002, Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций» СП АС-2003, «Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы» НРБ-99/2009. В странах ближнего и дальнего зарубежья подобные своды правил носят название *Кодекс установившейся практики*. Свод правил, также как и стандарты, используется в качестве доказательной базы для обеспечения требований ТР.

**Классификатор** – НД, представляющий систематизированный свод наименований и кодов классификационных группировок и (или) объектов классификации.

**Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации (далее — общероссийские классификаторы)** – документы в области стандартизации, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификационными признаками на классификационные группировки (классы, группы, виды) и являющиеся обязательными для применения в создании государственных информационных систем и информационных ресурсов при межведомственном обмене информацией.

**Правила (нормы) по стандартизации** – НД, устанавливающие обязательные для применения организационно-методические положения, которые дополняют или конкретизируют отдельные положения основополагающих национальных стандартов и определяют порядок и методы выполнения работ по стандартизации.

**Рекомендации по стандартизации** – документ, содержащий советы организационно-методического характера, которые касаются проведения работ по стандартизации и способствуют применению основополагающего национального стандарта или содержат положения, которые целесообразно предварительно проверить на практике до их установления в основополагающем национальном стандарте.

### 3.3. Цели, принципы и функции стандартизации

#### 3.3.1. Цели стандартизации

Поскольку этот материал очень важен для понимания сущности стандартизации, изложим его в соответствии с основополагающими документами и, прежде всего, в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании».

Стандартизация осуществляется в целях:

*1. Повышения уровня безопасности:*

жизни и здоровья граждан;  
имущества физических и юридических лиц;  
государственного и муниципального имущества;  
объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;  
повышение уровня экологической безопасности;  
безопасности жизни и здоровья животных и растений.

*2. Обеспечения:*

конкурентоспособности и качества продукции;  
единства измерений;  
рационального использования ресурсов;  
взаимозаменяемости технических средств (машин и оборудования, их составных частей, комплектующих изделий и материалов);  
технической и информационной совместимости;  
сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений технических и экономико-статистических данных;  
проведение анализа характеристик продукции;  
исполнения государственных заказов;  
добровольного подтверждения соответствия продукции.

*3. Содействия:*

соблюдению требований технических требований;  
проведению работ по унификации.

*4. Создания систем:*

классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации;  
каталогизации продукции;  
обеспечения качества продукции;  
поиска и передачи данных.

### 3.3.2. Принципы стандартизации

*Принципы* – это исходные положения, на которых базируется деятельность и научные положения стандартизации. Стандартизация осуществляется в соответствии со следующими принципами:

1. Добровольность применения стандартов и обязательность их соблюдения в случае принятия решения об их использовании.

2. Максимальный учет при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц – участников работ по стандартизации, исходя из возможностей изготовителя продукции и исполнителя услуги, с одной стороны, и требований потребителя – с другой, которые должны прийти к обоюдному соглашению (консенсусу).

3. Применение международного стандарта как основы разработки национального стандарта. Международные стандарты отражают передовой опыт экономически развитых стран мира, результаты научных исследований, требования широкого круга потребителей и государственных органов для большинства стран, поэтому их применение при разработке национальных стандартов является одним из важных условий выхода отечественной продукции на мировой рынок. Например, стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2008 идентичен международному стандарту ИСО 9001:2008 «Системы менеджмента качества. Требования» (ISO 9001:2008 «Quality management systems – Requirement»).

4. Недопустимость создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации.

5. Недопустимость установления таких стандартов, которые противоречат ТР. Этот принцип – принцип гармонизации – предусматривает разработку стандартов, гармонизированных по своим требованиям с уже действующими национальными и международными стандартами для данного вида продукции.

6. Обеспечение условий для единообразия применения стандартов, т.е. установления и соблюдения единых правил применения стандартов всех категорий.

Приведенные выше принципы представляют собой основополагающие принципы стандартизации. Целесообразно дополнить этот

перечень принципами, изложенными в ГОСТ 1.0 - 2004 и в «*Концепции развития национальной системы стандартизации*», с соответствующими комментариями, приведенными в этих документах.

7. Комплексность стандартизации для взаимосвязанных объектов. В соответствии с этим принципом стандарты на готовую продукцию должны быть увязаны со стандартами на сырье, материалы, комплектующие изделия, полуфабрикаты из которых делается и (или) собирается изделие.

8. Установление требований в стандартах, соответствующих современным достижениям науки, техники и технологий, с учетом имеющихся ограничений по их реализации. Этот принцип обеспечивает опережающее развитие стандартов и повышение конкурентоспособности продукции.

9. Установление требований в стандартах, обеспечивающих возможность объективного контроля их выполнения.

10. Четкость и ясность в изложении стандартов, с тем чтобы обеспечить однозначность понимания их требований.

11. Исключение дублирования стандартов на идентичные по функциональному назначению объекты стандартизации.

12. Системность стандартизации, т.е. рассмотрение каждого объекта как части более сложной системы. Например, стандарты на размеры мебели должны согласовываться со стандартами на дверные проемы, размеры лифтов и их дверей, высотой потолков в квартире и т.п. Системность предполагает совместимость всех элементов системы.

13. Доступность представления информации по стандартам всем заинтересованным лицам, за исключением оговоренных законодательством случаев. Этот принцип предполагает открытость процессов разработки национальных стандартов, которая должна обеспечиваться на всех стадиях, начиная от планирования, разработки до принятия стандарта, что достигается:

публикацией программ разработки национальных стандартов и уведомлений об их разработке, завершении публичного обсуждения и утверждении;

публичностью обсуждения проектов стандартов;

единством и непротиворечивостью правил разработки и утверждения национальных стандартов с обязательной экспертизой всех



проектов стандартов.

Правила разработки и утверждения национальных стандартов изложены в Федеральном законе «*О техническом регулировании*» (ст. 16).

### **3.3.3. Функции стандартизации**

Для достижения социальных и технико-экономических целей стандартизация выполняет ряд определенных функций. Эти функции раскрывают полезность, эффективность и необходимость стандартизации как научно-практического направления.

1. Функция упорядочивания – преодоление неразумного многообразия объектов (раздутая номенклатура продукции, ненужное количество документов), которая сводится к упрощению и ограничению.

2. Охранная (социальная) функция – обеспечение безопасности потребителей продукции (услуг), изготовителей и государств, объединение усилий человечества по защите природы от техногенного воздействия цивилизации, охрана жизни или здоровья животных и растений.

3. Ресурсосберегающая функция – обеспечение ограниченности материальных, энергетических, трудовых и природных ресурсов. Заключается в установлении в НД обоснованных ограничений на расходование ресурсов.

4. Коммуникативная функция – обеспечение общения и взаимодействия людей (специалистов) путем личного обмена или использования документов, аппаратуры и каналов сообщений. Эта функция направлена на преодоление барьеров в торговле и на содействие научно-техническому и экономическому сотрудничеству.

5. Цивилизующая функция – обеспечение повышения качества продукции и услуг как составляющей качества жизни. Эта функция реализуется, например, через научно-обоснованные требования к содержанию вредных веществ в продуктах питания, сигаретах, питьевой воде и др. При этом стандарты отражают степень общественного развития страны, т.е. уровень цивилизации.

6. Информационная функция – обеспечение общества передовой научно-технической информацией, поскольку стандарты являются

важнейшим источником последних достижений науки и техники и их практического использования.

7. Функция нормотворчества, проявляющаяся в задании норм и требований (правил, значений параметров, условий для выполнения) применительно к объекту стандартизации. Требования стандартов через механизм подтверждения соответствия продукции (сертификацию) определяют решение о доступе продукции на рынок.

8. Доказательная функция, проявляющаяся в том, что гармонизированные с конкретным ТР стандарты раскрывают существенные требования регламента. Перечень стандартов, приводимых в ТР, формируют доказательную базу регламента.

9. Идентифицирующая функция, позволяющая соотнести название продукции с необходимым ее составом и набором показателей качества, являющихся признаками продукции. Стандарты предупреждают фальсификацию товаров, при которой, например, нектар представляется соком, маргарин – сливочным маслом, молочный напиток – цельным молоком и т.д.

### **3.4. Краткий исторический обзор развития стандартизации**

*Общие сведения.* Стандартизация – одна из древнейших наук, дающая реальные практические результаты при ее использовании в различных сферах деятельности человека. Приведем некоторые этапы использования методов стандартизации в прошлом [23, 32].

Еще в древнем Египте (III – II тысячелетия до н.э.) при строительстве пользовались кирпичами постоянного «стандартного» размера. Знаменитые храмы греческой архитектуры и их конструкции собраны из сравнительно небольшого количества одинаковых деталей. Древние римляне применяли принципы стандартизации при строительстве водопроводов, используя трубы «стандартного» размера.

В средние века Венецианская республика была крупным торговым и промышленным центром в Европе. При строительстве судов в Венеции широко использовалась сборка галер из унифицированных деталей, изготовленных заранее.

В 1785 г. французский инженер Леблан изготовил партию ружейных замков, каждый из которых обладал важными качествами – взаимозаменяемостью и совместимостью. Их можно было использовать в любом из ружей без предварительной подгонки. В Германии на оружейном заводе был определен стандарт на калибры ружей (13,9 мм).

Во второй половине XIX в. работы по стандартизации (рационализации) проводились почти на всех промышленных предприятиях, основная цель которых состояла в получении прибыли. Стандартизация вначале развивалась в рамках отдельных предприятий и фирм. Однако по мере развития общественного разделения труда, все большее значение начинали приобретать формы национальной и международной стандартизации.

В Англии (1811 г.), а затем в других странах была введена стандартная резьба Витворта (с дюймовыми размерами), впоследствии замененная в большинстве стран на метрическую резьбу. В 1846 г. в Германии были унифицированы ширина железнодорожной колеи и сцепные устройства для вагонов. Позже железнодорожное хозяйство Европы и России было охвачено целой системой стандартизации: ширина колеи, размеры и материалы шпал, виды крепления, размеры пролетов железнодорожных мостов, конструкции вагонов и паровозов и т.д.

В 1869 г. в Германии был впервые издан справочник, содержащий размеры стандартных профилей катаного железа. В 1870 г. в ряде стран Европы были установлены стандартные размеры кирпичей.

В это же время в странах Европы и России большое внимание уделяется «стандартизации единиц измерений». Единицы измерений в разных странах сильно отличались друг от друга и не были научно обоснованы. Поиски более обоснованных единиц измерений начались еще в 1790 г. во Франции, когда были предложены две единицы современной системы SI – метр (длина) и килограмм (масса). И только через 85 лет была принята Международная конвенция (в Париже), на которой эти единицы приняли в качестве основных.

На исходе XIX и в начале XX вв. были достигнуты большие успехи в развитии техники, промышленности и концентрации произ-

водства. В связи с этим в наиболее развитых странах появилось стремление к созданию организационных структур по стандартизации. В 1901 г. в Англии был создан Комитет стандартов, главной задачей которого было содействие усилению экономического могущества Британской империи путем разработки и внедрения стандартов на сырье, промышленные изделия, военную технику.

Однако самые эффективные работы по стандартизации были проведены в военной технике и организации армии (стандартизация вооружений и воинских уставов). Этому способствовала подготовка многих стран к первой мировой войне. Поэтому не удивительно, что во время Первой мировой войны и сразу после нее было основано несколько национальных организаций по стандартизации: Германии, Франции, Швейцарии, Голландии и США (1917 – 1918 г.).

После Первой мировой войны стандартизация начала восприниматься как объективная экономическая необходимость. Во многих странах в это время были созданы организации по стандартизации. В 1946 г. в Лондоне была основана Международная организация по стандартизации ISO (ИСО), в состав которой вошли 33 страны<sup>22</sup>. В настоящее время в ИСО входят более 160 стран своими национальными организациями по стандартизации. Россию представляет Росстандарт в качестве комитета — члена ИСО. *Основной целью ИСО является содействие развитию стандартизации и связанных с ней областей в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи, а также для расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.*

В качестве значительного достижения ИСО можно отметить разработку международной системы единиц измерений, принятие метрической системы резьбы, разработки системы стандартных размеров и конструкций контейнеров для перевозки грузов всеми видами транспорта, разработку стандартов по современной версии качества.

---

<sup>22</sup> Поскольку Международная организация по стандартизации была создана 14 октября 1946 г., и учитывая важность стандартизации для всей мировой экономики, предложено 14 октября отмечать как *Всемирный день стандартов*.

Одной из основных задач ИСО является совершенствование фонда стандартов и преимущественная разработка тех стандартов, которые в настоящее время востребованы. Например, в 2005 г. самое большое количество стандартов было разработано для нового направления в науке и технике – *нанотехнологии*, в то время как в прошлом столетии акцент при разработке стандартов был сделан на изделия машиностроительного профиля.

Помимо ISO работы по стандартизации широко ведутся и во многих других международных и региональных организациях по стандартизации. Старейшей организацией в этой области является Международная электротехническая комиссия (МЭК), которая специализируется на разработке стандартов в области электротехники, радиоэлектроники и связи. Стандартизация сетей и услуг электросвязи в мире находится в ведении Международного союза электросвязи (МСЭ).

***Стандартизация в России.*** В России первый Указ о «калибрах стандартных» был издан в 1555 г. во время царствования Ивана Грозного. В 1761 г., почти за 25 лет до изготовления Лебланом взаимозаменяемых замков ружей, в инструкции, данной графом Шуваловым Тульскому оружейному заводу, было записано, что «...на каждую оружейную вещь порознь мастерам иметь меры или лекала с заводским клеймом или печатью оружейной канцелярии, по которым каждый с пропорцией каждую вещь проверить мог...».

В собрании законов Российской империи времен Петра I был помещен ряд указов, свидетельствующих о том, что уже в XVII — XVIII вв. предписывалось многие изделия военной техники делать по точным образцам, являвшихся своего рода прототипами современных СО. При Петре I в период его реформ стандартизация получила широкое развитие, в том числе: в Москве начали строить типовые дома; было введено деление орудий на три типа — пушки, гаубицы, мортиры; был издан Указ об изготовлении ружей и пистолетов по единому калибру (один калибр для ружей и другой калибр для пистолетов) и др. Начиная с середины XIX в., с развитием всех отраслей хозяйственного комплекса России (в том числе водного и железнодорожного транспорта), постоянно возрастала роль стандартизации. Были введены единые стандартные требования на котлы топочные, трубы металлические и мелкие металлоизделия —

крепеж (болты, винты, гайки, заклепки и др.). В начале 19 века методы стандартизации были широко применены при организации массового производства стрелкового оружия на Тульских оружейных заводах.

Развитие судостроения, железнодорожного транспорта, машиностроения привело к появлению первых стандартов предприятий и фирм. В 1904 г. были установлены общепромышленные стандарты на вагоны и многие другие изделия, применяемые на железнодорожном транспорте (административные строения, железнодорожные станции, платформы, станции для заправки водой паровозов, склады, депо и др.).

**Стандартизация в СССР.** В 1918 г. Совет народных комиссаров (СНК РСФСР) издал декрет «О введении в России международной метрической системы мер и весов». В 1925 г. по распоряжению СНК был организован первый *Комитет по стандартизации при Совете труда и обороны*. 7 мая 1926 г. был издан первый отраслевой стандарт ОСТ 1 «Пшеница, селекционные сорта зерна, номенклатура».

В это время советские специалисты разработали ряд весьма важных для народного хозяйства стандартов. В 1926 г. было утверждено 24 стандарта на сортамент проката черных металлов, а также ОСТ 32 на метрическую и ОСТ 33 на дюймовую резьбы, стандарты на ряд общемашиностроительных деталей, стандарты на допуски и посадки. Все это позволило значительно повысить эффективность производства за счет взаимозаменяемости деталей в машиностроении.

23 ноября 1929 г. ЦИК и СНК приняли Постановление об уголовной ответственности за выпуск недоброкачественной продукции и за несоблюдение обязательных стандартов. Это постановление значительно повысило авторитет стандартов. В 1930 г. Комитет по стандартизации стал называться *Всесоюзным комитетом стандартизации (ВКС) при Совете Труда и Обороны*. К этому времени относится первый опыт государственного планирования работ в области стандартизации (1930-1931 гг.). В 1932 г. при наркоматах (министерствах) были созданы ведомственные комитеты по стандартизации. Наркоматы получили право утверждать стандарты отраслевого назначения. Таким образом, помимо отраслевых стан-

дартов ВКС получили распространение отраслевые стандарты наркоматов – ОСТ НК (например, стандарт Наркомата тяжелой промышленности именовался ОСТ НКТП).

В 1940 г. был организован *Всесоюзный комитет стандартов при Совете Народных Комиссаров СССР*. С этого времени общесоюзные стандарты стали называться государственными стандартами и обозначаться индексом ГОСТ с добавлением порядкового номера и года утверждения. В этом же году постановлением Правительства была *установлена обязательность применения стандартов во всех отраслях народного хозяйства*.

Перед Великой Отечественной войной (1940 — 1945 гг.) в СССР действовало свыше 6000 стандартов, причем более 35 % из них относились к машиностроительной и металлургической отраслям промышленности. Высокий уровень стандартизации в промышленности во многом был обусловлен подготовкой к войне. В период военных действий работы по стандартизации не прекращались и были направлены на нужды фронта и тыла.

В 1954 г. при Совете Министров СССР был создан *Комитет стандартов, мер и измерительных приборов*, который возглавил всю работу по стандартизации, метрологии и измерительной технике в стране. В 1965 г. впервые был разработан пятилетний план стандартизации промышленности страны «как средства ускорения технического прогресса, повышения качества продукции и создания основы для специализации производства». Были образованы пять крупных научно-исследовательских институтов по стандартизации и 15 метрологических институтов. Были разработаны крупные межотраслевые системы общегосударственного и межотраслевого уровня: Государственная система стандартизации (ГСС), Единая система технологической документации (ЕСТД), Единая система конструкторской документации (ЕСКД) и др. Комплекс стандартов ГСС был внедрен с 1 января 1970 г. Установлены следующие категории НД:

- государственные стандарты (ГОСТ);
- отраслевые стандарты (ОСТ);
- республиканские стандарты союзных республик (РСТ);
- стандарты предприятий, объединений (ОСТ).

Следует отметить, что организация в СССР Государственной

системы стандартизации явилась значительной вехой не только в нашей стране, но и в мировой практике, поскольку в рамках ГСС был разработан и утвержден огромный комплекс взаимосвязанных и гармонизированных стандартов. И в настоящее время этот комплекс стандартов по своему содержанию и масштабности определяет деятельность, охватывающую все народное хозяйство и все стадии ЖЦП.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 9 ноября 1970 г. *Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР* был преобразован в *Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР (Госстандарт СССР)*.

В это время в систему Госстандарта СССР включены: научно-исследовательские институты по стандартизации и метрологии; конструкторские бюро и опытно-экспериментальные базы; Всесоюзный научно-исследовательский центр стандартных и справочных данных; Всесоюзный научно-исследовательский центр стандартных образцов и др.[34]

Положением о Госстандарте СССР от 17 сентября 1973 г. была подтверждена *обязательность применения требований стандартов*, утвержденных Госстандартом. Выпуск продукции с отступлением от требований стандарта рассматривался как нарушение закона, а виновные в этом должностные лица должны были привлекаться к ответственности в соответствии с нормами гражданского, трудового и уголовного права. В СССР *стандарт рассматривался как закон производства*, и его несоблюдение считалось грубым нарушением государственной дисциплины. Как своего рода символ значимости стандарта на его первой странице вводится надпись: *«Несоблюдение стандарта преследуется по закону»*.

***Стандартизация в новой России.*** Еще до распада СССР в Постановлении Совета Министров СССР от 25 декабря 1990 г. № 1340 «О совершенствовании организации работы по стандартизации» были определены задачи в условиях наметившегося в то время перевода экономики страны на рыночные отношения и интеграции ее в мировое экономическое пространство. Основными положениями Постановления является (в отличие от ранее существовавших положений) установление в стандартах двух категорий



требований к качеству продукции: *обязательных и рекомендуемых*. При этом к обязательным требованиям относят требования по безопасности, экологии, взаимозаменяемости и совместимости. Кроме того, предлагалось прямое применение в качестве государственных стандартов международных и национальных стандартов зарубежных стран, если требования таких стандартов удовлетворяют потребностям народного хозяйства и др.

После распада СССР (1992 г.) и изменения общественного и политического строя в РФ политика в области стандартизации претерпела большие изменения. Для координации своих действий в области стандартизации, метрологии и сертификации в марте 1992 г. страны — участники Союза независимых государств (СНГ) подписали Соглашение о проведении согласованной политики и образовали Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации со штаб-квартирой в г. Минске. В этот период начала формироваться новая российская система стандартизации.

Важным событием для этого периода явилось принятие в 1993 г. блока Федеральных законов «О стандартизации», «О сертификации» и «Об обеспечении единства измерений» и становление новых основ стандартизации. В 2003 г. начался переход к использованию стандартов на *добровольной* основе. С 1993 г. вопросы стандартизации находятся в ведении Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование). С 2010 г. краткое наименование «Ростехрегулирование» заменено на «Росстандарт», восстановившее практически прежнее историческое название (Госстандарт), пользовавшееся ранее уважением и признанием во всем мире.

В 2003 г. вступил в силу Федеральный закон «О техническом регулировании», в состав которого вошли положения по стандартизации и сертификации. Принятие этого закона положило начало реорганизации системы стандартизации, которая необходима для устранения технических барьеров в международной торговле перед вступлением России в ВТО.

Однако анализ Федерального закона «О техническом регулировании» и уже существующий опыт его применения показали, что вопросы стандартизации в законе не соответствуют требованиям правоприменительной практики национальных, межгосударствен-

ных и международных стандартов в России и значительно уступают на современном этапе правового регулирования стандартизации, имеющей место в ряде развитых стран (США, Франция, Великобритания, ФРГ, Австрия, Бельгия, и др.). В связи с этим по поручению Правительства РФ (2006 г.) Национальным институтом по техническому регулированию разработана «Концепция развития национальной системы стандартизации РФ», на основе которой должен быть разработан Федеральный закон «О стандартизации», учитывающий все недостатки положений по стандартизации, имеющие место в законе «О техническом регулировании», и учитывающий опыт применения стандартов в России и за рубежом.

### 3.5. Методы стандартизации

*Метод стандартизации* – это прием или совокупность приемов, с помощью которых достигаются цели стандартизации. При работах по стандартизации широко применяются следующие методы:

- упорядочение объектов стандартизации;
- параметрическая стандартизация;
- унификация продукции;
- агрегатирование;
- комплексная стандартизация;
- модульная стандартизация;
- опережающая стандартизация.

Рассмотрим кратко каждый из используемых в стандартизации методов.

#### 3.5.1. Упорядочение объектов стандартизации

Упорядочивание объектов стандартизации – универсальный метод в области стандартизации, связанный с многообразием объектов и заключающийся в их упорядоченности. Этот метод состоит из отдельных, хорошо отличимых друг от друга методов: *систематизация, селекция, симплификация, типизация и оптимизация.*

*Систематизация* объектов стандартизации заключается в научно обоснованном классифицировании и ранжировании совокуп-

ности конкретных объектов.

Вся продукция распределяется на классы, подклассы, группы, подгруппы и виды. Виды получают свое дальнейшее развитие (конкретизацию) в полной (ассортиментной) номенклатуре при добавлении идентификационной части полного кодового обозначения. Более подробно о классификации продукции приведено в разд. 3.11.1. «Классификаторы и коды».

Коды широко используются в масштабах всего народного хозяйства, поскольку сведения, которые несут в себе коды, необходимы многим министерствам, ведомствам, органам контроля и надзора и другим организациям. Например, коды, которыми обозначаются радиоактивные отходы, сбросы и выбросы промышленных предприятий, наряду с конкретными объемами и активностями отходов, позволяют предприятиям и надзорным органам определять степень их опасности для человека и окружающей среды и принимать в случае необходимости защитные меры.

**Селекция и симплификация** являются процессами по отбору (отсеиванию) объектов, значительно упрощающие проведение классификации продукции. *Селекция* – деятельность, заключающаяся в отборе конкретных объектов, которые признаются целесообразными для дальнейшего производства и применения в общественной деятельности, а *симплификация* – нецелесообразными. Понятно, что процессы по селекции и симплификации должны производиться параллельно и, как правило, этим процессам сопутствуют или предшествуют ранжирование и классификация.

**Типизация** – деятельность по созданию типовых объектов продукции по конструкции, технологическим процессам, сопроводительной документации, т.е. неких образцовых типов продукции, которые, обладая высоким качеством, могут претендовать для использования во многих задачах. В настоящее время высоким уровнем типизации характеризуются изделия компьютерной техники; типы и размеры экранов, электронные блоки в целом, их составляющие, пульта управления и др.

**Оптимизация** — нахождение оптимальных основных параметров, а также значений ряда других показателей качества и экономичности объектов. Для проведения оптимизации часто используют специальные экономико-математические методы исследования

характеристик продукции. Предметом оптимизации в зависимости от требований потребителей могут быть: потребляемая энергия, габариты, вес, стоимость продукции, устойчивость к воздействию внешних факторов и др.

### ***3.5.2. Параметрическая стандартизация***

Параметрическая стандартизация используется давно для создания классификационных научно-обоснованных рядов. *Параметр продукции* – это количественная характеристика ее свойств; набор параметров, которые могут быть оптимизированы чрезвычайно разнообразно. Можно выделить ряд из них: размеры, вес, производительность (быстродействие) машин, механизмов, приборов, потребление энергии и т.д.

***Параметрическая стандартизация*** заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численного значения параметров.

Естественно-потребительскую параметрическую стандартизацию можно проследить на примере одежды человека, когда размеры одежды имеют определенные значения, не соответствующие в точности размерам конкретного человека. Однако для получения научно обоснованных рядов размеров одежды и обуви производятся антропометрические измерения большого числа мужчин, женщин и детей различного возраста, проживающих в разных районах страны (мира). В результате обработки данных методами математической статистики и моделирования удается получить набор размеров «средних» людей и присвоить им классы, соответствующие определенным размерам.

Если с людьми, размеры которых можно измерить и затем, исследовав массив полученных данных, создать ряд (ряды) предпочтительных размеров одежды и обуви, то как быть с размерами других параметров изделий, машин, конструкций и др.? По каким законам создавать размерные ряды? Ясно, что *изготавливать изделия «на каждый случай» явно не выгодно*. Человечество давно задумывалось над этой проблемой.

Примеры использования рядов размеров при строительстве и производстве промышленной продукции известны давно. Еще для римских водопроводов (I в. до н.э.) использовались колеса, градация диаметров которых была подчинена законам *геометрической прогрессии*. В 1717 г. Петр I издал указ «О литии пушек и калибре оных», в котором устанавливались следующие калибры ядер: 4-6-8-12-18-24-30. Этот ряд построен по *ступенчато-арифметической прогрессии* с разностями 2, 4, 6. В 1877 — 1879 гг. французский инженер Шарль Ренар при установлении размеров канатов, используемых для воздушных шаров, применил геометрическую прогрессию со знаменателем равным корню пятой степени из десяти. На основе этого ряда, условно обозначенного  $R_5$ , были в дальнейшем построены ряды  $R_{10}$ ,  $R_{20}$  и  $R_{40}$ , которые впоследствии назовут рядами Ренара. В 1805 г. геометрическая прогрессия была применена во Франции при установлении размеров букв типографских шрифтов.

В отечественном станкостроении стали применять ряды предпочтительных чисел на основании разработок академика А. Гольдина еще в середине XIX в. В его трудах дается научное обоснование того положения, что наиболее рациональным с технической и экономической стороны является ряд чисел оборотов в станках, построенный по геометрической прогрессии. Дальнейшая разработка теории применения геометрической прогрессии дана в работах немецких инженеров О. Кинцле, Г. Шлизенгера и советского ученого Н. Ачеркана. Впоследствии принципы закономерности рядов из области кинематики были перенесены в практику построения рядов конструктивных параметров, определяющих геометрические размеры и технические показатели машиностроительных изделий.

В настоящее время параметрические ряды машин, механизмов, приборов, тары и др. рекомендуется строить в соответствии с системой предпочтительных чисел. *Предпочтительными называют числа, которые рекомендуются для предпочтительного применения при расчетах, стандартизации и унификации.*

Кроме геометрической прогрессии для построения предпочтительных рядов по геометрической прогрессии, в стандартизации нашли применение ряды чисел, построенные по арифметической прогрессии. Однако, ряды, построенные по арифметической прогрессии, имеют существенный недостаток, связанный с тем, что в таком ряду имеется необоснованная разреженность значений в зоне малых величин и сгущенность их в зоне больших величин и, соответственно, увеличение количества больших типоразмеров по сравнению с количеством малых типоразмеров. Эти ряды в стандартизации применяются сравнительно редко. Чаще используют ступенчато-арифметические ряды, в которых разность  $d$  не является постоянной для всего ряда. Для малых типоразмеров  $d$  выбирается меньшей, чем

для больших размеров изделий. На основе ступенчато-арифметического ряда разработан, например, ГОСТ 8724-81 «Резьба метрическая для диаметров 1 — 600 мм. Диаметры и шаги».

Наибольшее применение в стандартизации нашли ряды предпочтительных чисел, построенных на основе *геометрической прогрессии*. Преимущество использования геометрической прогрессии можно показать на следующем примере. Допустим, что в интервале величин от 3,15 до 50 мм необходимо установить ряд диаметров круглого проката, состоящий из семи членов, при равномерно увеличивающемся значении диаметра. Ряд, построенный по арифметической прогрессии, будет иметь вид: 3,15; 10,96; 18,77; 26,58; 34,39; 42,20; 50 мм ( $d=7,81$ ). Ряд, построенный по геометрической прогрессии, будет иметь вид: 3,15; 5; 8; 12,8; 20; 32; 50 ( $q=1,6$ ). Из сравнения этих рядов видно, что второй ряд более равномерен и, значит, в большей степени отвечает требованиям производства.

Многолетним международным опытом установлено, что для удовлетворения нужд промышленного производства достаточно положить в основу построения рядов предпочтительных чисел геометрические прогрессии со знаменателями рядов  $R5$  ( $\sqrt[5]{10}=1,6$ ),  $R10$  ( $\sqrt[10]{10}=1,25$ ),  $R20$  ( $\sqrt[20]{10}=1,12$ ) т.д. На практике используются также ряды округленных предпочтительных чисел, принятых ISO.

Основным стандартом в этой области является *ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел»*. На базе этого стандарта утвержден *ГОСТ 6636 «Нормальные линейные размеры»*, устанавливающий ряды чисел для выбора линейных размеров.

Исследования показывают, что использование предпочтительных чисел, например, в машиностроении имеет глубинные основы. Практика стандартизации в машиностроении показала, что целесообразно руководствоваться следующим правилом: ряду параметров машин по  $R5$  должен соответствовать ряд размеров деталей по  $R10$ , ряду параметров машин по  $R10$  – ряд размеров деталей по  $R20$  и т.д.

В науке и технике находят применение и другие ряды характеристик. Основаниями таких рядов являются отношение квадрата к его стороне  $\sqrt{2}=1,414$ , величина *золотого сечения* –  $0,5(\sqrt{5}-1)=0,618$ , значения атомных весов, число  $\pi = 3,14$  и др. Например, ряды амплитуд и импульсных напряжений, применяемых в приборостроении, устанавливаются в соответствии с ГОСТ 26.013-81 «*Средства измерения и автоматизации. Сигналы электрические с дискретным изменением параметров входные и выходные*».

В электронике давно применяются предпочтительные числа, построенные по рядам  $E$  (ГОСТ 2825-67), принятые Международной электротехнической комиссией (МЭК). Ряды  $E$  состоят из округленных величин чисел со знаменателем ряда  $E3$ :  $\sqrt[3]{10} \approx 2,2$ ; для ряда  $E6$ :  $\sqrt[6]{10} \approx 1,5$ ; для ряда  $E12$ :  $\sqrt[12]{10} \approx 1,2$ . Например, ряды номинальных резисторов и ряды номинальных емкостей постоянных конденсаторов выбираются по ряду  $E6$ : для электрических конденсаторов ряд емкостей должен иметь значения: 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8 (пФ или мкФ).

### 3.5.3. Унификация продукции

**Унификация** – деятельность по рациональному сокращению числа типов деталей, агрегатов одинакового функционального назначения. Унификация базируется на классификации, селекции и симплификации, типизации и оптимизации элементов готовой продукции.

Основными направлениями унификации являются:

использование во вновь создаваемых группах изделий одинакового или близкого функционального назначения *ранее спроектированных, освоенных* в производстве одинаковых (повторяющихся в пределах группы изделий) составных элементов (агрегатов, узлов, деталей);

разработка унифицированных составных элементов для применения во вновь создаваемых или модернизируемых изделиях;

разработка конструктивно-унифицированных рядов изделий;

ограничение целесообразным минимумом номенклатуры разрешаемых к применению изделий и материалов.

*Унификация – наиболее распространенный и эффективный метод стандартизации.* Результаты унификации не обязательно оформляются в виде стандартов. Это могут быть альбомы типовых (унифицированных) конструкций деталей, узлов, сборочных единиц, типов, параметров, конструкций и др. В зависимости от области проведения унификации изделий она может быть межотраслевой, отраслевой и заводской.

К *межотраслевой* унификации относят унификацию изделий (и их элементов) одинакового или близкого назначения, изготавливаемых двумя или более отраслями промышленности. К *отраслевой и заводской* относят унификацию изделий, изготавливаемых одной отраслью промышленности или одним предприятием.

Базой унификации является параметрическая стандартизация с ее системой предпочтительных чисел. Для обеспечения единого организационно-методического подхода к проведению работ по унификации в масштабе предприятия и отрасли в ГОСТ 23945.0-80 «*Унификация изделий. Основные положения*» установлены основные этапы проведения работ по унификации.

Под «уровнем унификации изделий» понимается насыщенность их унифицированными составными элементами: деталями, узлами, агрегатами, модулями. Уровень унификации определяется рядом показателей, таких как: коэффициент применяемости, коэффициент повторяемости, коэффициент межпроектной (межвидовой) унификации, коэффициент унификации группы изделий. Коэффициент применяемости вычисляют по формуле:  $K_n = (n - n_0)/n$ , где  $n$  – общее число деталей в изделии, шт.;  $n_0$  – число оригинальных деталей (разработанных впервые), шт.

Примером унификации может служить ряд унифицированных блоков детектирования, используемых для регистрации альфа-, бета- и гамма-излучения различного диапазона энергий. Они составляют основу комплекса агрегатных технических средств радиационного контроля «Орешник» – КАТСПК, широко используемого на объектах атомной отрасли. Эта система содержит более 10 унифицированных блоков детектирования, модули для обработки информации и централизованный пульт управления. В этих блоках сменной частью является, как правило, блок детектирования ионизирующего излучения и первичный преобразователь (усилитель) сигнала, поступающего с детектора ионизирующего излучения. Осальные электронные и конструктивные элементы одинаковы.

Аналогичная система унифицированных блоков детектирования разработана для регистрации бета- и гамма-излучения в диапазоне температур окружающей среды от минус 60 до плюс 60 °С, предназначенных для работы в составе радиоизотопной аппаратуры специального назначения [72].

#### ***3.5.4. Агрегатирование и модульная стандартизация***

***Агрегатирование*** – метод создания машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости. Агрегатирование позволяет не создавать каждую новую машину (прибор, электронную систему) как оригинальную, единственную в своем роде, а в большинстве случаев перекомпоновывать имеющиеся машины (приборы, системы), *используя уже спроектированные и освоенные производством узлы и агрегаты*. Это способствует зна-



чительному увеличению мощности предприятий без излишних затрат, без увеличения производственных площадей.

Метод агрегатирования предполагает: подробнейшее изучение конфигурации и конструкции каждого из изделий, расчленение выбранных для агрегатирования установок, механизмов и приборов на отдельные узлы и детали и выявление узлов и деталей, выполняющих одинаковые функции.

Дальнейшим развитием метода агрегатирования является переход к **модульному** принципу создания машин, механизмов и приборов. Модульный принцип конструирования нашел широкое применение в различных областях промышленности, но особенно он распространен в приборостроении. Этот принцип давно используется в военной технике, когда при отказе в системе какого-либо прибора ремонт осуществляется с помощью замены вышедшего из строя прибора или агрегата целиком.

В отечественном приборостроении модульный принцип создания приборов используется уже с конца 60-х гг. в рамках Государственной системы приборостроения (ГСП). Модули в этой системе унифицированы по размерам несущих (корпусных) элементов, параметрам сигналов, интерфейсам и др.

В качестве примера можно привести систему модульного проектирования электронной аппаратуры ГОСТ 26.201-80 «*ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов*». Этот стандарт разработан под руководством Европейского комитета по стандартизации в ядерной электронике, содержит требования к функционально и конструктивно законченным модулям, пригодным для многократного использования в различной аппаратуре, а также к несущим конструкциям, электрическим сигналам, электропитанию, к системе обмена информацией и др.<sup>23</sup>

По модульному принципу построены все современные компьютерные сети и их компоненты: модули, станции, электронные блоки обработки информации, дисплеи (мониторы), пульты управления, мышки и др.

---

<sup>23</sup> Этот стандарт служит основой создания мощных наращиваемых информационно-измерительных систем ядерной техники, предназначенных для управления экспериментальным оборудованием и обработки данных (система КАМАК).

### ***3.5.5. Комплексная стандартизация***

***Комплексная стандартизация*** – увязывание требований как к самому объекту комплексной стандартизации, так и к его основным элементам в целях оптимального решения конкретной проблемы. Применительно к продукции – это установление и применение взаимоувязанных требований к параметрам, и прежде всего к качеству, готовых комплектующих изделий, материалов, узлов, а также условий их эксплуатации.

Практической реализацией этого метода являются Программы комплексной стандартизации, которые, как правило, разрабатываются на группы однородной продукции. Решающим критерием выбора объекта комплексной стандартизации должен быть экономический критерий.

В СССР во второй половине прошлого столетия были разработаны десять программ комплексной стандартизации, охватывающие весь комплекс новейшего металлорежущего, деревообрабатывающего, литейного и кузнечно-прессового оборудования. Наглядным примером комплексной стандартизации является также осуществление в 60-е гг. прошлого столетия Программы комплексной стандартизации трансформаторов электрического напряжения. Для этого потребовалось создать ряд новых материалов: электротехническую тонковолокнистую сталь, электроизоляционный картон, сульфатную облагороженную целлюлозу, кабельную бумагу, фарфоровые изоляторы, изоляционные материалы и методы оценки их электрических свойств, а также методы испытаний. Для обеспечения точной геометрии листов стали были разработаны и уточнены стандарты на нормы точности прокатных станков. На все вновь создаваемые материалы и изделия, а также на ряд трансформаторов были разработаны стандарты. Таким образом, для реализации этой программы потребовалось участие многих отраслей промышленности.

Другим примером комплексной стандартизации в среде самих стандартов является создание межотраслевых систем стандартизации: ЕСКД, ЕСТПП, ЕСТД, ЕСКП, ГСИ и т.д., всего более ста систем, объединяющих многие стандарты и используемых в различных отраслях народного хозяйства (разд. 4.5).

### ***3.5.6. опережающая стандартизация***

***Опережающая стандартизация*** – установление повышенных норм и требований к объектам стандартизации по сравнению с уже достигнутым на практике уровнем с учетом того, что эти требования в последующее время будут также оптимальны.

Для того чтобы стандарты не тормозили развитие технического прогресса, они должны устанавливать перспективные требования, позволяющие повышать качество выпускаемой продукции. Опережающие стандарты нашли широкое применение за рубежом. В СССР появление и применение опережающих стандартов сдерживалось обязательностью исполнения требований действующих на данный момент времени стандартов.

За рубежом широкое распространение получила разновидность опережающих стандартов: «ступенчатые стандарты». Примером «многоступенчатого» стандарта являются разработанные в США в конце 1960-х гг. стандарты на предельно допустимое содержание основных токсичных компонентов отработанных газов, обязательные для вновь выпускаемых автомобилей. Эти стандарты предусматривали ежегодное (начиная с 1970 г.) снижение в продуктах сгорания токсичных компонентов. В результате в 1975 г. они были сведены к реально достижимому минимуму. В рамках Европейской экономической комиссии ООН разработаны стандарты Евро-1, Евро-2, Евро-3, Евро-4, внедрение которых означает поэтапное повышение требований к вредным выбросам автомобилей.

Приведем еще два примера, которые показывают положительную роль опережающей стандартизации в развитии техники. Американские стандарты на цветное телевидение, утвержденные в 1953 г., способствовали созданию в США в 1957 — 1960 гг. массового производства телевизоров цветного изображения. Утверждение международного стандарта на аудиокомпактный диск в конце 1980-х гг. (до начала производства дисков) позволило обеспечить полную совместимость компакт-диска с другими техническими средствами и тем самым избежать непроизводительных затрат.

## Глава 4. СТАНДАРТЫ И СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

### 4.1. Системы стандартизации в РФ

#### 4.1.1. Этапы формирования систем стандартизации

**Система стандартизации РФ** – это совокупность организационно-технических, правовых и экономических мер, осуществляемых под управлением национального органа по стандартизации и направленных на разработку и применение НД в области стандартизации с целью защиты потребителей и государства.

*Примечание.* Современная система стандартизации в РФ имеет глубокие корни. До распада СССР существовала уникальная Государственная система стандартизации (ГСС). После распада правопреемницей всей ГСС стала Российская Федерация.

С принятием Федерального закона «О техническом регулировании» по существу началось глобальное реформирование российской системы стандартизации, в которой можно выделить три этапа.

*Первый – начальный этап* (1993 — 2002 гг.), от момента принятия Федерального закона «О стандартизации» до принятия Федерального закона «О техническом регулировании», с введением которого положения Федерального закона (1993 г.) «О стандартизации» утратили силу.

*Второй – этап переходного периода* (2003 — 2010 гг.), когда положения Федерального закона «О техническом регулировании» должны полностью вступить в силу. В этот период должно произойти преобразование ГСС в национальную систему стандартизации.

*Третий этап – окончательное формирование в стране Национальной системы стандартизации*, во главе которой должна стоять независимая от государства организация, и формирование в стране системы добровольного применения стандартов. Однако, как показала жизнь, реальное и полное осуществление второго и третьего этапов затянулось.

Федеральным законом «О техническом регулировании» (ст. 13) и ГОСТ Р 1.0-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» установлен перечень НД в области стандартизации, который должен использоваться на территории РФ [1, 12]:

национальные стандарты;

правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;

применяемые в установленном порядке классификации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;

стандарты организаций;

своды правил;

международные стандарты, региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов;

надлежащим образом заверенные переводы на русский язык международных стандартов, региональных стандартов, региональных сводов правил, стандарты иностранных государств и сводов правил иностранных государств, принятые на учет национальным органом РФ по стандартизации.

Этот перечень провозглашает установление единой системы документации по стандартизации в стране. Как видно, в этот перечень не входят *отраслевые стандарты* (ОСТ). Это обусловлено двумя причинами: ликвидацией отраслевых министерств и отсутствием стандартов подобного типа в других странах. По-видимому, ОСТ в дальнейшем будут преобразованы в национальные стандарты, стандарты организаций либо своды правил. Поскольку общее количество ОСТ довольно велико (более 46 тыс.), то предстоит довольно трудная и длительная работа по ликвидации ОСТ, в которых сконцентрирован опыт нескольких поколений ученых и практиков по совершенствованию производственных процессов различных отраслей промышленности.

Следует отметить еще один пласт НД, который не вошел в вышеприведенный перечень. Это многочисленные нормы и правила федеральных органов исполнительной власти: СанПиНы (Санитарные нормы и правила), СНИПы (Строительные нормы и правила), МУ (Методические указания), РБ (Руководства по безопасности) и пр., которые в настоящее время отнесены к категории «свода правил».

Для формирования национальной системы стандартизации в стране выпущен ряд основополагающих стандартов [15-20]. Чтобы представить место стандартов в современном законодательстве РФ, приведем цепочку (иерархическую пирамиду) НД, действующих в настоящее время в РФ:

- Конституция;
- международные договоры и федеральные законы;
- указы президента и постановления правительства;
- технические регламенты;
- федеральные нормы и правила;
- административные регламенты;
- руководящие документы;
- руководства по обеспечению безопасности;
- национальные стандарты, стандарты ведомств и предприятий (ОСТ, СТП, СанПиН, СНИП, МУ, РБ и др.) [49].

#### ***4.1.2. Органы и службы стандартизации***

Организацию работ по стандартизации осуществляет национальный орган по стандартизации РФ, которым в настоящее время является *Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)*. Полномочия Росстандарта определены «Положением о *Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии*», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 17 июня 2004 №294<sup>24</sup>. Росстандарт является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере *технического регулирования и обеспечения единства измерений* и находится в ведении Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (п.п.1 и 2 Положения).

В частности, Росстандарт осуществляет (пп. 5.4):

- руководство деятельностью Государственных служб: ГСВЧ, ГСССД и ГССО;
- создание ТК по стандартизации и координацию их деятельности;
- принятие программы разработки национальных стандартов;
- утверждение национальных стандартов;

---

<sup>24</sup> С полным текстом Постановления и Положения о Росстандарте можно ознакомиться на официальном сайте Росстандарта [standart.gost.ru](http://standart.gost.ru).

учет национальных стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций в этой области и обеспечение их доступности заинтересованным лицам; регистрацию утвержденных сводов правил; введение в действие общероссийских классификаторов;

проведение в установленном порядке работ по аккредитации в области ОЕИ;

организационно-методическое руководство работами по созданию федеральной системы каталогизации для федеральных государственных нужд;

*функции национального органа по стандартизации;*

определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений;

отнесение в установленном порядке технического устройства к СИ и установление интервалов между поверками СИ;

межрегиональную и межотраслевую координацию деятельности в области обеспечения единства измерений и координацию деятельности по развитию системы кодирования технико-экономической и социальной информации и др.

**Примечание.** В промышленно развитых странах – членах ЕС и, прежде всего, в Великобритании, Германии и Франции, национальные органы по стандартизации являются независимыми от государства некоммерческими организациями. Это: Британский институт стандартов (BSI), Немецкий институт стандартов (DIN), Французская ассоциация по стандартизации (AFNOR), Японский комитет промышленных стандартов (JISC), Американский институт национальных стандартов (ANSI) и др. В состав этих организаций входят представители фирм, разработчики и потребители стандартов, а также представители государства. Несмотря на независимость этих организаций, государство участвует и влияет на политику и деятельность национальных органов по стандартизации через соответствующие договоры и меморандумы<sup>25</sup>. Такой союз обусловлен необходимостью использования основной функции государства – функции принуждения к политике, проводимой государством в области стандартизации (добровольность использования стандартов, отсутствие сговоров при формировании стандартов на продукцию, безопасность продукции и др.).

Характерно, что бюджет национальных зарубежных органов по стандартизации образуется в основном из *собственных доходов* (реализация стандартов, платного обучения, консультаций, членских взносов) и субсидий государства. В неко-

---

<sup>25</sup> Меморандум (лат. memorandum, буквально – «то, о чем следует помнить») – документ, излагающий фактическую или юридическую сторону вопроса.

торых странах национальные органы по стандартизации находятся на полном финансировании государства.

Функции национального органа по стандартизации Росстандарт осуществляет через межрегиональные территориальные управления (МТУ) и российские службы стандартизации. В структуру Росстандарта входят семь МТУ: Центральное (г. Москва), Северо-Западное (г. Санкт-Петербург), Южное (г. Ростов-на-Дону), Приволжское (г. Нижний Новгород), Уральское (г. Екатеринбург), Сибирское (г. Новосибирск), Дальневосточное (г. Хабаровск).

**Службы стандартизации** – это организации и подразделения, специально созданные для проведения работ по стандартизации на государственном, отраслевом уровне и на предприятиях.

Подобные службы были организованы еще в СССР, и функциональное назначение их практически не изменилось. В настоящее время российские службы стандартизации – это научно-исследовательские институты (НИИ) Росстандарта (более 20 институтов), технические комитеты (ТК) и службы стандартизации предприятий.

Ведущими российскими НИИ в области стандартизации являются:

ВНИИ стандартизации (ВНИИСтандарт) – головной институт в области национальной системы стандартизации;

ВНИИ сертификации продукции (ВНИИС) – головной институт в области сертификации продукции (услуг) и систем управления качеством продукции (услуг);

ВНИИ по нормализации в машиностроении (ВНИИНМАШ) – головной институт в области разработки научных основ унификации и агрегатирования в машиностроении и приборостроении;

ВНИИ комплексной информации по стандартизации и качеству (ВНИИКИ) – головной институт в области разработки и дальнейшего развития Единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, стандартизации научно-технической терминологии. В этом институте собираются и хранятся все отечественные и зарубежные стандарты, технические условия и другие НД. ВНИКИ по заявкам потребителей обеспечивает их копиями документов.



**Технические комитеты по стандартизации** – специальные службы стандартизации, создаваемые на базе организаций, имеющих в данной области наиболее высокий научно-технический потенциал, и *основная задача которых состоит в разработке стандартов по профилю ТК*. В настоящее время в стране зарегистрировано свыше 360 ТК.

Поскольку стандарт – это продукт коллегиального обсуждения и результат соглашения между всеми заинтересованными специалистами, то в состав ТК на паритетных началах и добровольной основе могут включаться представители федеральных органов исполнительной власти, научных организаций, общественных объединений потребителей и предпринимателей, коммерческих и некоммерческих организаций. Заседания ТК являются открытыми.

**Отраслевые службы стандартизации** – службы, предназначенные для организации и координации работ по стандартизации в данной отрасли народного хозяйства. Поскольку каждая отрасль имеет свою специфику (производственную, технологическую), связанную с характером выпускаемой продукции, то в рамках отрасли для координации работ имеются *головные организации*, характеризующиеся высоким научно-техническим потенциалом. Кроме того, в органах государственного управления (министерствах) имеются службы, координирующие общую политику стандартизации в отрасли в соответствии с общей политикой и тенденцией развития стандартизации в стране.

**Службы стандартизации на предприятиях** создаются руководством предприятий (при необходимости) для непосредственного проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и других работ по стандартизации в рамках данного предприятия и для помощи другим родственным предприятиям. В задачу этих служб входит также разработка стандартов предприятий (СТП), внедрение новых стандартов и др.

## 4.2. Национальные стандарты

**Национальный стандарт Российской Федерации** – стандарт, принятый органом РФ по стандартизации и доступный широкому кругу пользователей.

В соответствии с Постановлением Госстандарта РФ от 30.01.2004 г. № 4 национальными стандартами признаются государственные и межгосударственные стандарты, принятые Госстандартом России до 1 июля 2003 года.

*В зависимости от объекта стандартизации, а также содержания устанавливаемых требований, разрабатываются стандарты следующих видов* [13]: на продукцию; процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции, т.е. на все этапы ЖЦП; услуги; стандарты основополагающие; на термины и определения; на методы контроля (испытания, измерений, анализа).

**Основополагающие стандарты** – устанавливают общие организационно-методические положения для определенной области деятельности, а также общетехнические требования (нормы и правила), обеспечивающие взаимопонимание, совместимость и взаимозаменяемость. Они также призваны обеспечивать техническое единство и взаимосвязь различных областей науки, техники и производства в процессах создания и использования продукции, охрану окружающей среды, безопасность здоровья людей и имущества и другие общетехнические требования, обеспечивающие интересы национальной экономики и безопасности. Эти стандарты могут быть разделены на два подвида – организационно-методические и общетехнические.

Основополагающие *организационно-методические стандарты* устанавливают общие организационно-технические положения по проведению работ в определенной области (например, ГОСТ Р 1.2-2004 «*Стандартизация в Российской Федерации. Правила разработки, утверждение, обновления и отмены*»).

Основополагающие *общетехнические стандарты* устанавливают: научно-технические термины, многократно используемые в науке, технике и производстве; условные обозначения различных объектов стандартизации – коды, метки, символы (например, ГОСТ 14192-96 «*Маркировка грузов*»); требования по обеспечению единства измерений и пр.

**Стандарты на продукцию** устанавливают требования, которым должны удовлетворять продукция или группа однородной

продукции<sup>26</sup>, с тем, чтобы обеспечить ее соответствие своему назначению, в том числе требования на методы контроля по безопасности и на основные потребительские свойства, а также требования к условиям и правилам эксплуатации, транспортирования, хранения, применения и утилизации.

**Стандарты на процессы и работы** устанавливают основные требования к организации производства и оборота продукции на рынке, к методам (способам, приемам, режимам обращения, нормам) выполнения различного рода работ, а также методы контроля этих требований на всех этапах ЖЦП.

**Стандарты на услуги** устанавливают требования и методы контроля для групп однородных услуг (туристические, ресторанные, транспортные) или для конкретной услуги (транспортные перевозки, доставка товара на дом) в части состава, содержания и формы деятельности по оказанию помощи, принесения пользы потребителю услуги, а также требования к факторам, оказывающим существенное влияние на качество услуг.

**Стандарты на термины и определения** устанавливают наименование и содержание понятий, используемых в стандартизации и смежных видах деятельности. Они выполняют одну из главных задач стандартизации – обеспечение взаимопонимания между всеми сторонами, участвующими в объектах стандартизации.

**Стандарты на методы контроля, испытаний, измерений и анализа** устанавливают требования к используемому оборудованию, условиям и процедурам осуществления всех операций, обработке и представлению полученных результатов, квалификации персонала. Условия правильного проведения измерений и контроля предусмотрены комплексом стандартов, выполненных на основе международных стандартов ИСО.

Отметим ряд основных положений в процедуре создания стандартов [1, 14]:

разработчиком национального стандарта может быть *любое лицо*;

---

<sup>26</sup> *Однородная продукция* – совокупность продукции, характеризующейся общностью назначения, области применения, конструктивно-технологического решения, номенклатуры основных показателей качества (например, легковые автомобили, ядерное топливо, холодильники, лыжи и др.).

разработчик обязан обеспечить *доступность проекта* национального стандарта для ознакомления всем заинтересованным лицам;

разработчик обязан провести *публичное обсуждение* замечаний по проекту, полученных от заинтересованных сторон (например, обсуждение в печати);

ТК, осуществляющий и координирующий разработку стандарта, обязан организовать *экспертизу* откорректированного проекта стандарта;

национальный комитет по стандартизации по представлению ТК утверждает и публикует в официальном издании федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и в информационной системе общего пользования *перечень национальных стандартов*, которые на *добровольной основе* могут применяться для соблюдения требований ТР.

Для целей применения доказательной базы, приведенных в ТР, в официальном издании публикуется также *свод правил*. Способ ссылки в ТР на свод правил называется в практике стандартизации *косвенной ссылкой*.

Применение национального стандарта подтверждается знаком соответствия в порядке, определенном ГОСТ Р 1.9-2004 [18]. Знаком соответствия может маркироваться продукция, на которую имеются национальные стандарты общих технических условий или национальные стандарты общих технических требований.

***Правила обозначения национальных стандартов.*** Обозначение национальных стандартов состоит из индекса «ГОСТ Р», где буква «Р» означает принадлежность стандарта к Российской Федерации, регистрационного номера и отделенных от него четырех цифр года утверждения стандарта (для стандартов до 2000 г. – двух последних цифр года). Например, ГОСТ Р 51672-2000. Если национальный стандарт входит в *систему* каких-либо стандартов (общетехнических или организационно-методических), то его обозначение дополняется одно- или двухзначной цифрой, обозначающей код (шифр) системы стандартов и отделенной от регистрационного номера точкой. Например, национальный стандарт, входящий в Государственную систему обеспечения единства измерений (ГСИ), имеющий код 8, будет иметь обозначение ГОСТ Р 8.315-97 *«ГСИ*.

*Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения*. Стандарт ГОСТ Р 1.0-2008 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» входит в систему стандартизации в РФ, имеющей код 1.

В заключение этого раздела ответим на вопрос: «*Что же образует национальную систему стандартизации в РФ, которая стала правопреемницей ГСС, действовавшей ранее в СССР?*». Национальную систему стандартизации образуют [2]:

- участники работ по стандартизации;
- национальные стандарты;
- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- правила разработки и применения стандартов и классификаторов;
- правила стандартизации;
- нормы и рекомендации в области стандартизации;
- своды правил.

Таким образом, в национальную систему стандартизации входят не только документы (стандарты, правила и др.), но и квалифицированные специалисты – участники работ по стандартизации.

### **4.3. Стандарты организаций**

Стандарты организаций (СТО) разрабатываются на продукцию, процессы и оказываемые услуги в данной организации, а также на продукцию, создаваемую и поставляемую организацией на внутренний и внешний рынки, на работы, выполняемые данной организацией на стороне, и оказываемые ею услуги в соответствии с заключаемыми договорами (контрактами) [15, 21, 33]. В этом случае организация выступает в роли самостоятельного органа, формирующего свою политику стандартизации по отношению к своей продукции и деятельности по стандартизации как внутри самой организации, так и при контакте с другими организациями.

*Несомненно, положения СТО не должны вступать в противоречия с положениями национальных стандартов и обеспечивать соблюдение требований ТР. СТО не должны противоречить меж-*

*дународным стандартам ИСО, МЭК и других организаций, к которым присоединилась РФ.*

В отличие от ранее существовавших стандартов предприятий (СТП), стандарты организаций распространяются и на продукцию, поставляемую предприятием. Для нашей страны это является существенным нововведением в систему стандартизации, поскольку за рубежом давно существуют «фирменные стандарты» (как и бренды), которые, как правило, свидетельствуют о высоком качестве фирменной продукции.

Полагается, что СТО должны являться некими «локомотивами», способными вытянуть качество любой необходимой для потребителя продукции. Лидеры-изготовители, устанавливая повышенные требования к продукции в условиях рыночной экономики, неизбежно заставят подтянуться по требованиям и других изготовителей подобной продукции. Для создания продукции высокого качества организации могут создавать СТО, которые включают в себя требования к сырью, материалам и комплектующим изделиям, что также в условиях конкуренции должно способствовать повышению общего уровня качества.

Вероятно, СТО в ближайшем будущем должны заменить отраслевые стандарты, стандарты общественных объединений, СТП, поэтому сфера их действий распространяется от отрасли народного хозяйства и научно-практической сферы до сферы деятельности отдельного предприятия.

В настоящее время разработаны и успешно функционируют: СТО научно-технического общества бумажной и деревообрабатывающей промышленности на унифицированные окна повышенной энергоэффективности для жилых зданий в районах Сибири; СТО Торгово-промышленной палаты по экспертизе качества различных потребительских товаров; СТО Российского общества оценщиков качества и стоимости имущества физических и юридических лиц; СТО Банка России по обеспечению информационной безопасности организаций и др.

Существует разновидность СТО – *территориальные стандарты*, введенные на территории какого-либо субъекта федерации или крупного города. Например, в Москве имеются ряд СТО, которые действуют только на административной территории города Моск-

вы. Это стандарты на качество топлива, стандарты по высотному строительству и др. Крупные корпорации или отраслевые объединения предприятий создают «корпоративные стандарты». Это стандарты ОАО «Газпром», ОАО «Лукойл», «Российские железные дороги» и др. Фактически корпоративная стандартизация выполняет роль отраслевой стандартизации в современных условиях.

*Примечание.* За рубежом стандарты научно-технических обществ и инженерных организаций широко используются в сфере стандартизации и имеют международное применение. Например, широко известны стандарты Американского общества по испытаниям материалов (ASTM) и др.

Стандартизация в области транспортных средств (автомобилей, самолетов, вертолетов, сельскохозяйственных и землеройных машин и др.) осуществляется Американским обществом инженеров транспорта (SAE). В рабочие комитеты SAE приглашают ведущих работников, инженеров и профессоров университетов, являющихся специалистами в данной области техники и науки. Члены комитета являются частными лицами и не являются официальными представителями организаций, в которых они работают. Как показывает опыт, при таком подходе к формированию комитетов, вырабатываются наиболее оптимальные решения общетехнических проблем. Финансирование программы стандартизации SAE осуществляется за счет добровольных взносов, большая часть которых поступает от фирм, заинтересованных в продвижении прогрессивных стандартов.

Не все общества в Америке занимаются разработкой своих стандартов. Такие известные общества, как Американское общество инженеров-механиков, Американское общество инженеров-строителей не имеют своих стандартов, однако принимают активное участие в разработке соответствующих национальных стандартов.

*Разработка и утверждение СТО.* Порядок разработки, утверждения, учета, внесения изменений и отмены СТО устанавливаются организацией самостоятельно с учетом принципов стандартизации и требований. СТО утверждает руководитель организации приказом и (или) личной подписью на титульном листе стандарта, как правило, без ограничения срока действия стандарта. *В отличие от национального стандарта проект СТО не проходит публичного обсуждения.* Проект СТО может представляться разработчиком СТО в один из ТК Росстандарта, который организует проведение его экспертизы. Этот порядок распространяется на СТО, которые оформляются на продукцию, поставляемую не только на внутренний, но и на внешний рынок, а также на работы и услуги, выполняемые организацией на стороне.

*Примечание.* Поскольку СТО является интеллектуальной собственностью организации – разработчика СТО, то использование СТО другой организацией возможно только путем оформления соответствующих договорных отношений. Организация может заказать разработку СТО в другой организации, например научно-исследовательском институте, являющемся профильным по данному направлению науки и техники. Следует отметить, что в СССР также широко использовалась практика участия научных организаций в разработке СТП и ГОСТ.

*Обозначение СТО* согласно ГОСТ Р 1.4-2004 [15] состоит из:  
аббревиатуры «СТО»;  
кода органа по Общероссийскому классификатору предприятий и организаций;  
регистрационного номера, присваиваемого организацией;  
года утверждения стандарта.  
Например, СТО БР ИБСС-1.02004 «*СТО Банка России по обеспечению информационной безопасности организаций*».

#### **4.4. Применение нормативных документов**

Применение международных и региональных<sup>27</sup> стандартов, а также стандартов других стран в отечественной практике является одним из важных направлений эффективного участия России в работах по международной стандартизации. С начала создания международной организации по стандартизации ISO наша страна является полноправным членом этой организации и принимает активное участие в политике и практике создания международных стандартов (МС). До последнего времени прямое использование МС не практиковалось. Между тем, применение МС или перспективных стандартов других стран позволяет не только гармонизировать систему стандартизации в России с международной, но и ориентироваться на самые передовые требования к продукции, работам и услугам, которые приняты в мире.

*Гармонизированные стандарты* – стандарты, которые приняты занимающимися стандартизацией органами, распространяются

---

<sup>27</sup> Региональные стандарты – стандарты, принятые рядом государств, например стандарты Союза независимых государств на пространстве бывшего СССР (СНГ).



на один и тот же объект стандартизации и обеспечивают взаимозаменяемость продукции, процессов или услуг и (или) взаимное понимание результатов испытаний или информации, представляемой в соответствии с этими стандартами. Это стандарты, в которых согласованы и однозначно понимаемы результаты испытаний и контроля продукции, и они могут быть использованы один вместо другого для одного или того же объекта стандартизации.

Правила и требования применения других (не отечественных) стандартов в РФ и применение стандартов РФ в других странах содержатся в пп. 8.7 — 8.14 ГОСТ Р 1.0-2004 «*Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения*». Отметим основные особенности использования других стандартов.

Международные, региональные и национальные стандарты других стран применяют на основе *международных соглашений (договоров) о сотрудничестве или с разрешения* соответствующих региональных организаций и национальных органов по стандартизации. Их применяют на территории РФ в качестве *национальных стандартов* представляющих собой:

аутентичный текст<sup>28</sup> соответствующего документа на русском языке (*идентичный стандарт*) или

аутентичный текст соответствующего документа на русском языке с дополнительными требованиями, содержащими специфику потребностей национальной экономики (*модифицированный стандарт*).

Идентичные и модифицированные стандарты имеют разные обозначения.

*Обозначение идентичного стандарта* состоит из индекса ГОСТ Р (или ГОСТ), обозначения соответствующего международного стандарта и отделенного от него тире года утверждения национального стандарта. Например, национальный стандарт РФ, иден-

---

<sup>28</sup> Аутентичный текст (от греч. «authētihos») – текст документа, официально признанный равнозначным другому тексту, составленному, как правило, на другом языке. Относительно аутентичных текстов национальных стандартов РФ хотелось бы заметить, что они не всегда представляют собой ясное и четкое изложение оригинала стандарта. В почти подстрочном русском переводе иногда трудно улавливается смысл и содержание оригинала.

тичный международному ИСО 14001, обозначают как ГОСТ Р ИСО 14001-2007.

*Обозначение модифицированных стандартов* осуществляют путем дополнения к обозначению национального стандарта в скобках обозначения международного (регионального) стандарта. Например: ГОСТ Р 51885-2002 (ИСО 7001: 1990) или ГОСТ Р 2383-2005 (ЕН 81-80.2003) или ГОСТ Р 52337-2004 (МЭК 60634-1998).

Гармонизация положений отечественных стандартов с положениями международных стандартов способствует продвижению отечественных товаров на мировой рынок.

Особенности применения стандартов РФ при ввозе и вывозе продукции (импортные и экспортные операции с продукцией) состоят в следующем [12]:

необходимость применения документов в области стандартизации в отношении продукции (услуг), производимой (оказываемых) на территории РФ с целью вывоза ее с территории РФ, определяет контракт (договор), за исключением случаев, установленных законодательством РФ;

продукция, в том числе импортируемая, не подлежит реализации или передаче для реализации по назначению, если она не соответствует обязательным требованиям, предусмотренным в действующих стандартах, или если продукция, подлежащая обязательной сертификации, не имеет сертификата и знака соответствия, выданных или признанных в установленном порядке уполномоченным на то органом (до разработки соответствующего ТР);

импортируемая продукция должна соответствовать обязательным требованиям по безопасности и экологии, действующих в национальных стандартах РФ, что должно подтверждаться соответствующим сертификатом.

#### **4.5. Межотраслевые системы стандартизации**

*Межотраслевая стандартизация* – одна из форм комплексной стандартизации, представляет собой комплекс взаимоувязанных стандартов, определяющих все основные вопросы практической деятельности по стандартизации по данному направлению

техники в масштабе страны на всех уровнях управления и развития народного хозяйства.

*Примечание.* О статусе межотраслевых систем стандартизации ничего не говорится в Федеральном законе «О техническом регулировании» и ГОСТ Р 1.0-2004. Это, по-видимому, связано с тем, что в настоящее время для народного хозяйства не используется понятие «отрасль».

*Отрасль* – совокупность объектов хозяйственной деятельности независимо от их ведомственной принадлежности и форм хозяйственной собственности, разрабатывающих и (или) производящих продукцию определенных видов, которая имеет однородное потребительское и функциональное назначение (например, атомная, автомобильная, угольная, приборостроительная отрасли).

Тем не менее, стандарты, входящие в эти системы, организованные еще в рамках ГСС, а затем классифицированные в рамках «Классификатора государственных стандартов» (КГС), в настоящее время широко используются в народном хозяйстве РФ и СНГ. С 2000 г. КГС заменен «Общероссийским классификатором стандартов» (ОКС), который в качестве основы использовал «Международный классификатор стандартов», после чего стал составляющей «Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации РФ (ЕСКК)».

Таблица 4.1

### Перечень некоторых межотраслевых систем стандартов

Наименование систем	Обозначение	Шифр	Категория
Стандартизация в Российской Федерации	-	1.	ГОСТ Р
Единая система конструкторской документации	ЕСКД	2.	ГОСТ
Единая система технологической документации	ЕСТД	3.	ГОСТ
Система показателей качества продукции	СПКП	4.	ГОСТ
Унифицированная система документации	УСД	6.	ГОСТ, ГОСТ Р
Система информационно-библиографической документации	СИБИД	7.	ГОСТ
Государственная система обеспечения единства измерений	ГСИ	8.	ГОСТ, ГОСТ Р
Единая система защиты от коррозии и старения	ЕСЗКС	9.	ГОСТ
Система стандартов безопасности труда	ССБТ	12.	ГОСТ, ГОСТ Р
Репрография	-	13.	ГОСТ, ГОСТ Р
Единая система технологической подготовки производства	ЕСТПП	14.	ГОСТ
Система разработки и постановки продукции на производство	СРПП	15.	ГОСТ, ГОСТ Р

Наименование систем	Обозначение	Шифр	Категория
Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов	-	17.	ГОСТ, ГОСТ Р
Единая система программных документов	ЕСПД	19.	ГОСТ
Система проектной документации по строительству	СПДС	21.	ГОСТ Р
Безопасность в чрезвычайных ситуациях	-	22.	ГОСТ Р
Расчеты и испытания на прочность	-	25.	ГОСТ
Надежность в технике	-	27.	ГОСТ
Система стандартов эргономических требований	-	29.	ГОСТ
Информационная технология	ИТ	34	ГОСТ, ГОСТ Р
Система сертификации ГОСТ Р		40.	ГОСТ Р

В табл. 4.1 приведены некоторые межотраслевые системы стандартизации. Не все системы сформированы к настоящему времени и являются полноценными, а ряд сложившихся систем (Ресурсосбережение, Пожарная техника и др.) не имеют обозначения принадлежности к системе. Всего этих систем более 200.

В основе классификации систем межотраслевых стандартов лежит система обозначений, принятая в КГС. Цифра с точкой после аббревиатуры ГОСТ (ГОСТ Р) означает принадлежность стандарта к той или иной системе [50].

Например, для Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) используется цифра 2., для Единой системы технологической документации (ЕСТД) – 3., для Системы показателей качества продукции (СПКП) – 4. и т.д. Отметим, что методики, руководящие документы, руководства, правила, входящие в межотраслевые системы, не отмечаются соответствующей цифрой принадлежности к системе.

Среди систем межотраслевых стандартов можно выделить стандарты, обеспечивающие в целом *качество выпускаемой продукции*. Это, прежде всего, стандарты разработки продукции, технической и технологической подготовки производства: ЕСКД (шифр системы 2.), ЕСТД (3.), ЕСТПП (14.), СРПП (15.), САПР и стандарты, обеспечивающие единство измерений ГСИ (8.). Наиболее полно вопросы практического применения указанных систем при разработке продукции **для атомной энергетики** изложены в работе [27].

Приведем краткие сведения по *некоторым системам стандартов*, составляющих основу создания практически любой промышленной продукции.

**Единая система конструкторских документов (ЕСКД)** – комплекс государственных стандартов, устанавливающих единые взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации в нашей стране.

Установленные стандартами ЕСКД правила и положения распространяются на все виды конструкторских документов, на нормативно-технические и технологические документы, а также на научно-техническую и учебную литературу.

Комплекс ЕСКД содержит более 170 стандартов, распределенных по девяти группам: общие положения; основные положения; обозначения изделий и конструкторских документов; общие правила выполнения чертежей различных изделий; правила обращения документации; правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации; правила выполнения схем; правила строительных и горно-графических документов; прочие стандарты.

Стандартами ЕСКД устанавливается определенная структура обращения конструкторской документации – правила ее учета, хранения, внесения изменений, связанных с улучшением конструкции изделий, повышением ее надежности, уменьшением материалоемкости.

Основные положения системы – ее определение, назначение, область распространения, состав классификации и обозначение стандартов ЕСКД установлены ГОСТ 2.001-70 «*ЕСКД. Общие положения*».

**Единая система технологической документации (ЕСТД)** – комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий. Эта система была введена для того, чтобы разные формы технологической документации, применяемой в промышленности, различия в правилах ее оформления и применения, *не затрудняли передачу изготовления изделий с одно-*

го предприятия на другое однородное предприятие и не препятствовали типизации и стандартизации технологии и применения АСУ производством. По существу перед системой ЕСТД стояли такие же задачи, что и перед системой ЕСКД.

К основополагающим стандартам ЕСТД относятся: ГОСТ 3.1001 «*ЕСТД. Общие положения*», ГОСТ 3.1102-81 «*ЕСТД. Стадии разработки и акты документов*», ГОСТ 3.1108-74 «*ЕСТД. Комплектность документов в зависимости от типа и характера производства*» и др.

**Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)** устанавливает единый подход к разработке технологической документации и предусматривает широкое применение *типовых технологических процессов, стандартной оснастки и оборудования*. ЕСТПП является системой управления подготовкой производства в машиностроении и приборостроении на базе *стандартизации и типизации*.

Для реализации задач ЕСТПП большое значение имеет технологическая классификация деталей, сборочных единиц и сварных конструкций. Разработанный в рамках ЕСТПП технологический классификатор охватывает изделия машиностроения и приборостроения и предназначен для формирования групп деталей и узлов, характеризующихся общностью конструктивно-технологических признаков. Технологический классификатор является дальнейшим развитием классов **Общероссийского классификатора (ОКП)**.

Особая роль в технологической подготовке производства отводится *технологической оснастке*, под которой понимаются приспособления для фиксации деталей при их обработке на металлорежущих станках, штампы для горячей и холодной штамповки, линейная оснастка, сварочные и сборочные приспособления, оснастка для литья и т.п. Они занимают до 90 % общей трудоемкости и длительности подготовки производства новых изделий в машиностроении и в приборостроении. Затраты на технологическую оснастку составляют до 15 % себестоимости изделий. Сокращение затрат труда, времени и материалов на изготовление оснастки достигается за счет приемов унификации и стандартизации, позволяя создавать оснастку, рассчитанную на многократное использование при смене объектов производства. Перечень факторов, учитывае-

мых при выборе системы оснастки, установлен в ГОСТ 14.305-73 «*ЕСТПП. Правила выбора технологической оснастки*».

**Системы разработки и постановки продукции на производство (СРПП)** – система НД, устанавливающих общий порядок разработки, согласования и утверждения технических заданий, проведения экспертизы технической документации, испытания опытных образцов (опытных партий), выдачи разрешений постановки на производство новой и модернизированной промышленной продукции. Стандарты СРПП (их около 20) имеют большое значение для обеспечения качества выпускаемой продукции и организации процессов проведения разработки и постановки изделий на производство. основополагающим стандартом этой системы является ГОСТ 15.001-88 «*Системы разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения*».

**Система автоматического проектирования (САПР)** – система НД и технических средств, выполняющая автоматизированное проектирование объектов и состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования (математического, программного, информационного и др.), взаимосвязанного с подразделениями проектной организации.

**Система показателей качества продукции (СПКП)** – комплекс нормативных, нормативно-технических и методических документов межотраслевого уровня, устанавливающих систему показателей качества, норм, требований, направленных на достижение и поддержание качества продукции (товаров), работ и предоставления услуг покупателю (приобретателю).

**Унифицированная система документации (УСД)** – система документов, устанавливающих единые правила подготовки документов, а также единую структуру бланков (писем, приказов, указаний, актов, прогнозов, инструкций и др.).

Использование унифицированных по форме и содержанию документов позволяет повысить производительность управленческого труда, ускорить составление документов, исключить ненужную, избыточную информацию, упорядочить поток документов, широко и эффективно использовать вычислительную технику и Интернет. Все это в значительной степени снижает трудозатраты, а также дает значительную экономию бумаги. основополагающим докумен-

том всей системы является ГОСТ 6.10.1-80 «УСД. Основные положения и типовые формы».

**Система информационно-библиографической документации (СИБИД)** – система стандартов предназначенных для совершенствования организации и управления деятельностью в области научно-технической информации. СИБИД включает пять подсистем: научно-техническая информация, библиотечное дело, научно-техническая терминология, архивное дело, издательское дело.

**Система нормативных документов по информационной технологии (ИТ).** Современная ИТ – это совокупность средств вычислительной техники, информационных и коммуникационных систем, а также методов обработки, передачи, хранения и использования информации. В настоящее время стандарты по ИТ находятся в стадии формирования в рамках единого комплекса. В соответствии с Программой комплексной стандартизации предполагается в ближайшее время внедрить в нашей стране свыше 500 стандартов, соответствующих ИСО/МЭК (всего по 18 направлениям ИТ), в том числе стандарты, непосредственно относящиеся к системе ИТ.

В рамках комплекса стандартов ИТ разработаны стандарты по штриховому кодированию (ГОСТ Р51001, ГОСТ Р51002 и ГОСТ Р51003), которые позволяют предприятиям осуществлять автоматизированный учет продукции при ее изготовлении, хранении, транспортировании, а также при реализации ее потребителю.

**Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)** – комплекс нормативных, нормативно-технических и методических документов межотраслевого уровня, устанавливающих правила, нормы, требования, направленные на достижение и поддержание *единства измерений* в стране документов при требуемой точности. Нормативная база ГСИ насчитывает более 2500 обязательных и рекомендательных документов, регламентирующих все аспекты в области метрологии. основополагающим документом в области ОЕИ является ГОСТ Р 8.000 «ГСИ. Основные положения».

**Система стандартов безопасности труда (ССБТ)** – комплекс НД, предназначенных для разработки и внедрения мер по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, сохранению здоровья и работоспособности человека в процессе труда. В настоящее время эта система содержит около 500 стандартов. С учетом отраслевых стандартов и ТУ по безопасности труда, то таких документов будет несколько десятков тысяч. Осно-



вополагающим стандартом ССБТ является ГОСТ 12.0.001-72 «*Стандарты безопасности труда. Основные положения*».

**Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов** предназначена для регламентации рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой, обеспечивающего сохранение и восстановление природных богатств, рациональное использование природных ресурсов, равновесие между развитием производства и устойчивостью окружающей среды. В эту систему входят комплексы стандартов по охране и рациональному использованию вод, защиты атмосферы, охраны и рациональному использованию почв, улучшения использования земель, охраны флоры и фауны, охраны и преобразования ландшафтов, охраны и рационального использования недр.

Стандарты определяют методы оценки состояния природных объектов, расчета предельно допустимых выбросов и сбросов загрязняющих веществ. В стандартах устанавливаются нормы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и методы их определения, а также правила ведения работ и использования природных ресурсов, предотвращающих вредное влияние на природную среду. Основные положения комплексного подхода к природоохранной стандартизации приведены в ГОСТ 17.0.001 «*Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения*».

Система стандартов **Безопасность в чрезвычайных ситуациях**, в отличие от ранее рассмотренных, начала формироваться в 1992-1993 гг., когда последовала череда чрезвычайных происшествий (Чернобыльская авария, землетрясение в Спитаке, ряд террористических актов и др.). Тогда для ликвидации последствий природных и техногенных катастроф потребовалось создание не только соединений, способных ликвидировать последствия аварий и катастроф, но и законодательная база. В настоящее время в этом комплексе разработано около ста стандартов, в том числе: ГОСТ 22.0.03-97 «*Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения*», ГОСТ Р 22.0.07-95 «*Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметры*».

## 4.6. Классификаторы и каталоги продукции

### 4.6.1. Классификаторы и коды

Сфера деятельности народного хозяйства чрезвычайно разнообразна и многочисленна: производство промышленной и сельскохозяйственной продукции, предоставление различного вида услуг, транспортные операции, торговля, банковское дело, бухгалтерский учет, внешнеторговая деятельность и др. Отыскивать среди множества видов деятельности, продукции и документов необходимые материалы и объекты – достаточно сложно. Поэтому в масштабах страны были созданы классификаторы<sup>29</sup>, в которых с помощью системы кодирования была идентифицирована вся деятельность народного хозяйства. Эти классификаторы получили название: *Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации* (ОК ТЭСИ).

Разработка классификаторов в масштабе страны является сложным, но чрезвычайно необходимым делом. Правильное построение ОК с учетом достижений информационных технологий позволяет отыскивать и идентифицировать любые объекты и события в стране в реальном масштабе времени – образно говоря, «отыскивать иголку в стоге сена».

**Общероссийские классификаторы** технико-экономической и социальной информации (далее — *общероссийские классификаторы* (ОК)) – НД, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и др.) и являющиеся обязательными для применения при создании государственных информационных систем и информационных ресурсов в межведомственном обмене информацией. Исключительное право официального опубликования и распространения ОК принадлежит Росстандарту (табл. 4.2).

**Примечание.** В повседневной жизни постоянно приходится сталкиваться с изобилием групп непонятных цифр и обозначений в ряде документов: квитанциях

---

<sup>29</sup> В 1980 г. в СССР были внедрены несколько общесоюзных классификаторов, основным из которых являлся общий классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции стран — членов СЭВ (ОКП СЭВ).

при оплате телефонных услуг, оплате коммунальных услуг, оплатах за пользование Интернетом и мобильного телефона, штрафов за нарушение правил уличного движения и т.д. Коды сопровождают нас при медицинском страховании и при социальном обслуживании, не говоря уже о кодировании продукции, которое было рассмотрено выше.

Классификаторы могут иметь различный статус, в зависимости от уровня утверждения и применения: *общероссийские, отраслевые и классификаторы предприятия*<sup>30</sup>.

В настоящее время ОК, принятые Росстандартом и Министерством экономического развития РФ, *имеют статус стандарта*.

Общероссийский классификатор информации об общероссийских классификаторах (ОКОК) входит в состав Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации РФ (ЕСКК) [51].

*ОКОК предназначен для:*

обеспечения функционирования и взаимодействия автоматизированного банка (АБ) данных ОК ВНИИКИ Росстандарта с АБ классификаторов федеральной службой Госстата, АБ данных организаций – разработчиков ОК и другими АБ и автоматизированными системами обработки информации;

обеспечения единства организации информационных массивов по ОК в автоматизированных системах обработки информации;

упорядочивания информации в ЕСКК, контроля за составом ОК и исключения дублирования различных ОК.

*Объектами классификации в ОКОК являются:* ОК технико-экономической и социальной информации, входящие в состав ЕСКК; выделенные в ОК фасеты<sup>31</sup>, не используемые в структуре классификационного кода или в структуре позиций классификатора; фасеты классификаторов, имеющих фасетную структуру.

*ОКОК содержит два раздела и два приложения.*

---

<sup>30</sup> В СССР существовали общесоюзные, отраслевые, республиканские классификаторы и классификаторы предприятий. Эти классификаторы стали основой для создания, действующего в настоящее время ОК.

<sup>31</sup> Фасеты – признаки классификации, не зависящие друг от друга, например пол, стаж работы, образование.

*Первый раздел ОКОК* включает Общероссийские классификаторы, принятые Росстандартом и прошедшие государственную регистрацию (см. табл. 4.2).

*Второй раздел ОКОК* – «Фасеты общероссийских классификаторов» содержит независимые признаки объектов (фасеты) [51].

Структурно каждая позиция классификатора в **первом разделе классификатора** состоит из **трех блоков**: *идентификации, наименования и дополнительных классификационных признаков*.

*Блок идентификации* содержит трехзначный код, присвоенный ОК по порядковой системе кодирования и контрольное число: XXX КЧ, для ОКС это будет 001 3, где 001 – код ОКС в ОКОК, а 3 – контрольное число.

*Блок наименования* содержит полное наименование ОК, например: Общероссийский классификатор стандартов (ОКС) или Общероссийский классификатор продукции (ОКП) и т.д.

*Блок дополнительных признаков* включает восемь признаков, характеризующих ОК. Признак «группа» характеризует отнесение ОК к одной или нескольким группам, на которые подразделяется все множество ОК, входящих в Единую систему классификации и кодирования (ЕСКК). В данном признаке проставляется код группы, характеризующий классификацию по следующим видам информации: 1 – социальной; 2 – по описанию организации экономики; 3 – о продукции, видах экономической деятельности, работах и оказываемых услугах; 4 – о природных и трудовых ресурсах; 5 – о финансово-кредитной сфере; 6 – об управленческой документации, показателях, единицах измерения; 7 – о стандартах и технологических процессах; 9 – прочие виды ТЭСИ.

В признаке «год принятия ОК» указывается год принятия ОК Росстандартом. В признаке «новизна разработки» проставляется код 1, если отсутствует отечественный аналог классификатора, или код 2, если имеется отечественный аналог (табл. 4.3).

Таблица 4.2

## Общероссийские классификаторы

Код	КЧ	Наименование ОК	Абре- виатура	Группа	Год при- нятия	Но- вина	МК
001	3	Общероссийский классификатор стандартов	ОКС	7	1993	1	1
002	6	ОК услуг населения	ОКУН	3	1993	2	2
003	9	ОК органов государственной власти и управ- ления	ОКОГУ	2	1993	2	2
004	1	ОК видов экономической деятельности, про- дукции и услуг	ОКДП	3	1993	1	1
005	4	ОК продукции	ОКП	3	1993	2	2
006	7	ОК информации по социальной защите насе- ления	ОКИСЗН	1	1993	2	2
007	2	ОК предприятий и организаций	ОКПО	2	1993	2	2
009	5	ОК специальностей по образованию	ОКСО	1, 4	1993	2	1
010	2	ОК занятий	ОКЗ	4	1993	1	1
011	5	ОК управленческой документации	ОКУД	6	1993	2	2
012	8	ОК изделий и конструкторских документов	ЕСКД	3	1993	2	2
013	0	ОК основных фондов	ОКОФ	2	1994	2	1
014	3	ОК валют	ОКВ	5	1994	2	1
015	6	ОК единиц измерений	ОКЕИ	6	1994	2	1
016	9	ОК профессий рабочих, должностей служа- щих и тарифных разрядов	ОКСДТР	4	1994	2	2

Окончание табл. 4.2

017	1	ОК специальностей высшей научной квалификации	ОКСВНК	1, 4	1994	1	1
018	4	ОК информации о населении	ОКИН	1	1995	2	2
019	7	ОК объектов административно-территориального деления	ОКАТО	2	1995	2	2
020	4	ОК деталей, изготавливаемых сваркой, пайкой, склеиванием и термической резкой	ОКД	7	1995	1	2
021	7	Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения	ТКД	7	1995	1	2
022	7	Общероссийский технологический классификатор сборочных единиц машиностроения и приборостроения	ОТКСЕ	7	1995	1	2
023	2	ОК начального профессионального образования	ОКНПО	1, 4	1995	1	1
024	5	ОК экономических регионов	ОКЭР	2	1995	1	2
025	8	ОК стран мира	ОКСМ	2	1995	2	1
026	0	ОК информации об общероссийских классификаторах	ОКОК	9	1995	2	2
027	3	ОК форм собственности	ОКФС	2	1999	1	2
028	6	ОК организационно-правовых форм	ОКОПФ	2	1999	1	2
029	9	ОК видов экономической деятельности	ОКВЭД	3	2001	1	1

Обозначения: КЧ – контрольное число, МК – использование международного классификатора.

Таблица 4.3

**Международные классификации, используемые  
в Общероссийском классификаторе**

<b>Обозначение ОК</b>	<b>Международная классификация</b>
ОКС	Международный классификатор стандартов (МКС)
ОКПД	Международная стандартная отраслевая классификация всех видов экономической деятельности (МСОК), Международный классификатор основных продуктов (КОП)
ОКСО	Международная стандартная классификация образования (МСКО)
ОКЗ	Международная стандартная классификация занятий (МСКЗ)
ОКОФ	Стандарты ООН по международной системе национальных счетов; Международная стандартная отраслевая классификация всех видов экономической деятельности (МСОК); Международный классификатор основных продуктов (КОП)
ОКВ	Международный стандарт ИСО 4217-94 «Коды для представления валют и фондов»
ОКЕИ	Международная классификация единиц измерения ЕЭК ООН «Коды для единиц измерения, используемых в международной торговле»; Международный стандарт ИСО 31/0-92 «Величины и единицы измерения. Часть 0. Общие принципы» Международный стандарт ИСО 2000-92 «Единицы СИ и рекомендации по применению кратных единиц и некоторых других единиц»
ОКСВНК	Международная стандартная классификация образования (МСКО)
ОКСМ	Международный стандарт ИСО 3166-93 «Коды для представления названия стран»

В качестве примера рассмотрим классификаторы **ОКП** и **ОКС**.

**Общероссийский классификатор продукции (ОКП)** введен на территории РФ Постановлением Росстандарта с 1 июля 1994 года взамен Общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции.

Вся продукция систематизируется, а затем кодируется. Формирование кода осуществляется следующим образом. Код ОКП содержит первые шесть значащих цифр, составляющих основу кода продукции и состоит из класса (две цифры), подкласса (одна цифр-

ра), группы (одна цифра), подгруппы (одна цифра), вида (одна цифра) и идентифицирующей части, состоящей из одной и более цифр. Между второй и третьей цифрами и между шестой и седьмой имеются пробелы. Рассмотрим пример кодового обозначения в ОКП продукции класса 54:

54 (класс) – продукция целлюлозно-бумажной промышленности;

54 6 (подкласс) – тетради школьные, обои и бумажно-беловые товары;

54 63 (группа) – бумажно-беловые товары;

54 631 (подгруппа) – тетради и дневники школьные;

54 6314 (вид) – тетради для письма карандашом;

54 6314 0001 (разновидность) – тетради для письма карандашом, переплет обрезной, цельнобумажный блок из бумаги типографской мелованной, объем 48 л., размер 144x203 мм.

**Общероссийский классификатор стандартов (ОКС)** заменил Классификатор государственных стандартов (КГС) СССР с 1 октября 2000 г. Современный ОКС построен на основе Международного классификатора стандартов ИСО и используется в качестве основы многих информационно-поисковых систем стандартов. Он является также основным для межгосударственной системы стандартизации стран СНГ. ОКС представляет собой иерархическую трехступенчатую классификацию с цифровым алфавитом кода классификационных группировок и имеет следующую структуру: XX (раздел) XXX (группа) XXX (подгруппа).

#### ***4.6.2. Каталоги продукции***

Каталоги продукции являются одной из важных форм представления характеристик продукции, разработанной производителем и поступившей на рынок для ее реализации. Каталоги продукции не являются стандартами. Составление каталожных листов продукции – это одна из форм информационного обеспечения потребителя и покупателя, которая играет немаловажную роль в ее рекламировании.

После ликвидации министерств и распада СССР выпуск каталогов практически был прекращен. Информационный вакуум в этом направлении стал компенсироваться различными фирменными изданиями, бюллетенями, информацией на сайтах предприятий, рекламными листами и т.д. Однако главным недостатком таких сведе-



ний являлось и является *отсутствие стандартизованного описания продукции*. Часто продукция одного и того же типа и назначения описывается различным образом и характеризуется различными показателями качества и техническими характеристиками. Часто приводятся наиболее выгодные для продавца сведения и затушевываются негативные стороны продукции. Все это затрудняет для потребителя проведение сравнительного анализа и оценки качества приобретаемой продукции.

Работа по каталогизации продукции в РФ ведется в двух направлениях.

*Первое направление* связано в основном с нуждами безопасности и обороны страны. Для упорядочивания работ в этом направлении издано постановление Правительства РФ от 11.01.2000 г. № 26 «*О федеральной системе каталогизации для федеральных государственных нужд*», которое предназначено для упорядочивания формы и содержания федеральных каталогов.

*Второе* – касается народнохозяйственной продукции, в частности оформления каталожных листов. Предприятие-изготовитель должно представлять в территориальные органы Росстандарта информацию о продукции в виде каталожных листов в порядке, установленном Правилами ПР 50-718-99 «*Правила заполнения и представления каталожных листов*». Центр стандартизации и метрологии (ЦСМ) регистрирует и учитывает каталожные листы, создавая территориальные банки данных, на основе которых формируются каталоги регионов страны. Данные этих листов передаются также во ВНИИ стандарта для автоматизированного учета в рамках банка данных «*Продукция России*».

Основная проблема формирования банка данных состоит в отсутствии обязательных требований по форме и содержанию, представляемых предприятиями-изготовителями *каталожных листов* на выпускаемую продукцию. Понимая важность этих сведений как для поставщика (в качестве рекламного продукта), так и для покупателя как источника безопасной, надежной и качественной продукции, в настоящее время рассматривается вопрос о разработке Федерального закона «*О каталогизации*».

## 4.7. Стандартизация услуг

**О терминологии.** В ГОСТ Р ИСО 9000-2001 (п. 3.4.2) [7], являющемся аутентичным переводом соответствующего стандарта ИСО, *услуга рассматривается в качестве одной из разновидностей продукции.*

Гражданский кодекс РФ определяет материальную услугу как *работу*. Федеральный закон РФ «О защите прав потребителей» разделяет термины «услуга» и «работа».

В ГОСТ Р 50646-94 «Услуги населению. Термины и определения» услуга определяется как результат непосредственного взаимодействия исполнителя и потребителя, а также собственной деятельности исполнителя по удовлетворению потребности потребителя. При этом по функциональному назначению услуги, оказываемые населению, подразделяются на материальные и социально-культурные.

*Материальная услуга* – услуга по удовлетворению материально-бытовых потребностей потребителя услуг. Материальная услуга обеспечивает восстановление (изменение, сохранение) потребительских свойств изделий или изготовление новых изделий по заказам граждан, а также перемещение грузов и людей, создание условий для потребления. В частности, к материальным услугам могут быть отнесены бытовые услуги, связанные с ремонтом и изготовлением изделий, жилищно-коммунальные услуги, услуги общественного питания, услуги транспорта и т.д.

*Социально-культурная услуга* – услуга по удовлетворению духовных, интеллектуальных потребностей и поддержанию нормальной жизнедеятельности потребителя, обеспечивая поддержание и восстановление здоровья, духовное и физическое развитие личности, повышение профессионального мастерства. К социально-культурным услугам могут быть отнесены медицинские услуги, услуги культуры, туризма, образования и т.д.

Известно, что сфера услуг занимает значительное место в экономике промышленно-развитых стран. Достаточно сказать, что доля работающего населения страны, занятого в сфере услуг, превышает 30 %. Кроме того, на сферу услуг приходится более двух третей валового внутреннего продукта и занятости населения.

В 1995 г. вступило в действие Генеральное соглашение о торговле в сфере услуг (ГАТС), которое должно способствовать расширению сферы услуг в мире и их правовому обеспечению.

*Этапы стандартизации услуг.* Деятельность по стандартизации услуг в нашей стране началась в 1992 г. практически сразу после появления Федерального закона «О защите прав потребителей». Одним из основных механизмов по защите прав потребителей стал механизм обязательной сертификации продукции (услуг), предлагаемой потребителю.

До вступления в силу вышеуказанного закона регулирование отношений между поставщиком и потребителем осуществлялось с помощью многочисленных подзаконных актов: инструкций, правил, методических указаний и пр. Введение отношений между поставщиком и потребителем на уровне сертификации продукции потребовало и новых документов на уровне государственных (национальных) стандартов, регламентирующих эти отношения.

В рамках организационной структуры Росстандарта были созданы Технические комитеты (ТК) по разработке стандартов, одним из которых является ТК «Услуги населению». Его основной задачей является определение политики в области стандартизации и сертификации услуг населению. Кроме того, в настоящее время организовано ряд других (отраслевых) ТК, в том числе: «Услуги торговли и общественного питания», «Автосервис», «Бытовое обслуживание», «Транспортные услуги», «Туристско-экскурсионное обслуживание».

Первые стандарты в области оказания услуг были разработаны при заказе и при участии Госкомитета по физической культуре и туризму, Роскомторга и Минтранса. В 1996 г. были разработаны 27 государственных стандартов и введены в действие ряд систем сертификации по группам однородных услуг. Исследования, проведенные в ВНИИ сертификации, показали, что в этой сфере необходимы стандарты двух типов: стандарты по деятельности обслуживающего персонала и стандарты по деятельности предприятий, оказывающих тот или иной вид услуг.

В настоящее время в стране действуют более 80 национальных стандартов в сфере услуг, в том числе:

основополагающие стандарты (термины и определения, требования к качеству, перечни показателей качества услуг);

стандарты на конкретные группы услуг, как правило, отраслевого характера (автосервис, ремонт электробытовой и электронной техники, туристские услуги, ресторанные и гостиничные услуги и пр.); стандарты, определяющие требования к обслуживающему персоналу (услуги розничной торговли, общественного питания); стандарты на процессы и работы (планирование обслуживания); стандарты по классификации предприятий, предоставляющих услуги (гостиницы, предприятия общественного питания, парикмахерские, салоны и пр.).

Программой национальной стандартизации планируется разработать около 200 национальных стандартов в сфере предоставления услуг.

#### 4.8. Технические условия

**Технические условия** – документ, содержащий основные технические требования, правила приемки, методы контроля, транспортирования и хранения.

В Федеральном законе «*О техническом регулировании*» ТУ как НД не нашел своего определения; не определен его статус в современной системе документов по стандартизации. В то же время ТУ являются, пожалуй, самым распространенным документом, характеризующим многие виды изделий, для которых отсутствуют стандарты и еще не выпущены ТР. Количество действующих в настоящее время ТУ составляет около 600 тысяч [35, 36].

Сфера деятельности ТУ распространяется, как правило, на изделия, выпускаемые небольшими партиями, вплоть до одноразового выпуска изделий. Большинство изделий военной, космической и атомной техники сопровождаются ТУ. В отличие от национальных стандартов ТУ разрабатываются в значительно более короткие сроки и характеризуют данный тип или партию продукции конкретной марки или модели. Они позволяют более оперативно создавать готовую продукцию для реализации ее на рынке. Специалисты рассматривают ТУ как «малый технический регламент».

Технические условия являются незаменимыми НД при составлении договоров и контрактов. Область применения и требования к составлению ТУ изложены в ГОСТ 2.114-95 (2000) «*ЕСКД Технические условия*» [36].

*Примечание.* ТУ является техническим документом, который разрабатывается по решению разработчика (изготовителя) или по требованию заказчика (потребителя) продукции и являются неотъемлемой частью комплекта конструкторской или другой технической документации на продукцию. ТУ должны содержать полный комплекс требований к продукции, ее изготовлению, контролю и приемке и не должны противоречить обязательным требованиям государственных (межгосударственных) стандартов, распространяющихся на данную продукцию.

Состав разделов ТУ и их содержание определяет разработчик в соответствии с особенностями продукции. Он же утверждает ТУ. Срок действия утвержденного ТУ устанавливают по согласованию с заказчиком.

Обозначение ТУ присваивает разработчик. На изделия машиностроения и приборостроения ТУ обозначают по ГОСТ 2.201. На материалы, вещества и т. п. обозначение ТУ рекомендуется формировать из кода «ТУ»; кода группы продукции по классификатору продукции страны – разработчика ТУ; трехразрядного регистрационного номера, присваиваемого разработчиком; кода предприятия разработчика ТУ по классификатору предприятий страны – разработчика ТУ; двух последних цифр года утверждения документа. Пример обозначения: ТУ 1115-017-38576343-93, где 1115 – код группы продукции по ОКП, 38576343 – код предприятия по ОКПО.

Информация о ТУ имеется в банке данных «Продукция России» и информационном указателе «Технические условия», который, как и национальные стандарты, издается «Стандартинформом». В отличие от стандартов, которые можно приобрести в магазинах «Стандарты», ТУ можно приобрести только у собственника ТУ.

#### **4.9. Региональная и международная стандартизация**

*Межгосударственная или региональная стандартизация* – стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих стран только одного географического или экономического региона мира [37 — 40]. *Региональный стандарт* – стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации. В мире существует ряд региональных организаций по стандартизации:

- Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации СНГ;
- Европейский комитет стандартизации широкого спектра, товаров, услуг и технологий (СТН);

- Европейский комитет стандартизации решений в электротехнике (CENELEC);
- Европейский институт стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI);
- Панамериканский комитет по стандартам (COPANT);
- Консультативный комитет по стандартизации и качеству стран — членов АСЕАН;
- Конгресс по стандартизации стран Тихоокеанского бассейна (PASC);
- Африканская региональная организация по стандартизации;
- Арабская организация по промышленному развитию и игорному делу;
- органы НАТО по стандартизации.

#### ***4.9.1. Региональная стандартизация стран — членов СНГ***

После распада СССР и образования СНГ в марте 1993 г. в Москве между странами — членами СНГ было подписано Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации и создании Межгосударственного совета (МГС) по стандартизации, метрологии и сертификации, в состав которого вошли руководители соответствующих органов управления участников настоящего Соглашения. Согласно этому Соглашению стороны признают действующие стандарты ГОСТ в качестве межгосударственных и сохраняют аббревиатуру «ГОСТ» за вновь вводимыми *межгосударственными стандартами*, предусматривая гармонизацию их требований с международными, региональными и передовыми национальными стандартами. Кроме того, стороны признают существующие государственные эталоны единиц физических величин в качестве межгосударственных.

Высшим органом МГС является заседание его членов, которое проводится два раза в год поочередно в государствах – участниках Соглашения. Между заседаниями руководство работой Совета осуществляет Председатель, функции которого выполняют поочередно руководители национальных органов по стандартизации, метрологии и сертификации, каждой из стран, входящих в МГС.

Деятельность МГС осуществляется в соответствии с «Положением о Межгосударственном Совете по стандартизации, метрологии и сертификации». Организация и проведение работ по межгосударственной стандартизации осуществляется в соответствии с «Правилами процедуры Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации».

В результате деятельности МГС сохранены основные фонды НД (стандарты, методические указания, правила и др.) и эталонная база, имевшиеся в СССР на момент его распада. Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0-92 *«Межгосударственная система стандартизации. Основные положения»* и ГОСТ 1.2-97 *«Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»*. Цели, принципы, а также объекты стандартизации МГС приведены в [38].

#### ***4.9.2. Региональная стандартизация стран — членов ЕС***

Настоящее время характеризуется интеграцией экономики, созданием объединенных региональных рынков. Наибольшее развитие интеграция получила в рамках Европейского союза (ЕС), который сформировал единый внутренний рынок к 1 января 1993 г. Такой рынок обслуживает в общей сложности 27 стран — членов ЕС. При этом первоочередное значение в устранении национальных барьеров придается развитию европейской стандартизации.

***Примечание.*** Еще в 1957 г. руководители организаций по стандартизации стран — членов Европейского экономического сообщества (ЕЭС) и Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ) обсуждали возможность совместных действий по согласованию национальных стандартов в условиях экономической интеграции этих стран. В 1961 г. был учрежден Европейский комитет по стандартизации (СЕН), а в 1971 г. был создан Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (СЕНЭЛЕК). В рамках СЕН и СЕНЭЛЕК действуют 239 ТК. В 1972 г. Советом ЕС была принята Генеральная программа устранения технических барьеров в торговле в пределах Сообщества. В рамках этой программы ставилась задача создания системы обязательных для ЕС единых стандартов. Единые стандарты должны были лишить страны — члены ЕС возможности отказа от продуктов из государств Сообщества. Огромное внимание предполагалось уделить нор-

мам по показателям качества продукции, устанавливаемым едиными стандартами. В этой части предполагалось брать за образец стандарты ФРГ – DIN, дающие гарантию высокого технического уровня стандартизируемой продукции.

Существенный разрыв между тем, что было, и тем, что необходимо для функционирования единого рынка, подтолкнул Комиссию ЕС к разработке программы «Зеленая книга Европы» (развитие европейской стандартизации для ускорения технической интеграции в Европе), где был изложен план перестройки и развития стандартизации на континенте. В соответствии с этим планом Евростандарты должны отражать новейшие достижения техники и технологии, а директивы содержать эффективные меры против проникновения в Сообщество продукции, небезопасной или вредной для населения и окружающей среды.

Прорыв в работах по стандартизации в ЕС произошел в начале 1990-х гг. Если в 1991 г. в ЕС действовали 200 директив и 1200 евростандартов, то уже к 1993 г. была поставлена задача удвоить число директив, а фонд евростандартов довести до нескольких тысяч. Фонд нормативных документов СЕН/СЕНЭЛЕК превысил в 2005 г. 14 тыс. В настоящее время нормативную базу стандартизации ЕС составляет хорошо развитое техническое законодательство.

Особенность и «сила» большинства евростандартов заключается в том, что в их основу закладывают, как правило, лучшие стандарты *отдельных европейских стран*. Например, широко известные своим высоким техническим уровнем стандарты Швеции по электромагнитной безопасности персональных компьютеров составляют основу единого стандарта ЕС. Политика комитетов СЕН и СЕНЭЛЕК на современном этапе заключается в том, чтобы как можно чаще использовать стандарты ИСО и МЭК в качестве региональных. В итоге около 45 % НД в рамках ЕС представляют международные стандарты, разработанные ИСО/МЭК. В последние годы практически все национальные стандарты стран ЕС принимаются на основе европейских.

Продукция Евросоюза может поступать на рынок только после процедуры оценки соответствия и маркировки ее знаком соответствия Европейским директивам «СЕ».

#### ***4.9.3. Международная стандартизация***

***Международную стандартизацию*** можно определить как совокупность организаций по стандартизации и продуктов их дея-



тельности: стандартов, рекомендаций, технических отчетов и другой научно-технической продукции.

Для чего необходима международная стандартизация и международные стандарты? Почему ведущие и развивающиеся страны не хотят (и не могут) замыкаться в рамках своих национальных стандартов?

Ответы на эти вопросы сегодня довольно просты и прозрачны. Все страны вынуждены торговать, и при этом продукция, поставляемая в другие страны, должна соответствовать национальному законодательству потребителя. Если требования к продукции поставщика и потребителя будут различны, то возникают проблемы, связанные с торговыми барьерами. Устранению различий в требованиях национальных стандартов на продукцию в разных странах призваны решать международные стандарты. Это осуществляется через гармонизацию национальных стандартов с международными стандартами или путем прямого использования международного стандарта в качестве национального. Гармонизация стандартов – это одна из основных задач международной стандартизации.

Второе немаловажное обстоятельство связано с тем, что международные стандарты – это наиболее прогрессивные с точки зрения развития науки и техники НД. В них, как правило, заложены самые передовые научные идеи, и они являются «маяками» научно-технического прогресса и гарантами конкурентоспособности товаров, отвечающих требованиям мирового рынка.

Существуют и другие важные задачи международной стандартизации, связанные с глобализацией международной экономики, при которой стираются экономические границы между государствами. При этом комплектующие изделия, например самолетов, автомобилей и др., могут изготавливаться в одной или нескольких странах, а сборка готового изделия может осуществляться в стране, где это наиболее экономически выгодно. В настоящее время этот вид международной кооперации получил очень широкое распространение, при котором развитые страны изготовление наиболее совершенных в технологическом и конструкторском отношении комплектующих изделий оставляют на своих заводах, а технологически простые операции, например окончательную сборку, передают в менее развитые страны, где эта работа обходится гораздо дешевле.

Однако и в этом случае комплектующие изделия, поступающие из других стран, должны быть изготовлены на соответствие единого комплекса стандартов и, как правило, должны соответствовать требованиям международных стандартов.

Таким образом, целями международной стандартизации являются:

сближение уровня качества продукции, изготавливаемой в различных странах, за счет гармонизации национальных и международных стандартов;

обеспечение взаимозаменяемости элементов сложной продукции;

содействие международной торговле;

содействие взаимному обмену научно-технической информацией и ускорение научно-технического прогресса.

Европейская экономическая комиссия (ЕЭК) ООН определила следующие приоритетные направления и задачи для стандартизации:

здравоохранение и обеспечение безопасности;

улучшение окружающей среды;

содействие научно-техническому сотрудничеству;

устранение технических барьеров в международной торговле.

Международные стандарты могут применяться целиком или частично на добровольной основе. Ряд промышленно-развитых стран, экономика которых сильно зависит от внешней торговли (Швеция, Бельгия, Австрия, Дания), широко используют стандарты ИСО и других международных организаций. Эти страны не разрабатывают национальные стандарты в тех областях, где действуют на опережение международные стандарты. В условиях острой конкуренции и другие страны для того, чтобы их продукция соответствовала мировому уровню, вынуждены использовать передовые международные стандарты

Период времени от разработки до введения в действие международного стандарта составляет от 3 до 5 лет. Этот срок для быстро развивающейся мировой экономики иногда оказывается неприемлемо большим. Поэтому в публикациях ИСО и МЭК в последнее десятилетие появился ряд документов, которые, не являясь стандартами, на какое-то время становятся их «заменителями» при совершении различных операций с продукцией. Это документы, не

прошедшие весь цикл разработки и признания стандарта как нормативного документа в соответствии с регламентом ИСО или МЭК, используются в практике стран-членов. В директивах ИСО/МЭК содержатся правила разработки следующих видов документов по стандартизации:

технические требования (Technical Specification – TS);

общедоступные технические требования (Publicly Avail Specification – PAS);

технические отчеты (Technical Report – TR).

*Технические требования (TS)* – нормативный документ, по которому достигнуто согласие среди членов ТК ИСО. Этот документ наиболее близок к международному стандарту, который еще не может быть окончательно разработан, например из-за недостатка технической и (или) организационной информации. В настоящее время в ИСО действуют около 500 TS.

*Общедоступные технические требования (PAS)* – это по существу первая версия международного стандарта, который, однако, еще находится в стадии обсуждения среди членов ТК. В настоящее время в ИСО действуют порядка 20 таких документов, а в МЭК – около 50.

*Технические отчеты (TR)* – это документ, имеющий информационный характер, который не содержит положений и требований нормативного характера. В TR, как правило, приведены данные ИСО или МЭК, которые необходимо довести до сведения всех заинтересованных сторон.

Кроме рассмотренных выше документов TS, PAS и TR, в последние годы стали разрабатываться документы вне технических структур международных организаций по стандартизации. К ним относятся различные Решения и Соглашения по результатам работы международных семинаров, например «Соглашение международного семинара (International Workshop Agreements — IWA)». Основное преимущество таких документов в том, что они дают возможность быстрее реагировать на требования к стандартизации в тех областях деятельности, которые не представлены в ИСО/МЭК. Примером одного из описанных документов является IWA: 2003 «Рекомендации по внедрению систем менеджмента качества по ИСО 9001: 2000 в организациях сферы образования».

Подобные виды документов (не стандартов) разрабатываются также в региональных и национальных организациях по стандартизации (Германия – 50 PAS, Франция – 14 PAS и 248 TS).

*Порядок применения международных стандартов.* Международные стандарты, как уже упоминалось, не имеют статуса обязательных для всех стран-участников. Любая страна мира вправе применять или не применять их, и это решение определяется степенью участия страны в международном разделении труда, состоянием ее промышленности и внешней торговли.

Руководство ИСО/МЭК 21:2004 предусматривает *прямое и косвенное применение* международных стандартов, а также устанавливает систему классификации для принятых и адаптированных международных стандартов.

*Прямое* – это применение международного стандарта в национальной системе стандартизации независимо от его принятия в любом другом НД.

*Косвенное* – это применение международного стандарта посредством другого НД, в котором этот стандарт был принят.

В зависимости от идентичности (близости) к исходному стандарту в международной практике различают следующие виды стандартов:

идентичные стандарты (IDT) – идентичные по техническому содержанию и структуре стандарты, которые могут содержать минимальные редакционные изменения;

измененные (модифицированные) стандарты (MOD) – принятые к использованию стандарты, содержащие некоторые технические отклонения, которые могут быть достаточно ясно идентифицированы и объяснены<sup>32</sup>;

не эквивалентные стандарты (NEQ) – региональные или национальные стандарты не эквивалентные международным стандартам. Изменения ясно не идентифицированы и не установлено четкое соответствие с международным стандартом.

#### **4.10. Стандартизация в атомной отрасли**

Атомная отрасль России с момента своего зарождения остается высокотехнологичной и конкурентоспособной отраслью на миро-

---

<sup>32</sup> Идентичные и модифицированные стандарты уже рассматривались в разд. 3.9 в рамках применения их в качестве национальных стандартов России.

вом рынке. Необходимым условием применения и развития ядерных технологий является обеспечение ядерной и радиационной безопасности и качества, поскольку последствия аварий на атомных объектах оказывают пагубное влияние на население и природную среду, охватывая значительные территории.

Атомная отрасль является частью промышленности народного хозяйства страны. Поэтому на нее распространяются стандарты и системы стандартизации, действующие в РФ при разработке, проектировании, изготовлении, эксплуатации и утилизации продукции, т.е. на всех этапах жизненного цикла продукции, зданий и сооружений [31]. Это национальные стандарты РФ (ГОСТ Р), межгосударственные стандарты (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), федеральные нормы и правила, стандарты предприятий и др., а также межотраслевые системы стандартизации ЕСКД, ЕСТД, СПКП, УСД, ЕСТПП, ГСИ и др., характеристики которых приведены в разд. 4.5.

В 1993 г. Госстандартом России (приказ № 155) на базе центрального аппарата Минатомэнерго был создан технический комитет по стандартизации ТК 322 «Атомная энергия». В 2011 г. для гармонизации действий ТК 322 с международными ТК в области ИАЭ утвержден новый состав и структура ТК 322 на базе Ростехнадзора [44, 48, 49].

В результате совместных действий Ростехнадзора, Росстандарта и Росатома ТК 322 его подкомитеты были приведены в соответствие со структурой ТК международных организаций по стандартизации: ИСО/ТК 85 «Ядерная энергия, ядерные технологии и радиационная защита», МЭК/ТК 45 «Атомное приборостроение» и ИСО/ТК 85 «Атомная энергия» в МАГАТЭ.

В настоящее время ТК 322 состоит из шести подкомитетов:

ПК-1 Защита от ионизирующего излучения;

ПК-2 Ядерное топливо. Радиоактивные отходы;

ПК-3 Реакторные технологии;

ПК-4 Система контроля и управления на предприятиях атомной отрасли;

ПК-5 Метрологическое обеспечение в атомной отрасли;

ПК-6 Строительство в атомной отрасли.

Технический комитет ТК 322 должен выполнять следующие задачи:

разработка (пересмотр) и экспертиза проектов национальных, межгосударственных и международных стандартов;

участие в формировании Программы разработки национальных стандартов;

подготовка аутентичных переводов международных стандартов; обеспечение научно-технической поддержки производителей, потребителей продукции и услуг;

сотрудничество с ТК международных и региональных организаций по стандартизации;

сотрудничество с организациями – пользователями стандартов.

В 2011 г. фонд стандартов в области ИАЭ составлял 45 ГОСТ Р и 86 ГОСТ и более 100 ОСТ. Уровень гармонизации ГОСТ Р с международными стандартами составляет около 14 %. Сведения о структуре фонда стандартов в области ИАЭ в соответствии с Общероссийским классификатором стандартов приведены в табл. 4.4.

Одно из важнейших направлений деятельности ТК 322 – гармонизация (достижение сопоставимости) отечественных НД с международными стандартами и рекомендациями. В области атомной техники гармонизировано восемь стандартов. При этом фонд международных стандартов ИСО и МЭК в области ИАЭ составляет свыше 300 документов.

Большую работу в области создания *стандартов по безопасности* при ИАЭ проводит МАГАТЭ, выпуская стандарты по безопасности на основных языках стран — членов МАГАТЭ (английском, русском, французском, немецком, испанском, арабском и китайском). Основная цель создания системы стандартов МАГАТЭ состоит в охвате на основе общего подхода всех видов установок (ядерных реакторов, хранилищ РАО, объектов переработки радиоактивных материалов и др.) и деятельности организаций в области ИАЭ. Стандарты выпускаются для применения к атомным станциям, исследовательским реакторам, объектам ядерного топливного цикла, пунктам захоронения РАО, предприятиям по добыче и переработке урановой руды, радиационным источникам, транспортированию радиоактивного материала.

Таблица 4.4

### Структура фонда стандартов в области атомной техники в соответствии с ОКС

Классификационные группировки ОКС	Количество стандартов	
	ГОСТ	ГОСТ Р
<u>01.040.13, 01.040.17, 01.040.27</u> Словари (терминология)	12	–
<u>13.030.30</u> Специальные отходы (радиоактивные отходы)	5	13
<u>13.280</u> Защита от ионизирующего излучения	7	7
<u>27.120</u> Атомная энергетика	2	3
<u>27.120.10</u> Реакторная техника	20	2
<u>27.120.20</u> Атомные электростанции. Безопасность	22	10
<u>27.120.30</u> Делящиеся ядерные вещества и технология получения ядерного топлива	13	9
27.120.99 Атомная энергетика. Прочие вопросы	5	1
<b>Всего</b>	<b>86</b>	<b>45</b>

*Примечание.* Систему стандартов МАГАТЭ обычно представляют в виде «пирамиды стандартов МАГАТЭ» [47]. Наверху пирамиды находятся основы безопасности (Safety Fundamentals, SF), которые устанавливают цели и принципы безопасности. Далее следуют общие требования по безопасности (General Safety Requirements, GSR), которые применимы ко всем установкам и деятельности. Затем идут конкретные требования по безопасности (specific Safety Requirements, SSR), которые применимы к конкретным установкам и деятельности. Замыкают пирамиду общие руководства по безопасности (General Safety Guides, GSG), которые применимы ко всем установкам и деятельности.

Общие требования по безопасности охватывают семь тем: правительственная, законодательная и регулирующая основа безопасности; руководство и управление в целях безопасности; радиационная защита и безопасность радиационных источников; обращение с радиоактивными отходами перед захоронением; оценка безопасности для установок и деятельности; вывод из эксплуатации и прекращение деятельности; аварийная готовность и реагирование [45-47].

Основные изделия для энергетических реакторов типа ВВЭР-1000 и РБМК-1000 стандартизированы как по материалам, используемым для их изготовления, так и по размерам. Отдельные компо-

ненты тепловыделяющих элементов (твэлов) и тепловыделяющих сборок (Твс) могут изготавливаться различными организациями. При этом возникает необходимость в тщательном контроле компонентов и готовых изделий на соответствие их требованиям ГОСТ, ГОСТ Р, ОСТ и ТУ. Как правило, при входном контроле используют те же методы испытаний, которые применялись на заводе-изготовителе. Для этого на все испытания и исследования реакторных материалов утверждаются специальные стандарты или спецификации. По мнению экспертов МАГАТЭ, наиболее исчерпывающие стандарты на испытания и материалы, используемые в ядерной технике, разработаны Американским обществом по испытанию материалов (ASTM). Стандарты ASTM составлены на основе спецификации ERDA (США), спецификации Американского химического общества, стандартов общества инженеров-механиков и другой документации.

Стандарты ASTM (47 томов) определяют конструкции испытательных установок и приборов и содержат много детальных указаний, помогающих осуществлять производственный контроль [28]. На зарубежных атомных предприятиях объем контроля на соответствие стандартов и ТУ достигает 35 % от стоимости самого изделия.

В качестве примера (табл. 4.5) приведен перечень операций, используемых для контроля качества порошков для изготовления таблеток ядерного топлива до и после их спекания. Подробный и всесторонний контроль характеристик материалов и комплектующих твэлов на соответствие требованиям стандартов позволяет обеспечить их высокое качество и надежность.

Тщательный анализ и контроль характеристик сертифицированных комплектующих изделий, поступающих на предприятие и входящих в состав твэлов (Твс), предназначен для получения качественных и надежных твэлов, являющихся основными компонентами атомных реакторов – «сердца» АС. Контроль на соответствие требований стандартов проводится средствами метрологии с заданными погрешностями (неопределенностями) для данного вида измерений.



## Стандарты, используемые при контроле твэлов и Твс

Производство	Контролируемый параметр или свойство	Стандарт
1. Порошок (исходный продукт)	<p><i>Химический состав:</i>  общий;  содержание основных элементов;  содержание примесей.</p> <p><i>Ядерно-физические свойства:</i>  обогащение;  размер частиц;  плотность (объемная масса);  гранулометрический состав;  удельная поверхность;  текучесть.</p> <p><i>Технологические характеристики:</i>  прессуемость;  спекаемость.</p> <p><i>Общие указания:</i>  требования к партиям;  отбор образцов;  ситовый анализ</p>	<p>ASTM C-696  ASTM C-753  ASTM C-753</p> <p>ASTM C-696  ASTM C-753  ASTM C-753  ASTM B-329  ASTM C-696  ASTM B-293</p> <p>ASTM C-753  ASTM C-753</p> <p>ASTM C-753  ASTM C-753  ASTM B-214</p>
2. Таблетки		
Прессование	<i>Плотность сырой таблетки</i>	ASTM C-776
Спекание	<p><i>Микроструктура:</i>  общая керамография (изготовление шлифов);  размер зерен и распределение их по размерам;  размер пор и распределение их по размерам</p>	<p>ASTM B-3</p> <p>ASTM E-12</p>
Шлифование	<p><i>Качество поверхности и плотность:</i>  плотность;  шероховатость поверхности.</p> <p><i>Геометрические размеры:</i>  диаметр, длина, перпендикулярность торцов, объем лунки;  внешний вид.</p> <p><i>Химический состав:</i>  содержание U, изотопов U, C, Cl, F, сорбированных газов, отношение O/U;  содержание влаги</p>	<p>ASTM C-776  ISO R-468</p> <p>ТУ</p> <p>ASTM C-776</p> <p>ASTM C-696</p> <p>ТУ</p>

## Глава 5. ПОТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ (СЕРТИФИКАЦИЯ)

### 5.1. Основные понятия и термины

*Подтверждение соответствия* – документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов на всех этапах их жизненного цикла (ЖЦП), выполнения работ или оказания услуг требованиям ТР, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров (акт ввода в эксплуатацию объекта, заключение комиссии по приемке результатов испытаний изделия, сертификат товаров, рекомендательное письмо, заключение эксперта и др.).

*Оценка соответствия* – прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту (работа в целях подтверждения соответствия).

*Сертификация* – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям ТР, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров.

*Оценка соответствия* является исходным понятием для многих видов деятельности по оценке соответствия продукции, работы, услуг, проектов, зданий, сооружений и т.д. требований НД и/или ТР. Формы оценки соответствия могут быть чрезвычайно разнообразны:

государственный контроль (надзор) – проверка соответствия продукции, технологий, производства, состояния средств защиты и др.;

аккредитация – установление компетентности организации (лаборатории) по данному виду деятельности;

испытания продукции на соответствие характеристик требований на нее, заявленных в технической документации;

одобрение типа (разрешение) и разрешение типа – оценка соответствия продукции данного типа перед выходом на рынок. Эта форма оценки соответствия характерна для этапа «одобрение типа СИ». Одобрение типа может сопровождаться этапом регистрации – включение информации о продукции в соответствующий реестр (например, лекарственные препараты);

приемка и ввод в эксплуатацию объекта (сооружения) комиссией и подтверждение этого Актом приемки, одобренной членами комиссии;

**подтверждение соответствия** – форма предрыночной оценки соответствия продукции требованиям ТР (НД) в виде декларирования соответствия (изготовителями, поставщиками) либо в виде сертификации (независимыми ОС), используя определенные схемы сертификации;

экспертные заключения (рецензии) – определение соответствия проектных, конструкторских работ требованиям технического задания и НД;

лицензирование – комплексная проверка и установление соответствия технических и организационных возможностей юридического лица или предпринимателя осуществлять определенные виды деятельности по выпуску продукции.

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

*Система сертификации* – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

*Заявитель* – физическое или юридическое лицо, которое для подтверждения соответствия принимает декларацию о соответствии или обращается за получением сертификата соответствия, получает сертификат соответствия.

Участниками системы сертификации являются три стороны: *первая* – поставщики продукции (товаров), работ и услуг (продукции); *вторая* – покупатели продукции, потребители или пользователи результатами работ или/и услуг, и *третья сторона* – лицо или орган, признаваемое независимым от первой и второй сторон в рассматриваемом вопросе, как правило, ОС.

## **5.2. Краткий исторический обзор развития сертификации**

Оценка и подтверждение соответствия товаров определенным требованиям давно сопровождало деятельность человечества. Как только появился производитель, который хотел продать свою продукцию сам или с помощью продавца, появлялась и необходимость у покупателя знать, а какой же товар он получает, соответствует ли этот товар общепринятым нормам и требованиям? Это вопрос решался с помощью приобретения товаров у уже известных произво-

дителей, зарекомендовавших себя на рынке с хорошей стороны, либо приобретения товаров, имевших известные знаки (клейма, бренды), свидетельствующие о надежности производителя с точки зрения обеспечения качества выпускаемого им товара.

Для устройства на работу в престижные места, а также при совершении различного рода сделок широко использовались рекомендательные письма или устные рекомендации.

Этот разнородный вид деятельности стали называть «сертификацией» еще в XIX в. Сертификация в переводе с латыни означает «сделано верно».

В метрологии сертификация давно известна как деятельность по официальной проверке и клеймению (или пломбированию) стандартных образцов, весов и гирь и используется в международной метрологической практике уже более 100 лет. Клеймение свидетельствует о том, что образец или прибор удовлетворяет метрологическим характеристикам. Известно, что МКМВ еще в XIX в. передал России и другим странам эталоны массы (1 кг) и длины (1 м). Эти прототипы исходного эталона были переданы совместно с сертификатами, подтверждающими характеристики эталонов и содержащие подробные описания прототипов эталонов, сведения об их изготовлении и аттестации, о химическом составе прототипов, процедуре метрологической аттестации и др.

Сертификация как деятельность по проверке качества появилась в 1926 г. в Англии. Первоначально она охватывала страны, входившие в империю. Это объяснялось развитостью торговых связей между зависимыми и полузависимыми от империи в экономическом отношении стран. В начале 60-х гг. в Скандинавских странах создана региональная система, в которую вошли Дания, Швеция, Норвегия и Финляндия. Ее деятельность строится до сих пор на основании «Специальных правил», которыми, в частности, определены вопросы присуждения изделиям знака соответствия.

Для целей подтверждения безопасности и надежности морских судов давно существуют независимые классификационные организации, являющиеся третьей стороной для страховщиков и владельцев судов. Примером такой организации является Регистр Ллойда – авторитетнейшая международная организация в области сертификации судов. В России подобная организация (Русский Регистр, а затем Морской Регистр) была создана страховыми компаниями в

1913 г. С момента образования Русский Регистр занимался сертификацией безопасности судов гражданского назначения по правилам, принятым в международной практике. Подобная сертификация была престижна и выгодна для судовладельцев, поскольку служила гарантией надежности судна.

Началом широкого развития сертификации в международном масштабе в конце 60-х гг. можно считать решение ИСО об использовании международных стандартов для целей сертификации. Среди международных организаций наибольших успехов в разработке международных стандартов, пригодных для этих целей, добилась МЭК, а также Европейская экономическая комиссия ООН.

В настоящее время в системе Минэкономразвития России действует государственная Система классификации гостиниц, мотелей, домов отдыха, пансионатов, которым в зависимости от их состояния и выполняемых функций присваиваются сертификаты различных категорий. Во внешней торговле используются различные сертификаты: сертификаты происхождения, сертификаты инспектирования, сертификаты подтверждения доставки.

Основная доля продукции, выпускаемой в РФ, сертифицируется в настоящее время в системе обязательной сертификации ГОСТ Р.

Толчок к созданию системы сертификации в России и появлению Федерального закона «О сертификации продукции и услуг» (1993 г.) дали ряд Федеральных законов и в первую очередь Федеральный закон «О защите прав потребителей» (1992 г.). Этот закон установил обязательность сертификации безопасности товаров народного потребления.

### **5.3. Цели и принципы подтверждения соответствия**

*Подтверждение соответствия осуществляется в целях:*

удостоверения соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации работ, услуг или иных объектов ТР, стандартам, условиям договоров;

содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ и услуг;

повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международных рынках;

создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории РФ, а также осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

*При принятии решения о подтверждении соответствия руководствуются следующими принципами:*

1) доступность информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;

2) недопустимость применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования ТР;

3) установление перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем регламенте;

4) уменьшение сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя;

5) недопустимость принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия;

6) недопустимость подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией;

7) защита имущественных интересов заявителей, соблюдение коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия.

*Следует подчеркнуть, что эти принципы декларируют:*

об открытости и доступности информации по всем вопросам, касающимся подтверждения соответствия для всех заинтересованных лиц (принцип 1);

о недопустимости принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, если в этом нет необходимости (принцип 2), и превращения, таким образом, добровольной процедуры сертификации в принудительную (принципы 5 и 6);

о минимизации сроков и расходов при проведении работ по подтверждению соответствия (принцип 4), а также соблюдению коммерческой тайны (принцип 7);

об обязательности наличия схем и форм подтверждения соответствия (принцип 3).

## 5.4. Формы подтверждения соответствия

*Форма подтверждения соответствия* – определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных объектов на всех этапах их жизненного цикла, выполнения работ или оказания услуг требованиям ТР, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров.

Подтверждение соответствия различается не только по форме, но по содержанию, т.е. может иметь различные схемы подтверждения соответствия.

*Схема подтверждения соответствия* – перечень действий участников подтверждения соответствия, результаты которых рассматриваются ими в качестве доказательств соответствия продукции и иных объектов установленным требованиям (разд. 5.8).

На территории РФ подтверждение соответствия может носить **добровольный** или **обязательный** характер (рис. 5.1):

- *добровольное подтверждение соответствия* осуществляется в форме добровольной сертификации.

- *обязательное подтверждение соответствия* осуществляется в формах:

- принятия декларации о соответствии (декларирование соответствия);

- обязательной сертификации.

Порядок применения форм обязательного подтверждения соответствия устанавливается Федеральным законом [1].

Итак, в системе подтверждения соответствия вводятся две основные формы подтверждения: *добровольная и обязательная*. В чем же их различие и какую продукцию (работы, услуги) – *объекты сертификации*, можно и нужно сертифицировать? Какую форму подтверждения соответствия выбрать для того или иного объекта сертификации, и кто выбирает эту форму? Зависит ли форма подтверждения соответствия от объекта сертификации? Для чего существуют схемы подтверждения, и почему они различны? Равноправны ли различные формы сертификации? На эти нам необходимо получить ответы.

Следует отметить, что сертификация продукции (работ, услуг) довольно усложнена. Это обусловлено тем, что в процессе подтверждения соответствия участвуют три стороны (заявитель, по-

требитель и ОС), а сами объекты сертификации чрезвычайно разнообразны: продукция (продовольственные товары, медикаменты, промышленные товары, продукция повышенной опасности, военная продукция, оборудование различного назначения и др.), работы, услуги, системы качества, рабочие места и др.

Необходимо подчеркнуть, что *подтверждение соответствия* в Федеральном законе «*О техническом регулировании*» рассматривается, как соответствие характеристик объекта сертификации требованиям ТР. Однако в переходный период, когда по ряду направлений промышленной деятельности сертифицирование однородной продукции еще не введено в действие (не разработаны соответствующие ТР), подтверждение соответствия осуществляется с использованием существующей НД, перечень которой определен, как правило, системой сертификации однородной продукции. Поэтому ниже, если по тексту говорится о подтверждении соответствия требованиям ТР, то это справедливо в том случае, если эти регламенты разработаны к настоящему моменту времени.

### **5.5. Добровольное подтверждение соответствия**

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и ОС для установления соответствия объектов сертификации требованиям ТР, национальных стандартов, стандартов организаций, сводам правил, требованиям системы добровольной сертификации, условиям договора.

*Особенности добровольной сертификации:*

инициатором подтверждения соответствия при добровольной форме сертификации является производитель продукции или продавец, когда он приобрел продукцию для ее реализации, исполнитель услуг или работ;

объектами добровольной сертификации могут быть любые объекты сертификации, в том числе и объекты, подлежащие обязательной сертификации в соответствии с Перечнями продукции, утвержденными постановлениями Правительства РФ, как *дополнение к обязательной сертификации*;

добровольная сертификация не может заменить (подменить) обязательную сертификацию;



добровольная сертификация способна и призвана раскрыть все стороны объекта сертификации и может служить *рекламой* для объекта сертификации, раскрывая все потребительские возможности объекта, что не может выполнять обязательная сертификация;

система добровольной сертификации, которая устанавливает требования к однородной продукции, может быть создана не только юридическим лицом, но и индивидуальным предпринимателем;

форма добровольного подтверждения соответствия является наиболее характерной для рыночных отношений, поскольку позволяет Заявителю в инициативном порядке предлагать новую более совершенную продукцию, доказывая ее соответствие необходимым требованиям и повышая конкурентоспособность продукции;

услуги, как правило, являются объектами добровольной сертификации, поскольку в соответствии с Федеральным законом [1] услуги (работы) выведены из сферы обязательной сертификации.

В настоящее время добровольная сертификация не получила должного развития в РФ, поскольку существует опасность того, что при добровольной сертификации продукция может не соответствовать требованиям НД и иных документов.

*Примечание.* Тем не менее, с 15.02.2010 г. в России отменена обязательная сертификация продуктов питания и косметики (Постановление Правительства РФ от 01.12. 2009 г. № 982). Отныне производители могут осуществлять добровольное подтверждение соответствия продуктов питания (питьевой воды, сахара, соли, хлебобулочных и кондитерских изделий, овощных и рыбных консервов, мясных полуфабрикатов, колбас, алкоголя, пищевых концентратов), а также ряда изделий бытовой химии, парфюмерии, косметики и др. Полный перечень продукции утвержден Постановлением Правительства.

Одной из причин отмены обязательной сертификации продуктов питания послужило наличие в системе обязательной сертификации огромного количества фиктивных ОС, которые работали во взаимодействии (в сговоре) с фиктивными испытательными лабораториями.

В Европе система добровольной сертификации сложилась уже давно, но там ответственность за продажу некачественных товаров такова, что ни одна торговая точка не возьмет продукцию на реализацию, если она не имеет подтверждения безопасности всех ее компонентов. В противном случае на производителя, помимо штрафа, может быть наложен запрет на реализацию продукции. В России же пока штрафы за продажу некачественных товаров невелики (от 1 до 10 тыс. руб.).

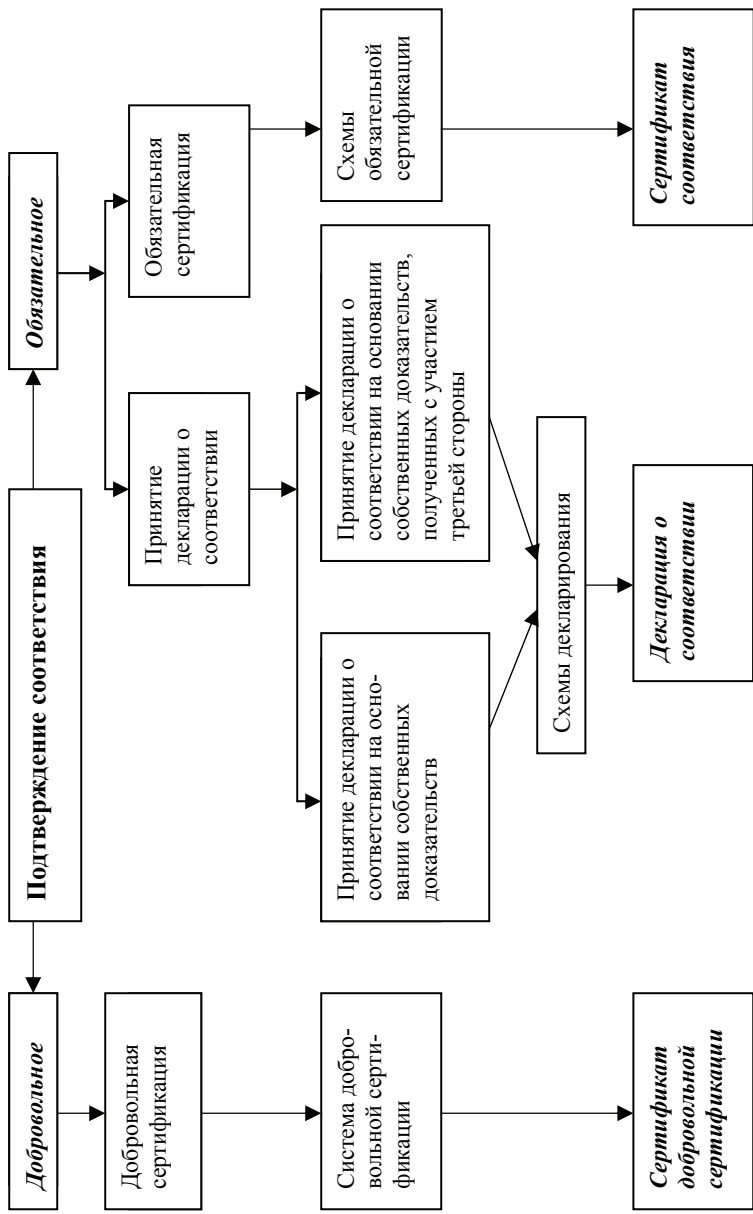


Рис. 5.1.1. Формы и схемы подтверждения соответствия

При добровольной сертификации заявитель взаимодействует с ОС, который:

осуществляет подтверждение соответствия объектов добровольного подтверждения соответствия;

выдает сертификаты соответствия на объекты, прошедшие добровольную сертификацию;

предоставляет заявителям право на применение *Знака соответствия*, если применение Знака соответствия предусмотрено соответствующей системой добровольной сертификации;

приостанавливает или прекращает действие выданных им сертификатов соответствия.

Как правило, объекты, подлежащие добровольной сертификации, проходят процедуру подтверждения соответствия в рамках одной из систем добровольной сертификации.

*Система добровольной сертификации* – совокупность правил выполнения работ по добровольной сертификации, ее участников и правил функционирования этой системы в целом. Система добровольной сертификации может быть создана юридическим лицом и (или) индивидуальным предпринимателем или несколькими юридическими лицами и (или) индивидуальными предпринимателями. В этой системе устанавливают *перечень объектов, подлежащих сертификации*, и их характеристик, соответствие которым осуществляет добровольная сертификация, правила выполнения работ и порядок их оплаты, а также определяют участников данной системы добровольной сертификации. Системой добровольной сертификации может предусматриваться применение Знака соответствия.

*Знак соответствия* – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту.

**Примечание.** Примеры систем добровольной сертификации.

*Система добровольной сертификации на товары и услуги*, разработанная Российским институтом потребительских испытаний (РИПИ).

*Система оценки стоимости автотранспортных средств* (СЕРТОПАТ), разработанная Министерством автомобильного транспорта РФ.

*Система добровольной сертификации информационных услуг по вопросам обеспечения единства измерений при обращении на рынке лабораторного оборудования и средств контроля*, разработанная Уральским НИИ метрологии.

*Система добровольной сертификации учебной литературы*. В качестве заявителя выступает автор (или учебное заведение), предлагающий рукопись книги в качестве учебника или учебного пособия. В роли третьей стороны выступает Департамент образовательных программ и стандартов профессионального образования Министерства образования и науки РФ. Государственный общеобразовательный стандарт и программа по данной учебной дисциплине являются в этом примере НД, на соответствие которым разрабатывается учебник. Схема подтверждения соответствия предусматривает оценку научно-методического уровня книги экспертами: рецензенты, кафедра, представляющая книгу в Министерство, УМО (учебно-методическое объединение по соответствующей специальности), специалисты Федерального экспертного совета при Министерстве. При положительных оценках автор (книга) получает экспертное заключение («сертификат соответствия») на право присвоения книге статуса учебника (учебного пособия) по данному направлению УМО. В качестве «знака соответствия» на титульном листе учебника приводится надпись «Рекомендовано Министерством образования и науки Российской Федерации в качестве учебника (учебного пособия) для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям.....».

Система добровольной сертификации *может быть* зарегистрирована федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию. Возможно создание системы добровольной сертификации без ее регистрации. Однако для заявителя (производителя), заинтересованного в распространении и реализации своей продукции, не имеет смысла избегать регистрации. Сведения о системах, прошедших регистрацию, публикуются в официальных изданиях Росстандарта и на его web-сайте.

Следует отметить также, что необязательность регистрации означает, что документы системы не подвергаются экспертизе и это может привести к появлению на рынке нескольких однотипных систем сертификации с разными требованиями к продукции.

Федеральным законом [1] определены перечень документов и порядок регистрации системы добровольной сертификации (ст. 21).

## **5.6. Обязательное подтверждение соответствия**

Обязательное подтверждение соответствия должно проводиться только в случаях, установленных соответствующим ТР, и **исключительно на соответствие требованиям ТР**. Объектом обяза-

тельного подтверждения соответствия может быть продукция, выпускаемая в обращение на территории РФ.

Обязательное подтверждение соответствия является формой государственного контроля **безопасности продукции** и может осуществляться только в соответствии с законодательными актами РФ. В переходный период, т.е. до вступления в действие соответствующих ТР, для обязательного подтверждения соответствия могут использоваться ряд документов, в том числе: федеральные законы РФ, постановления Правительства РФ, ГОСТ Р, ГОСТ, федеральные нормы и правила и др. Подчеркнем еще раз, что в перспективе обязательная сертификация будет вводиться **исключительно ТР**.

Можно отметить следующие особенности и общие положения обязательного подтверждения соответствия.

- Обязательное подтверждение соответствия может осуществляться в форме принятия *декларации о соответствии* и в форме *обязательной сертификации*. При этом *декларация о соответствии* и *сертификат соответствия* имеют равную юридическую силу независимо от схем обязательного подтверждения соответствия и действуют на всей территории РФ (см. рис. 5.1).

- Приоритетной формой обязательного подтверждения соответствия является декларирование соответствия, осуществляемое в соответствии с требованиями ТР. Обязательная сертификация в ТР должна закладываться только в обоснованных случаях. При этом для ее применения рекомендуется использовать один из следующих критериев [107]:

высокая степень потенциальной опасности продукции в сочетании со специальными мерами по защите рынка, потребителя и человека (например для лекарства, изделий атомной техники и оборонной продукции, изделий повышенной опасности и др.);

принадлежность конкретной продукции к сфере действия международных соглашений, конвенций и др., к которым присоединилась Россия и в которых предусмотрена сертификация подобной продукции (например, система сертификация транспортных средств на соответствие правилам ЕЭК ООН, система сертификации электрооборудования МЭК СЭ и др.);

исключение случаев, когда заявитель не может реализовать положения ФЗ, например на территории России, полномочного представителя зарубежного изготовителя или при невозможности зая-

вителя-продавца обеспечить собственные доказательства подтверждения соответствия в объеме, предусмотренном ТР.

- Обязательное подтверждение соответствия осуществляется на основании перечней, утвержденных постановлениями Правительства РФ и Росстандарта. На основании этих перечней Росстандарт разрабатывает номенклатуру продукции и услуг, детализирующие объекты обязательной сертификации, включая требования, выполнение которых необходимо подтвердить.

**Примечания:** 1. Перечень и номенклатура продукции, подлежащей *декларированию соответствия*, приведены в Постановлении Правительства РФ от 07.07.1999 г. и Постановлении Госстандарта РФ от 30.07.2002 г. № 64 соответственно.

2. Перечень и номенклатура продукции, в отношении которых установлена *обязательная сертификация*, приведены в Постановлении Правительства РФ от 13.08.1997 г. № 1013 и Постановлении Госстандарта РФ от 30.07.2002 г. № 64 соответственно.

Поскольку состав этих перечней не является постоянным, то необходимо рассматривать их со всеми изменениями.

Напомним, что добровольное подтверждение соответствия также осуществляется на основании перечней, определенных системами добровольной сертификации.

- Основной задачей обязательного подтверждения соответствия является обеспечение *безопасности* объекта сертификации в самом широком смысле. На выполнение этой задачи направлены, прежде всего, содержание номенклатуры продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия. Кроме обязательных требований, указанных в номенклатуре, заявитель в целях рекламы продукции и продвижению ее на рынке, может добровольно включить ряд дополнительных требований к продукции.

*Заявитель вправе:*

выбирать форму и схему подтверждения соответствия, предусмотренные для определенных видов продукции соответствующими НД (в перспективе только ТР);

обращаться для осуществления обязательной сертификации в любой ОС, область аккредитации которого распространяется на продукцию, которую заявитель намеревается сертифицировать;

обращаться с жалобами в орган по аккредитации на неправомерные действия ОС и испытательных лабораторий.

*Заявитель обязан:*

***обеспечивать соответствие продукции требованиям соответствующих НД*** (в перспективе только ТР);

выпускать в обращение продукцию, подлежащую обязательному подтверждению соответствия, только после осуществления такого подтверждения соответствия;

указывать в сопроводительной технической документации и при маркировке продукции сведения о сертификате соответствия или декларации о соответствии;

предъявлять в органы государственного контроля (надзора), а также заинтересованным лицам документы, свидетельствующие о подтверждении соответствия;

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

извещать ОС об изменениях, вносимых в техническую документацию или технологические процессы производства продукции;

приостанавливать производство продукции, которая прошла подтверждение соответствия и не соответствует требованиям НД, на основании решений органов государственного контроля.

### ***5.6.1. Декларирование соответствия***

Декларирование соответствия, т.е. заявление заявителя о соответствии продукции требованиям ТР, может осуществляться по одной из следующих схем (см. рис. 5.1):

***1. Принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств.***

Заявитель самостоятельно формирует материалы доказательств подтверждения соответствия требованиям ТР. В качестве таких материалов могут быть использованы: техническая документация, результаты собственных исследований и испытаний, испытания, проведенные испытательными лабораториями, сертификаты соответствия и (или) протоколы испытаний на сырье, материалы, ком-

плектующие изделия; сертификаты на систему качества и другие материалы, непосредственно или косвенно подтверждающие соответствие продукции установленным требованиям. Состав этих материалов должен определяться соответствующим ТР.

До принятия соответствующих ТР указанная выше схема декларирования допускается только для применения изготовителями продукции или только лицами, выполняющими функции иностранного изготовителя. Это ограничение не позволяет посредникам (перекупщикам) товаров использовать эту схему подтверждения, поскольку они не обеспечивают необходимое качество и не несут ответственности за нарушение требований НД (ТР).

2. *Принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств, доказательств, полученных с участием ОС и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра), т.е. третьей стороны.*

При этом заявитель по своему выбору в дополнение к собственным доказательствам:

включает в материалы по п. 1 протоколы исследований (испытаний) и измерений, проведенных третьей стороной;

предоставляет *сертификат системы качества*, в отношении которого предусматривается контроль (надзор) ОС, выдавшего данный сертификат.

Сертификат системы качества может использоваться в качестве дополнительного доказательства при принятии декларации о соответствии любой продукции, за исключением случая, если для такой продукции ТР предусмотрена иная форма подтверждения соответствия. Наличие сертификата качества является *веским аргументом* в пользу подтверждения соответствия, поскольку свидетельствует о том, что производство продукции осуществляется под надзором и в соответствии с требованиями соответствующих НД.

Оформленная декларация о соответствии подлежит регистрации в едином реестре деклараций о соответствии в течение трех дней. Постановлением Правительства РФ от 25.12.2008 г. № 1028 утверждено Положение о формировании и ведении единого реестра деклараций о соответствии, регистрации деклараций о соответствии и предоставлении сведений, которые должны содержаться в указанном реестре.



Зарегистрированная декларация является основанием для маркирования продукции *Знаком соответствия*. Отметим еще раз, что декларация и сертификат соответствия имеют равную силу и действуют равноправно на всей территории РФ. В этих документах просматривается различное юридическое проявление к своей продукции, предопределенное самим продуктом в соответствии с соответствующими перечнями. Если сертификат соответствия – документ, выдаваемый незаинтересованной организацией – ОС, то декларация – это волеизъявление производителя (заинтересованного лица), направленное на возникновение у него права на реализацию соответствующей продукции.

В настоящее время признание соответствия в форме декларации в РФ имеет ограниченный характер (примерно 20 % от всех объектов обязательного подтверждения). Это обусловлено тем, что добровольное декларирование в основном распространяется на малопаспортную продукцию.

### ***5.6.2. Обязательная сертификация***

Обязательная сертификация осуществляется Органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для определенных видов продукции, устанавливаются соответствующими ТР.

Сертификация продукции производится в следующем порядке:

1. *Подача заявления на проведение сертификации в соответствующий ОС.* В зависимости от схемы сертификации совместно с заявлением изготовитель продукции может предоставить дополнительные материалы, в том числе материалы испытаний продукции.

2. *Рассмотрение заявления в ОС и принятие решения по заявке* (не позднее, чем через 15 дней). Решение ОС должно содержать в себе все основные компоненты для процедуры проведения сертификации: предложение по схеме сертификации, перечень дополнительных документов, например заключение санитарно-эпидемиологической службы, перечень аккредитованных испытательных лабораторий, которые могут провести испытания сертифицируемой продукции, и др. Отметим, что право выбора лаборатории (центра) для проведения испытаний остается за заявителем.

3. *Отбор образцов и их испытание.* По результатам испытаний составляются протоколы испытаний, копии которых предоставляются заявителю и в ОС. Копии протоколов испытаний и испытательные образцы хранятся в течение срока действия сертификата.

4. *Анализ состояния производства.* В зависимости от схемы сертификации, кроме испытаний образцов ОС, может производиться анализ производственного процесса на предприятиях заявителя (наличие лицензий на виды деятельности, организация системы качества, сертификаты на материалы и комплектующие и др.).

5. *Оформление сертификата.* При положительных результатах анализа протоколов испытаний (проверки состояния производства) ОС принимает решение об оформлении сертификата соответствия и его регистрации (присвоении номера). Сертификат соответствия выдается, если продукция соответствует *всем требованиям НД*, установленным для данной продукции.

Когда этот термин применяется к продукции, и с его помощью устанавливается изготовитель данного товара (страна, название фирмы, ее юридический адрес), такой вид сертификата называется *сертификатом происхождения*. Кроме этого выделяют еще несколько видов сертификатов: гигиенический сертификат, сертификат качества, сертификат безопасности, карантинный сертификат.

*Примечание.* Сертификат должен обязательно содержать: указание о системе сертификации и органе, выдавшем сертификат; регистрационный номер; срок действия; подпись руководителя и печать органа по сертификации; кому выдан сертификат; наименование товара; форму проверки соответствия (проверка производства, испытание типовых образцов, испытание выборки из партии товара, испытание каждого изделия); ссылку на НД, которому соответствует товар (партия); порядок маркировки товара (тары, упаковки, документации) Знаком соответствия. Срок действия сертификата устанавливается ОС с учетом срока годности продукции, но не более трех лет.

Для тех случаев, когда ТР еще не разработаны, т.е. на переходный период, сертификат соответствия должен содержать практически все сведения, необходимые для идентификации продукции и сведения о заявителе.

В сопроводительной технической документации, прилагаемой к сертификату соответствия (техническое описание, технические условия, руководство по эксплуатации, паспорт, формуляр и др.), а

также товарно-сопроводительной документации, делается запись о сертификации с указанием реквизитов сертификата (срок действия, орган, выдавший сертификат, номер сертификата).

6. При положительном решении о сертификации продукции она маркируется *знаком соответствия* – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы сертификации или национальному стандарту.

*Примечание.* Знак системы сертификации ГОСТ Р представляет сочетание РСТ (Российский Стандарт), указывая на национальную принадлежность этого знака соответствия. Под знаком соответствия при обязательной сертификации проставляется код органа по сертификации, часто буквенные индексы отражают начальные буквы сертифицируемого объекта: УО; УП – услуги общественного питания; БП – посуда; ПП – пищевые продукты.

Маркирование продукции знаком соответствия осуществляет изготовитель. Знак соответствия ставится на изделие и тару, сопроводительную документацию, на квитанции, наряд-заказы, договоры, бланки и др., а также используют в рекламных и печатных изданиях. Порядок применения знаков соответствия устанавливается правилами соответствующей системы сертификации, например, знак может наноситься на тару, если его невозможно нанести на продукцию (жидкость, газ и др.). Знак должен быть хорошо виден и считываемым, стойким к изменениям погодных условий и др.

Продукция, соответствующая требованиям ТР, должна маркироваться *Знаком обращения на рынке*. Постановлением Правительства РФ от 10 ноября 2003 г. в соответствии со ст. 27 Федерального закона должен быть утвержден *Знак обращения на рынке*. Продукция, соответствие которой не подтверждено требованиями ТР, не может быть маркирована знаком обращения на рынке. В связи с этим маркировка сертифицированной продукции в настоящее время осуществляется знаком соответствия.

Маркировка знаками обращения на рынке и знаками соответствия осуществляется заявителем любым удобным для него способом.

7. В течение всего ЖЦП, при проведении работ или выполнении услуг, имеющих сертификат, органами инспекции и надзора осуществляется контроль исполнения требований в соответствии с выданным сертификатом. Периодичность такого контроля составляет, как правило, один раз в год. Проверки продукции, которая имеет короткий жизненный цикл (скоропортящаяся продукция, пе-

перерабатываемое сырье и др.), обычно не подвергаются инспекционному контролю. При этом контроль качества продукции заменяется контролем *процесса производства* (изготовления) продукции в соответствии со схемой сертификации. Внеплановый контроль может производиться при поступлении жалоб о некачественной продукции.

За нарушение требований ТР и в случае неисполнения предписаний и решений органов государственного контроля (надзора) изготовитель (исполнитель, продавец и др.) несет ответственность в соответствии с законодательством РФ. Если эти нарушения связаны с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, или возникла угроза причинения такого вреда, изготовитель (исполнитель, продавец, лицо, исполняющее функции иностранного изготовителя) *обязан возместить причиненный вред и принять меры в целях недопущения причинения вреда другим лицам, их имуществу, окружающей среде.*

Процедуры информирования о несоответствии продукции, а также обязанности изготовителя (продавца) и действия органов государственного контроля в этих случаях определены Федеральным законом. В частности, изготовитель обязан сообщать о несоответствии выпущенной продукции в орган государственного контроля (надзора) в течение десяти дней с момента получения указанной информации. Кроме того, *любой гражданин*, которому стал известен факт нарушения требований сертификата, вправе направить информацию о несоответствии продукции в орган государственного контроля (надзора).

### ***5.6.3. Ввоз продукции из-за рубежа***

Продукция, ввозимая на территорию РФ, должна быть сертифицирована. Вся система ввоза продукции на территорию РФ организована таким образом, чтобы обеспечить подтверждение соответствия характеристик ввозимых товаров требованиям отечественных НД, обращая в первую очередь внимание на ее безопасность.

Импортная продукция подлежит таможенному контролю, подтверждающему ее безопасность путем проведения сертификационных испытаний или наличием иностранных сертификатов. Поскольку с рядом зарубежных ОС имеются соглашения о взаимном признании результатов сертификации, то такие сертификаты не требуют проведения процедуры дополнительного подтверждения (например, для ДИН ГОСТ ТЮФ – общество по сертификации в Европе, SGS – швейцарская фирма и др.).

Полученные за пределами РФ документы подтверждения соответствия, знаки соответствия, протоколы исследований (испытаний) и измерений продукции могут быть признаны в соответствии с международными договорами РФ.

Перечень продукции, требующей подтверждения ее безопасности при ввозе на территорию РФ, должен утверждаться Правительством РФ на основании соответствующих ТР. В переходный период этот перечень устанавливается Росстандартом по согласованию с ГКТ России.

Сертификация импортируемой (экспортируемой) продукции проводится в рамках Системы ГОСТ Р. Для проведения работ по сертификации импорта Росстандарт и ГКТ России ввели в действие Порядок ввоза на территорию РФ товаров, подлежащих обязательной сертификации, в соответствии с которым установлен Перечень товаров, требующих подтверждения безопасности при их ввозе на территорию РФ. Перечень ТН ВЭД № 496, утвержденный Росстандартом и согласованный с ГКТ России «О применении перечней товаров, подлежащих обязательной сертификации при ввозе на таможенную территорию РФ», введен в действие 14 августа 1996 г.

### **5.7. Участники сертификации**

Участниками сертификации являются: заявитель (производитель продукции), заказчики продукции (потребители, продавцы) и организации, оформляющие процесс сертификации (ОС и испытательные лаборатории, федеральные органы исполнительной власти). Следует подчеркнуть, что сертификация осуществляется именно в интересах второй стороны, т.е. потребителя – приобретателя продукции. Без заказчика, потребителя или перекупщика, приобретающего товар для перепродажи, сертификация не имела бы смыс-

ла. Заметим, что перекупщик, приобретающий товар, выступает в роли второй стороны, а когда продает его покупателю – в роли первой стороны.

Права и обязанности *заявителя* приведены в разд. 5.6.

Права *потребителя* регулируются федеральными законами «О защите прав потребителей», «Гражданским кодексом РФ» и др.:

право потребителя на безопасность продукции (работы, услуги);

право потребителя на достоверную и полную информацию об изготовителе (исполнителе, продавце) и о продукции;

право возмещения вреда, причиненного жизни, здоровью и имуществу потребителя вследствие непредоставления ему информации о продукции, в том числе полного возмещения убытков, причиненных природным объектам, находящимся в собственности потребителя;

другие права.

Федеральный закон устанавливает (ст. 26), что *Орган по сертификации* должен выполнять следующие функции:

привлекать на договорной основе для проведения исследований (испытаний) и измерений испытательные лаборатории, аккредитованные в порядке, установленном Правительством РФ;

осуществлять контроль за объектами сертификации, если такой контроль предусмотрен схемой обязательной сертификации и договором;

вести реестр выданных им сертификатов соответствия;

информировать органы соответствующего государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР о продукции, поступившей на сертификацию, но не прошедшей ее;

выдавать сертификаты соответствия, приостанавливать или прекращать действия выданных им сертификатов соответствия и информировать об этом федеральный орган исполнительной власти, организующий формирование и ведение единого реестра сертификатов соответствия, и органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР;

обеспечивать предоставление заявителям информации о порядке проведения обязательной сертификации;

определять стоимость работ по сертификации, выполняемых по договору с заявителем;

принимать решения о продлении сроков действия сертификатов соответствия, в том числе по результатам проведенного контроля.

Испытания и измерения продукции при осуществлении обязательной сертификации осуществляются **аккредитованными испытательными лабораториями (центрами)** на основе договоров с ОС. Они не вправе предоставлять лабораториям сведения о заявителе. Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) оформляет результаты исследований (испытаний) и измерений соответствующими протоколами, на основании которых ОС принимает решение о выдаче или об отказе в выдаче сертификата соответствия. Испытательная лаборатория несет ответственность за достоверность и объективность результатов измерений, испытаний и измерений.

**Примечание.** Испытательная лаборатория для участия в системе сертификации должна быть аккредитована. *Аккредитация испытательной лаборатории* – это официальное признание уполномоченным органом компетентности испытательной лаборатории проводить *конкретные испытания* или в определенной области деятельности конкретные виды испытаний.

В отличие от зарубежных стран, где лаборатории аккредитованы как независимые, в России аккредитация лабораторий проводится на техническую компетентность. Эти лаборатории, как правило, являются одним из структурных подразделений предприятия и, как правило, на базе профильной лаборатории научно-исследовательского института. Сертификационные испытания проводятся в ней при участии либо независимого эксперта, либо независимого лица из ОС. *Аттестация испытательной лаборатории* – это проверка лаборатории с целью определения ее соответствия установленным требованиям – критериям аккредитации. Требования регулируются государственными стандартами, положения которых гармонизированы с учетом соответствующих руководств ИСО/МЭК и европейских стандартов, относящихся к деятельности испытательных лабораторий (стандарты серии EN 45001, EN 45002, EN 45003). Процедура аккредитации осуществляется в соответствии с Рекомендациями по аккредитации Р. 50.4.001-96 «*Порядок проведения работ по аккредитации органом по сертификации испытательных и измерительных лабораторий*». Аккредитованная испытательная лаборатория должна поддерживать свое соответствие требованиям государственных стандартов ГОСТ Р 5100.3-96 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 17011-2008. *Оценка соответствия. Общие требования к органам по аккредитации, аккредитующим органы по оценке соответствия.*

В системе сертификации ГОСТ Р в настоящее время аккредитовано свыше 4 тыс. лабораторий. Из общего числа более 600 специалистов занимаются испытаниями продукции машиностроения и электротехнических изделий, 350 – сырья и материалов, около одной тыс. – продуктов питания и сельскохозяйственного сырья, более 40 тыс. – товаров легкой промышленности и т.д.

Специалист, аттестованный на право проведения ряда работ в области сертификации, называется *экспертом органа по сертификации*. Эксперты выполняют основную практическую работу по рассмотрению материалов, поступивших от заявителя и от испытательных лабораторий, и готовят компетентные предложения о возможности выдачи соответствующего сертификата.

## 5.8. Схемы подтверждения соответствия

В основе любой сертификации лежат *схемы сертификации*, которые представляют собой определенную совокупность действий, официально принимаемых в качестве доказательств соответствия продукции заданным требованиям.

Основным критерием выбора той или иной схемы сертификации является характер продукции. Схемы сертификации, как правило, устанавливаются в соответствующих системах сертификации однородной продукции. Право выбора соответствующей схемы предоставляется ОС или заявителю, и, как правило, схему добровольной сертификации определяет заявитель и предлагает ОС. При положительных результатах проверок в соответствии с принятой схемой оценки соответствия заявитель получает один из документов: «Декларацию о соответствии» при декларировании соответствия либо «Сертификат соответствия» при обязательной сертификации (см. рис. 5.1).

В табл. 5.1 и 5.2 представлены схемы обязательного подтверждения соответствия, рекомендуемые Р50.1.046-2003 [107].

*Примечание.* Обозначение схем образуется порядковым номером с буквой «д» — для схем декларирования и буквой «с» — для схем сертификации. В схемах декларирования даны обозначения (3-й столбец табл. 5.1) ближайших по смыслу модулей оценки соответствия, принятых в европейских директивах (прил. 1), а в схемах сертификации табл. 5.2 – обозначения соответствующих ранее используемых схем, приведенных в Постановлении Росстандарта от 25.07.1996 г. № 15.

Схемы включают одну или несколько операций, результаты которых необходимы для подтверждения соответствия установленным требованиям:

испытания (типовых образцов, партий или единиц продукции);



сертификацию СК (на стадиях проектирования и производства, производства или при окончательном контроле и испытаниях); инспекционный контроль.

Основная роль схем сертификации состоит в том, что они позволяют формализовать приемы доказательства соответствия участникам подтверждения соответствия, органам государственного контроля (надзора), а также другим заинтересованным лицам.

Поясним основные действия, осуществляемые при реализации различных схем сертификации и их сравнительные преимущества и недостатки.

### **5.8.1. Схемы декларирования**

В Рекомендациях Р.50.1.046-2003 и Р 501.044-2003 приведены семь схем декларирования обязательного подтверждения соответствия (см. табл. 5.1), которые позволяют выбрать необходимую процедуру подтверждения соответствия, учитывая ряд факторов:

степень потенциальной опасности продукции;

чувствительность требований ТР по безопасности к изменению производства и (или) условий эксплуатации;

степень сложности конструкции (проекта);

наличие других механизмов оценки соответствия, например, государственного контроля.

Выбор схем декларирования рекомендуется осуществлять экспертными методами и с учетом суммарного риска от недостоверной оценки соответствия и ущерба от применения продукции, прошедшей подтверждение соответствия.

*Таблица 5.1*

**Схемы декларирования соответствия**

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля
1д	<b>Заявитель</b> Приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле. Принимает декларацию соответствия	А

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля
2д	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии	С
3д	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует СК 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 СК	D
4д	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует СК 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 СК	E
5д	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания партии выпускаемой продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии	F
6д	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует СК на этапах проектирования и производства <b>Заявитель</b> Проводит испытания образца продукции Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль за СК	G

Схемы гармонизированы с европейским модульным подходом (см. прил. 1) к оценке соответствия в той степени, в которой это не противоречит нормам Федерального закона.

В качестве **примера** приведем описание этапов реализации схемы 3д. Она включает следующие операции, которые типичны и для других схем:

испытания типового образца, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией;

подача заявки в ОС на проведение сертификации СК;  
сертификация ОС системы менеджмента качества, касающейся производства продукции;

принятие заявителем декларации о соответствии;  
маркирование продукции знаком обращения на рынке;  
инспекционный контроль органа по сертификации за СК.

Протокол испытаний типового образца, кроме характеристик продукции, должен содержать описание типа продукции (непосредственно или в виде ссылок), а также содержать заключение о соответствии характеристик продукции технической документации, по которой он изготовлен.

Заявитель по своему выбору подает заявку на сертификацию СК в один из аккредитованных органов по сертификации СК. В заявке должен быть указан документ, на соответствие которому проводится сертификация СК (ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 14001, ГОСТ Р 12.0.006 и т.п.). Система качества должна обеспечивать соответствие изготавливаемой продукции требованиям НД и ТР.

При получении сертификации на СК заявитель принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в порядке, установленном законом, и маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Орган по сертификации осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной СК с целью удостоверения того, что заявитель продолжает выполнять принятые на себя обязательства. Контроль проводится с помощью периодических проверок. Орган по сертификации имеет право проведения внеочередных проверок. Во время проверок могут быть проведены испытания продукции с целью контроля эффективности работы СК и стабильности характеристик продукции.

Результаты инспекционных проверок оформляют актом и доводят до сведения заявителя.

Описание других схем декларирования представлено в [107]. Рекомендации по выбору схем декларирования приведены в прил. 2, а дополнительные рекомендации, разработанные во ВНИИСе – в Р 50.1.044-2003 [2, 108].

### 5.8.2. Схемы сертификации

*Схема сертификации* – это состав и последовательность действий третьей стороны при оценке соответствия продукции, услуг, СК и персонала. Так же как и для схем декларирования, схемы сертификации должны обеспечивать необходимую и достаточную доказательную базу соответствия характеристик продукции требованиям НД.

В качестве **примера** приведем описание этапов реализации схемы **4с**. Она включает следующие операции, которые типичны и для других схем (см. табл. 5.2):

- подача заявителем в ОС заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятие по ней решения ОС;
- проведение испытаний типового образца аккредитованной испытательной лаборатории;
- проведение ОС анализа состояния производства;
- обобщение результатов испытаний и анализа состояния производства и выдача заявителю сертификата соответствия;
- маркирование продукции знаком обращения на рынке;
- инспекционный контроль сертифицированной продукции и анализ состояния производства.

Заявитель по своему выбору подает заявку на сертификацию продукции в один из аккредитованных органов по сертификации, имеющей право аккредитации данного вида продукции. Испытания типового образца (типовых образцов) проводятся аккредитованной испытательной лабораторией по поручению ОС, которому выдается протокол испытаний. Анализ состояния производства проводится ОС у заявителя. Результаты оформляются актом.

При положительных результатах испытаний и анализа состояния производства ОС оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю, который на основании сертификата маркирует продукцию знаком обращения на рынке.

Заявитель в процессе производства данной продукции обязан информировать ОС об изменениях, вносимых в продукцию. ОС после проверки и анализа этих изменений принимает решение о

сохранении действия выданного сертификата. О своем решении он сообщает изготовителю.

В период действия сертификата и реализации продукции ОС проводит инспекционный контроль сертифицированной продукции путем периодических испытаний образцов продукции и проведения анализа состояния производства. По результатам контроля ОС принимает одно из следующих решений по действию сертификата соответствия: считать его действие подтвержденным; приостановить или отменить его действие.

Рекомендации по применению той или иной схемы при обязательной сертификации приведены в прил. 2, а дополнительные рекомендации — в Р 50.1.044-2003 [108].

*Примечание.* Схемы сертификации при добровольном подтверждении соответствия не применяют. В схемах сертификации допустимо применение документальных доказательств соответствия, полученных заявителем, вне данной сертификации, что сокращает объем проверок. В зависимости от вида сертифицируемой продукции к таким документам могут быть отнесены: протоколы приемочных или других видов испытаний (в том числе в зарубежных лабораториях); санитарно-эпидемиологическое заключение о состоянии производства; гигиенический сертификат; сертификат пожарной безопасности; ветеринарный сертификат; сертификат происхождения; сертификат или декларация субпоставщиков и др.

Таблица 5.2

### Схемы сертификации

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение прежней схемы
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

Обозначение схемы	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение прежней схемы
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
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 партии выпускаемой продукции <b>Аккредитованный орган по сертификации</b> Проводит сертификацию СК или производства Выдает заявителю сертификат соответствия Осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (контроль СК (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

Выбор схемы сертификации можно вести с двух точек зрения – с точки зрения оптимального использования возможностей самих схем и с точки зрения учета конкретных особенностей продукции, ее производства, хранения и транспортирования. Цель выбора – получить доказательства способности производства обеспечить стабильный выпуск продукции не ниже требуемого качества (заданного показателями характеристик качества). Кроме обеспечения доверия учитывается экономичность его достижения. Различают сертификаты на каждое изделие (единицу продукции), на опреде-

ленную партию изделий и на весь объем продукции, выпущенный за период действия сертификата.

В странах ЕС распространена практика подтверждения соответствия в форме принятия декларации о соответствии европейским директивам. В качестве схем соответствия в ЕС используют модули подтверждения соответствия и их модификации (см. прил. 1).

Модульный подход имеет следующие особенности:

подтверждение соответствия как процесс подразделяется на процедуры-модули, которые распространяются на этап проектирования, либо на этап производства или на оба этапа;

восемь основных модулей и восемь их модификаций могут быть скомбинированы в разнообразные наборы в зависимости от группы продукции;

процедура подтверждения основана на участии изготовителя или Уполномоченного органа;

подтверждение соответствия завершается принятием решения о соответствии (или несоответствии) продукции существенным требованиям регламентирующего документа (ТР или директивы ЕС) и возможности нанесения маркировки соответствия ЕС.

*Примечание.* В ЕС, в соответствии с Европейскими директивами, действует институт Уполномоченных органов. По каждому ТР определен компетентный Уполномоченный орган, ответственный за его научно-техническое сопровождение при введении в действие ТР. Основная функция Уполномоченного органа состоит в подготовке заключений о том, что тот или иной применяемый документ (стандарт, ТУ и т.д.) обеспечивает достижение требований ТР.

Анализ показывает, что модули оценки подтверждения соответствия близки по смыслу восьми основным схемам подтверждения соответствия (см. табл. 5.1), применяемым в России и в международной практике.

### **5.8.3. Добровольная сертификация**

Схемы сертификации с использованием декларации о соответствии при добровольной сертификации не применяют. При этом допустимо применение документальных доказательств соответствия, полученных заявителем, вне данной сертификации, что сокращает объем проверок. В зависимости от вида сертифицируемой

продукции к таким документам могут быть отнесены: протоколы приемочных или других видов испытаний (в том числе в зарубежных лабораториях); санитарно-эпидемиологическое заключение о состоянии производства; гигиенический сертификат; сертификат пожарной безопасности; ветеринарный сертификат; сертификат происхождения; сертификат или декларация субпоставщиков и др. Тем не менее существует определенный порядок (регламент) проведения добровольной сертификации в рамках данной Системы добровольной сертификации.

## 5.9. Системы сертификации

### 5.9.1. Общие сведения о системах сертификации

Одной из важнейших особенностей сертификации является то, что все операции (процедуры, правила, испытания и другие действия) *осуществляются в рамках определенной системы, которая устанавливает четкие правила их выполнения и функционирует под руководством специально уполномоченного органа.* Этот орган в роли третьей стороны осуществляет руководство организацией и функционированием системы в соответствии с действующим законодательством и нормативными актами страны или ряда стран [52, 53]. Системы сертификации могут действовать на национальном, региональном и международном уровнях.

В РФ действует **национальная Система сертификации ГОСТ Р**, в Европе – региональная система сертификации, управляемая Европейской организацией по испытаниям и сертификации (ЕОИС). В качестве международной – можно отметить систему МЭК по сертификации изделий электронной техники (МСС ИЭТ).

На территории РФ существует ряд систем сертификации, в том числе: средств защиты информации (отдельные системы для ФСТЭК, СВР, ФСБ и Минобороны России); безопасности взрывоопасных производств; на федеральном железнодорожном транспорте; области связи; продукции и услуг в области пожарной безопасности; в гражданской авиации РФ; геодезической, топографической и картографической продукции; авиационной техники и объ-



ектов гражданской авиации; космической техники научного и народнохозяйственного назначения; *оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения (ОИТ)*; иммунобиологических препаратов; по экологическим требованиям.

В систему сертификации могут входить организации независимо от форм собственности, общественные объединения, а также несколько систем сертификации однородной продукции.

**Система сертификации однородной продукции** – это система, относящаяся к определенной группе продукции (в отдельных случаях – к совокупности видов продукции, объединенных общностью одного или нескольких свойств), для которой применяются одни и те же конкретные стандарты и правила и та же самая процедура.

Например, система сертификации пищевых продуктов и пищевого сырья, система сертификации бытовых услуг, система сертификации электротехнической продукции, система сертификации транспортных средств и другие. Конкретный перечень товаров (услуг) определяется документами системы или общими перечнями продукции путем ссылки на коды классификатора продукции (ОКП) или товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД), а также путем указания соответствующих государственных стандартов и приравненных к ним документов. На практике в этой системе применяются стандарты, правила и процедуры, относящиеся именно к данной продукции.

В качестве примера объединенной и довольно сложной системы сертификации можно привести *«Систему оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения (ОИТ)»* [43].

Системы сертификации подлежат государственной регистрации в порядке, установленном Росстандартом. В настоящее время можно сказать, что первый и необходимый этап вхождения систем сертификации РФ в рыночную экономику пройден – в стране, в основном, создан механизм сертификации и действуют системы сертификации.

*Полномочия по государственной регистрации систем сертификации и знаков соответствия, действующих в РФ, распространяются на системы обязательной и добровольной сертификации. Госу-*

дарственная регистрация систем сертификации и знаков соответствия является исключительной компетенцией Росстандарта. Цели государственной регистрации, объем полномочий регистрационного органа, характер и количество представляемых документов при регистрации систем обязательной и добровольной сертификации принципиально различаются.

**Системы обязательной сертификации** создаются государственными органами управления для реализации решений законодательного органа о проведении обязательной сертификации. Исполнители работ в этих системах должны быть аккредитованы на право проведения соответствующих работ государственными органами. Некоторые из участников обладают контрольными и арбитражными функциями. В связи с этим законом установлен разрешительный (лицензионный) порядок деятельности. Такой порядок требует всесторонней предварительной проверки и подтверждения компетентности участников сертификации. Регистрация осуществляется после установления соответствия всем предъявленным требованиям.

Положение о Росстандарте *предусматривает государственную регистрацию и ведение реестров* сертифицированных товаров, аккредитованных ОС, испытательных лабораторий (центров) и сертификационных знаков.

**Системы добровольной сертификации** в отличие от систем обязательной сертификации носят явочно-учетный характер. Закон не предусматривает возможности отказа в регистрации такой системы ни по каким основаниям. Это объясняется тем, что работы по добровольной сертификации осуществляются на договорной основе и не требуют специального правового регулирования, а подчиняются общим нормам гражданского законодательства. Необходимым условием начала функционирования системы является регистрация заявителя в качестве юридического лица.

*Добровольная сертификация* может осуществляться органами по добровольной сертификации, входящими в систему добровольной сертификации. Такую систему может организовать любое юридическое лицо, зарегистрировавшее данную систему и знак соответствия в специально уполномоченном федеральном органе исполнительной власти в области сертификации. *Допускается проведение добровольной сертификации в системах обязательной*

*сертификации. Добровольная сертификация касается видов продукции, процессов или услуг, не включенных в обязательную номенклатуру и определяемых заявителем (либо в договорных отношениях).*

*Добровольная сертификация продукции, подлежащей обязательной сертификации, не может заменить обязательную сертификацию такой продукции. Развитие этого вида сертификации поддерживается государством, поскольку добровольная сертификация способствует повышению конкурентоспособности продукции.*

Деление сертификации продукции на добровольную и обязательную в Руководстве ИСО/МЭК 2 не существует. В РФ это деление в основном совпадает с делением сертификации на коммерческую и государственную. Особенностью российской системы сертификации явилось и то, что она не выросла снизу из систем сертификации различного функционального назначения, как это было, например, в Европе, а определена «сверху», учитывая опыт развитых стран в деле развития сертификации.

Ниже более детально рассматриваются две крупные системы обязательной сертификации: система сертификации национальных стандартов ГОСТ Р и система сертификации атомной отрасли ОИТ.

### **5.9.2. Система сертификации ГОСТ Р**

«Положение о системе сертификации ГОСТ Р», принятое постановлением Госстандарта России от 17.03.1998 г. № 11, упорядочивает организационную структуру Системы сертификации ГОСТ Р и функции участников Системы, уточняет правила Системы с учетом новых законодательных актов РФ.

*Система сертификации ГОСТ Р – первая в России национальная система обязательной сертификации. Она создана для проведения и организации работ по обязательной сертификации продукции и обеспечения необходимого уровня объективности и достоверности результатов сертификации. В системе ГОСТ Р может проводиться и добровольная сертификация по тем же правилам и процедурам.*

Система ГОСТ Р охватывает все виды продукции, которые подлежат сертификации, в соответствии с Федеральным законом «О

защите прав потребителей» и другими законодательными актами, касающимися отдельных видов продукции. Практика показывает, что заявители при добровольной сертификации чаще всего обращаются к этой системе.

В системе ГОСТ Р сертифицируются:

товары для личных бытовых нужд граждан;

продукция производственно-технического назначения;

строительная продукция;

выполняемые работы и оказываемые услуги населению;

системы менеджмента качества;

производства.

В системе ГОСТ Р проводится сертификация отечественной и импортруемой продукции по единым правилам.

*Объекты обязательной сертификации в системе ГОСТ Р* определены перечнями, утвержденными Постановлением Правительства РФ «*Об утверждении перечня товаров, подлежащих обязательной сертификации, и перечня работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации*» от 13.08.1997 г. № 1013, и перечнем средств производства, оборудования для средств коллективной и индивидуальной защиты, утверждаемым Росстандартом. Эти перечни периодически пересматривается и обновляется Росстандартом.

*Нормативную базу* подтверждения соответствия при обязательной сертификации в системе ГОСТ Р составляют государственные стандарты, санитарные нормы и правила, строительные нормы и правила, другие документы, которые в соответствии с законодательством РФ устанавливают обязательные требования к качеству товаров (работ и услуг). При добровольной сертификации – НД различных категорий, предложенных заявителем. Система ГОСТ Р включает в качестве подсистем системы сертификации однородной продукции (работ, услуг).

Объективность и достоверность сертификации обеспечивается аккредитацией ОС и испытательных лабораторий, а также аттестацией экспертов.

*Организационную структуру* системы ГОСТ Р составляют: Росстандарт, ОС, испытательные лаборатории (центры). Система ГОСТ Р является открытой для всех субъектов, признающих ее правила, в том числе органов государственного управления, на ко-

торые возложена деятельность по сертификации, а также организаций других стран. На основе соглашений данная система взаимодействует с другими сертификационными системами.

Требования к добровольным системам сертификации и их аккредитации установлены в ГОСТ Р 40.101-95 «Государственная регистрация добровольных систем сертификации».

### **5.9.3. Система обязательной сертификации ОИТ**

Система сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения (далее по тексту – система ОИТ<sup>33</sup>) начала создаваться в 1998 г. совместно Минатомом России, Госстандартом России и Госатомнадзором России. Это были годы, когда сертификация, как одна из форм подтверждения соответствия требованиям НД с уклоном на экономическую самостоятельность, начинала свое развитие в РФ.

Система ОИТ, организованная в соответствии с Федеральным законом «О сертификации продукции и услуг» (1993 г.) и Федеральным законом «Об использовании атомной энергии» (1995 г.), устанавливает [41]:

*полномочия* федеральных органов исполнительной власти, специально уполномоченных в области сертификации другими законодательными актами РФ;

*выполнение* федеральными органами исполнительной власти организации работ по *обязательной сертификации* в случаях, предусмотренных законодательными актами РФ в отношении отдельных видов продукции;

*необходимость государственной регистрации* в установленном порядке систем сертификации в Росстандарте;

*установление* федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными на это, *форм обязательной сертификации* с учетом сложившейся международной и зарубежной практики;

*состав участников* обязательной сертификации, их полномочия и обязанности;

*условия ввоза* импортной продукции;

другие необходимые для деятельности системы ОИТ положения.

---

<sup>33</sup> ОИТ – начальные буквы слов «оборудование, изделия и технологии».

В 1999 г. Госстандарт зарегистрировал систему ОИТ. К этому времени были разработаны и введены в действие основные документы системы ОИТ. В настоящее время этот перечень включает в себя более 20 документов [31].

Одной из основных целей сертификации является установление контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества и подтверждение показателей качества продукции, заявленных изготовителем. В связи с этим область действия системы ОИТ, определенная в ОИТ-0001-1998, относится к сертификации продукции, применяемой на ядерных установках, радиационных источниках или в пунктах хранения и важной для их безопасности, а также продукции, производимой ими и представляющей собой ядерную и/или радиационную опасность.

Сертификация в системе ОИТ рассматривается в качестве инструмента, позволяющего подтвердить качество продукции, поставляемой на объекты ИАЭ или производимой ими, что в конечном итоге должно сказаться на общем уровне безопасности этих объектов. Это согласуется с существующим в международной практике подходом к обеспечению безопасности ИАЭ.

Структура системы ОИТ включает в себя Центральный орган, Орган по сертификации, Рабочий орган, сертификационные экспертные центры и испытательные лаборатории (центры), аккредитованные в установленном в системе ОИТ порядке, четыре из которых аккредитованы за рубежом. В Системе аккредитован также учебный центр – Московский институт повышения квалификации Корпорации «Росатом» (рис. 5.2, 5.3). Функции федеральных органов исполнительной власти по организации сертификации и участию в ее проведении установлены основополагающим документом этой системы: ОИТ-0001-1998.

На начальном этапе организации системы ОИТ *Центральный орган*, состоящий из представителей ГК «Росатом», Росстандарта и Ростехнадзора, выполняет координирующие и регулирующие функции при установлении правил и процедур при сертификации продукции в системе ОИТ. Деятельность Центрального органа регламентируется документом ОИТ-0002-1998.

Непосредственно сертификацией занимаются *Органы по сертификации* в соответствии с функциями, возложенными на них документом ОИТ-0012-2000, в том числе:

сертификация оборудования, изделий и технологий;  
 выдача сертификатов;  
 приостановка или отмена действия выданных сертификатов;  
 предоставление заявителю необходимой информации;  
 проведение инспекционного контроля сертифицированных обо-  
 рудования, изделий и технологий;  
 формирование и внедрение фонда НД, используемых для серти-  
 фикации.

В системе ОИТ имеются организации, получившие лицензии от Ростехнадзора на право проведения работ в объеме ОК с выдачей соответствующего сертификата соответствия, в том числе авто-  
 номная некоммерческая организация (АНО) «Атомсертифика»,  
 АНО «Атомтехтест» и др. Это организации, имеющие специали-  
 зацию по определенным видам деятельности и обладающие необ-  
 ходимым комплектом испытательного оборудования и опыта рабо-  
 ты в этой области ИАЭ.

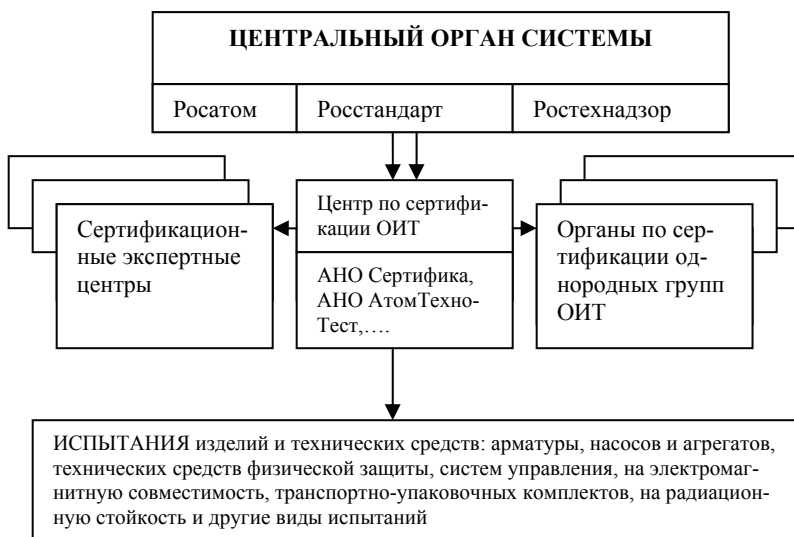


Рис. 5.2. Структура системы сертификации ОИТ

В системе ОИТ аккредитовано свыше 35 сертификационных экспертных центра и свыше 40 испытательных лабораторий, функ-

ции которых установлены документами ОИТ-0005-1999 и ОИТ-0010-1999. Особенности работы испытательных лабораторий, отличающие их работу от подобных лабораторий других систем сертификации, состоят в следующем [41]:

испытания, подтверждающие соответствие параметров оборудования, изделий и технологий, должны проводиться в условиях, максимально приближенных к условиям их эксплуатации на объектах ИАЭ, включая и условия работы ОИТ при отказах и проектных авариях, если иное не требуется НД для конкретного вида испытаний;

при испытаниях оборудования, изделий и технологий, содержащих ядерные материалы или радиоактивные вещества или изготовленных из этих материалов изделий, должны выполняться требования соответствующих законодательных актов, федеральных норм и правил и иных НД, действующих в области ИАЭ.

В соответствии с Федеральным законом «Об использовании атомной энергии» предусмотрена обязательная сертификация всего оборудования, изделий и технологий *без каких-либо исключений*. Соответствующие ограничения на область действия системы ОИТ определяются документом ОИТ-0001-1998.

Следует заметить, что процедура сертификации в системе ОИТ выполняется в два этапа. *На первом этапе* по результатам предварительной экспертизы дается заключение о полноте учета требований НД, распространяющихся на данное оборудование, и о полноте подтверждения этих требований (протоколами испытаний, расчетами). На этом этапе заявителю рекомендуется исправить выявленные недочеты (провести дополнительные испытания, откорректировать документацию и др.). *На втором этапе* производится анализ результатов дополнительных испытаний и исправлений документации. Затем проводится экспертиза основных и дополнительных материалов и определяется возможность выдачи сертификата соответствия.

Проведение работ по сертификации в два этапа помогает заявителям обеспечить выполнение всех нормативных требований, действующих для конкретного вида оборудования, и внести необходимые изменения в конструкторскую и технологическую документацию на изделие, а также провести весь спектр испытаний для достижения качества ОИТ для объектов ИАЭ необходимого уровня безопасности.



Сертификат выдается только при условии подтверждения *всех* характеристик (показателей) оборудования и изделий, важных для безопасности объектов ИАЭ.

Кроме того, вся серийная продукция, проходящая сертификацию в системе ОИТ, подвергается ежегодному инспекционному контролю, в процессе которого проверяется изменение технологии изготовления продукции, документация, стабильность характеристик продукции. В соответствии со схемой сертификации системы ОИТ предусматривается проведение проверки производства на предприятии-изготовителе по утвержденной программе.

В отличие от других систем обязательной сертификации, в том числе ГОСТ Р, при сертификации в системе ОИТ подтверждаются следующие обязательные требования к:

безопасности объекта ИАЭ в соответствии с принятой классификацией;

показателям назначения (функциональным показателям);

показателям надежности;

показателям пожаробезопасности;

показателям электробезопасности;

конструктивно-технологическим характеристикам;

устойчивости к внешним воздействующим факторам (сейсмические, радиация, механическим воздействиям, дезактивирующим растворам, климатическим воздействиям (температура, влажность, давление, коррозионно-активные агенты в атмосфере);

электромагнитной совместимости;

метеорологическому обеспечению;

программному обеспечению;

маркировке и упаковке;

транспортированию и хранению;

условиям поставки импортного оборудования, комплектующих и материалов;

материалам и полуфабрикатам;

комплектующим изделиям.

*Примечание.* Перечень и номенклатура системы ОИТ, подлежащих обязательной сертификации в системе ОИТ, представлен документами [42, 43], в которую (систему) входят 37 объектов (оборудования и изделий), что составляет менее 25 % всего планируемого списка оборудования, изделий и технологий. Отсутствие некоторых позиций в номенклатуре, сертифицируемых в системе ОИТ, объясняет

ся рядом причин, в том числе отсутствием аккредитованных сертификационных центров и испытательных лабораторий, способных функционировать в объеме всех видов ОИТ, а также отсутствием ряда НД, на соответствие требований которых необходимо проведение сертификации. Порядок пополнения перечня ОИТ-0013-2000 и критерии включения в него представлены в документе ОИТ-0015-2001.

Тем не менее, для сертификации продукции в системе ОИТ, не представленных в настоящее время в ОИТ-0013-2000 (оборудование системы обращения с РАО, контейнеры для отработавшего ядерного топлива и др.), действует схема проведения сертификации с участием экспертной комиссии, заменяющей собой экспертный центр, отсутствующий для этого вида ОИТ.

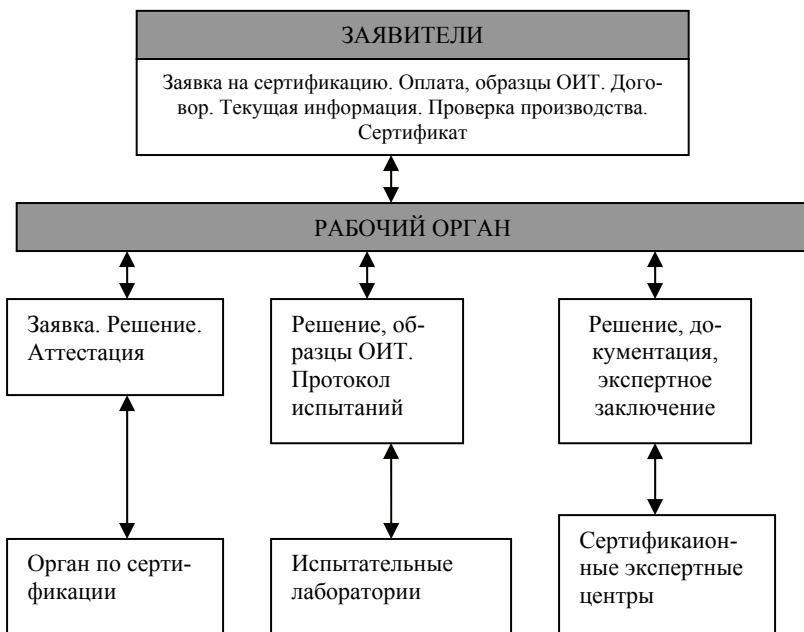


Рис. 5.3. Схема проведения сертификации

Сертификация вносит существенный вклад в обеспечение безопасности объектов ИАЭ, поскольку практика сертификации в системе ОИТ позволила:

выявить ОИТ, не соответствующие требованиям НД в области ИАЭ;

установить при проведении сертификационных испытаний параметры ОИТ, которые не были определены изготовителями;

вести ограничения на параметры применения ОИТ на объектах ИАЭ в связи с неполным подтверждением обязательных требований.

## 5.10. Сертификация услуг

*Предоставление услуги* – деятельность поставщика, необходимая для обеспечения услуги. Поскольку услуга – часть продукции или комбинация с другими частями продукции, то *все, что касается продукции, имеет отношение к услугам, в том числе и НДС по сертификации продукции.*

По функциональному назначению услуги подразделяются на *материальные и социально-культурные* (см. разд. 4.7).

Системы сертификации услуг построены по тому же принципу, что и системы сертификации продукции: обязательность и добровольность, условия третьей стороны, аккредитация ОС, выдача сертификатов соответствия и др.

Проблема сертификации услуг в России приобрела особую актуальность в связи с введением в действие Федерального закона «*О защите прав потребителей*», предусматривающего обязательную сертификацию товаров и услуг на соответствие требованиям безопасности для жизни и здоровья людей, имущества, а также охраны окружающей среды.

В начале 1991 г. специалистами Госстандарта совместно с Федерацией обществ потребителей была разработана Концепция управления качеством в сфере обслуживания населения, базирующаяся на стандартах ИСО серии 9000. В июле 1992 г. Росстандарт одобрил «*Концепцию стандартизации и сертификации в сфере услуг населению*».

В настоящее время действующими НДС по сертификации услуг в РФ являются «*Положение о системе сертификации ГОСТ Р*», Федеральные законы РФ «*О техническом регулировании*», «*Об обеспечении единства измерений*», «*Защите прав потребителей*» и подзаконные акты к этим законам, международные, региональные и национальные стандарты, а также другие НДС. При сертификации услуг используют семь схем сертификации (табл. 5.4).

В РФ действуют системы сертификации услуг в следующих областях:

- ремонт и техническое обслуживание бытовой радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых машин и приборов;
- техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств;
- услуги торговли и общественного питания;
- транспортные услуги;
- химчистка и крашение;
- туристические услуги и услуги гостиниц;
- жилищно-коммунальные услуги;
- услуги парикмахерских.

Таблица 5.4

### Схемы сертификации услуг

Номер схем	Оценка выполнения работ, оказания услуг	Проверка (испытания) результатов работ, услуг	Инспекционный контроль работ, услуг
1	Оценка мастерства исполнителя работ и услуг	Проверка (испытания) результатов работ, услуг	Контроль мастерства исполнителя работ и услуг
2	Оценка процесса выполнения работ и услуг	То же, что и в схеме 1	Контроль процесса выполнения работ и услуг
3	Анализ состояния производства	То же, что и в схеме 1	Контроль состояния производства
4	Оценка организации (предприятия)	То же, что и в схеме 1	Контроль соответствия установленным требованиям
5	Оценка СК	То же, что и в схеме 1	Контроль СК
6	–	Рассмотрение декларации о соответствии (с документами)	Контроль качества выполнения работ и услуг
7	Оценка СК	То же, что и в схеме 6	Контроль СК

Средством реализации установленной политики и целей в области качества услуги является разработанная, созданная, документально оформленная, внедренная и поддерживаемая в рабочем состоянии сервисной организацией *система качества услуг*. Руководящие указания по услугам содержатся в МС ИСО 9004-2 «*Общее руководство и элементы системы качества. Часть 2: Руководящие указания по услугам*». В ГОСТ Р 50646-94 «*Услуги населению. Термины и определения*» устанавливаются термины и определения понятий в области стандартизации, сертификации и управления качеством в сфере услуг, оказываемых населению.

*Примечание.* Подрядные организации, не входящие в сферу ГК «Росатом», широко используются для проведения различного рода работ. Это строительно-монтажные работы, транспортные услуги по перевозке основной продукции, полуфабрикатов и изделий, реализация основной и побочной продукции, охранные функции, функции закупки и поставки строительных материалов, обеспечение и обслуживание пунктов общественного питания и санаторий, повышения квалификации специалистов отрасли и др. Отметим, что в недалеком прошлом атомная отрасль, находившаяся в составе Министерства среднего машиностроения СССР, слабо пользовалась услугами других организаций, и некоторые из названных выше услуг выполнялись и обеспечивались специалистами отрасли. В частности, в этом министерстве готовили строительно-монтажных рабочих, отделочников, изготавливали строительные и отделочные материалы, готовили своих специалистов по общественному питанию и т.д. Это было нерационально и невыгодно с экономической точки зрения, но обеспечивало необходимый уровень секретности.

## 5.11. Сертификация систем менеджмента качества

В последнее время большое внимание уделяется вопросам сертификации систем менеджмента качества, поскольку сертификация продукции, выпускаемой производителем, имеющим такую систему, значительно упрощается. К такому производителю и к его продукции существует больше доверия [2, 58]. Основные требования к системам менеджмента качества рассмотрены в разд. 1.6.

Как уже отмечалось, внешней причиной престижности сертификации менеджмента качества является включение сертификации системы менеджмента качества в конкретные системы сертификации продукции, работ и услуг.

Внутренними причинами сертификации систем менеджмента качества является более полное удовлетворение потребителей, со-

крашение издержек производства из-за брака, сокращение числа проверок со стороны надзорных органов, улучшение культуры производства и повышение ответственности персонала за выпускаемую продукцию.

Сертификация систем менеджмента качества осуществляется как в форме обязательной, так и добровольной сертификации и включает в себя организационный этап, предшествующий работам по сертификации, и три этапа сертификации.

На организационном этапе заявитель (организация) направляет заявку в Центральный ОС – Технический центр Регистра, который определяет ОС в соответствии с профилем деятельности организации. ОС, после оплаты организационного взноса, передает заявителю документы для подготовки к проведению самих работ по сертификации. Эти документы должны содержать сведения об организации производства, показателях качества, квалификации персонала, переподготовки персонала, работе с браком и т.д.

1 этап – предварительная оценка системы менеджмента качества, которая позволяет проверить правильность представленных документов и устранить выявленные несоответствия.

2 этап – проверка и оценка системы менеджмента качества в организации, т.е. непосредственное обследование проверяемой организации по программе, согласованной с этой организацией. Проверка осуществляется комиссией. Если все несоответствия устранены, то работа комиссии завершается подписанием акта приема системы менеджмента качества.

3 этап – инспекционный контроль сертифицированной системы менеджмента качества, который осуществляется не менее одного раза в год и затем устанавливается на весь период действия сертификата.

## Часть III

# МЕТРОЛОГИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

## Глава 6. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕТРОЛОГИИ

### 6.1. Основные термины и определения

*Метрология* – учение об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

*Основными задачами метрологии являются:*

создание общей теории измерений; разработка теоретических (фундаментальных) основ метрологии; разработка прикладных вопросов метрологии;

обеспечение единства измерений (ОЕИ);

разработка и внедрение систем единиц ФВ;

разработка и внедрение новейших эталонов, рабочих эталонов (образцовых средств измерений) соответствующих разрядов;

разработка методов передачи размеров единиц рабочим эталонам; совершенствование поверочных схем;

разработка и совершенствование стандартных образцов (СО) вещества и состава;

разработка метрологических стандартов и нормативно-технических документов;

разработка и совершенствование принципов, методов и методик измерений;

разработка методов оценки погрешности измерений и погрешности СИ измерений;

разработка методов снижения погрешностей измерения и погрешностей СИ;

совершенствование оценки точности измерений на основе принципа неопределенности.

В соответствии со своими задачами разделы метрологии делятся на теоретическую, законодательную и практическую метрологии [4].

*Теоретическая метрология* – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии.

*Законодательная метрология* – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц ФВ, эталонов, методов и СИ, направленных на ОЕИ в интересах общества.

*Практическая (прикладная) метрология* – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

Сущность задач, стоящих перед практической метрологией, более подробно будет развернута в последующих разделах. Для общего понимания их, а также последующего материала, ниже приведен ряд метрологических определений в соответствии с РГМ 29-99 «*Основные термины и определения*», Федеральным законом «*Об обеспечении единства измерений*», 2008 г. и *Международным словарем (VIM)*, 1993 г.

Измерениям подвергается *физическая величина* – одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них. Например, плотностью характеризуют многие твердые и жидкие вещества и материалы, хотя каждый из образцов материалов и веществ имеет свою конкретную величину плотности.

**Примечание.** В международной практике вместо отечественного термина «физическая величина» [4] используется термин «величина» [59, 60]. Однако нельзя не согласиться с классификацией величин, приведенных в работе [5]: «Величины делятся на реальные и идеальные. Идеальной величиной является любое числовое значение. По существу, это математическая абстракция, не связанная с каким-либо реальным объектом. Поэтому идеальные величины рассматриваются не в метрологии, а в математике.

Реальные величины делятся на физические и нефизические. Нефизические величины вводят, определяют и изучают в информатике, общественных, экономических и гуманитарных дисциплинах (например, в социологии, лингвистике). Примерами нефизических величин является количество информации в битах, размер капитала в долларах, различные рейтинги и др. Физические величины рассматриваются в метрологии и являются свойствами материальных объектов,



процессов и явлений. В отличие от нефизических, они объективно, независимо от желания человека существуют в окружающем нас мире. Физические величины делятся по способу количественного оценивания на измеряемые и оцениваемые... Измеряемые величины – это ФВ, методы измерений которых уже созданы, оцениваемые – такие, методы измерений которых пока еще не созданы».

В классической метрологии различают истинное и действительное значения ФВ. *Истинное значение ФВ* – значение ФВ, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую величину. *Действительное значение ФВ* – значение ФВ, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него. Из приведенных определений видно, что истинное значение ФВ является неким теоретическим пределом значения ФВ, к которому можно приближаться сколь угодно близко по мере совершенствования методов измерения, но которое на сегодняшний момент времени заменяется действительным значением.

Любое измерение характеризуется *погрешностью*, т.е. отклонением результата измерения от действительного значения измеряемой величины, или *точностью измерения* как одной из характеристик *качества измерения*, отражающей близость к нулю погрешности результата измерения.

В международной практике измерений разработана и в настоящее время широко применяется *концепция неопределенности измерений*. Ее принятие связано с появлением большого спектра новых измерительных задач, требующих нетрадиционного подхода к оценке результатов и качества измерений, а также с необходимостью создания условий для взаимного признания результатов измерений в разных странах на основе единого подхода.

До разработки концепции неопределенности измерений универсальной характеристикой оценки точности измерений повсеместно являлась погрешность измерений («концепция погрешности» измерений). *Неопределенность измерений* (uncertainty of measurement) определяется как параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые можно приписать измеряемой величине [59]. Сравнительные характеристики неопределенности и погрешности измерений более подробно рассмотрены в гл. 10.

Одной из основных задач метрологии является обеспечение *единства измерений*, т.е. такого состояния измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в РФ единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

**Примечание.** Используя понятие «единство измерений», ответим на вопрос – *что дает практически выполнение требования единства измерения и как оно практически обеспечивается?*

Обеспечение единства измерений является, пожалуй, главной задачей метрологии, поскольку единство измерения – это тот стержень, на который нанизываются все другие задачи метрологии. Из определения понятия «единства измерений» видно, что:

результат измерения должен выражаться в узаконенных единицах, т.е. в единицах той системы единиц, которая в настоящее время принята компетентным органом в стране (в России в настоящее время принята международная система единиц SI, а компетентным органом является Росстандарт);

в стране должна существовать система эталонов, которые предназначены для воспроизведения основных единиц системы SI, и поверочные схемы, обеспечивающие передачу размеров основных единиц к эталонам более низких разрядов и рабочим СИ;

для каждого эталона и рабочего СИ должны быть определены погрешности воспроизведения единицы измерения с заданной вероятностью;

результаты измерений с заданной вероятностью должны быть представлены в некотором доверительном интервале относительно действительного значения ФВ.

Практически единство измерений в стране обеспечивается путем создания разветвленной системы метрологической службы, призванной выполнять работы по ОЕИ, а также осуществлять метрологический надзор и контроль выполнения действующих НД.

Обеспечение единства измерений позволяет сравнивать результаты измерений, полученных разными группами специалистов в разное время, в разных местах (странах) и проведенных в разных условиях, и доверять этим результатам. Взаимное признание результатов измерений (например, между разными странами) позволяет осуществлять торговые операции между странами, признавать результаты новых научных исследований, спортивные рекорды и др.

В международной практике вместо термина *единство измерений* используется почти идентичный термин *прослеживаемость*, который также переводится на английский язык словом *traceabil-*

ity. *Метрологическая прослеживаемость* – свойство эталона единицы величины или СИ, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений<sup>34</sup>.

Технические средства, предназначенные для измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицы ФВ, размер которых принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени, называются *средствами измерений* (СИ) [4]. В Федеральном законе «Об обеспечении единства измерений» приводится более простое определение: *средство измерений* – техническое средство, предназначенное для измерений. Однако первоначальное определение более полно характеризует СИ как практический инструмент (средство) осуществления измерений.

## 6.2. Классификация измерений

*Измерение* — совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу ФВ, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

В ФЗ «Об обеспечении единства измерений» предлагается более краткое определение: *измерение* – совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины. Это определение хотя и не противоречит первому, ранее широко используемому, однако не раскрывает процесса измерения.

**Примечание.** Поясним процесс измерения на двух примерах.

При прямом измерении длины «единица длины» заложена в делениях измерительной линейки или в делениях штангенциркуля, нанесенных на конструктивные элементы этих СИ. Цена деления на них, как правило, соответствует  $10^{-3}$  основной единицы длины – метра, т.е. миллиметру. В данном случае линейка является «хранителем» единицы ФВ.

---

<sup>34</sup> Сравнение понятий единства результатов измерений и их прослеживаемости, также действий, связанных с ними, приведены в разд. 11.1.

При измерениях напряжения на участке электрической цепи с помощью вольтметра «единица» измерения заложена (хранится) в шкале прибора, которая проградуирована с помощью более точных СИ в единицах пропорциональных основной единице измерения напряжения – вольту.

Измерения классифицируются по разным признакам.

1. По характеру влияния длительности переходных процессов СИ на результат измерения — измерения делятся на статические и динамические. *Статические измерения* — это измерения ФВ, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

*Динамические измерения (ДИ)* — это измерения, изменяющиеся по размеру ФВ. Особенно это касается тех ФВ, которые изменяются в процессе измерения (непрерывное, дискретное, скачкообразное изменения). Однако даже измерение постоянной во времени ФВ, если время переходного процесса в СИ оказывается сравнимым со временем измерения, может быть отнесено к ДИ. Например, измерение веса на рычажных весах в момент времени, когда положение стрелки весов еще не успокоилось или измерение амплитуды сигнала проводится в течение времени переходного процесса СИ. Поэтому к *динамическим измерениям относят такие измерения, при которых необходим учет динамической погрешности.*

2. Измерения различаются по способу получения результатов измерения на прямые, косвенные, совместные и совокупные. Эти способы предполагают разные методы обработки результатов измерения.

*Прямые измерения* — измерения, при которых искомое значение ФВ находят непосредственно из опытных данных. Формула прямых измерений  $Q = x$ , где  $Q$  — истинное (действительное) значение,  $x$  — измеренное значение ФВ. К прямым измерениям относятся измерения длины с помощью линейки или штангенциркуля, измерение массы на весах и т.д. Термин *прямое измерение* возник как противоположный термину *косвенное измерение*. Строго говоря, измерение всегда прямое, поскольку в основе измерительного процесса (опыта) лежит процедура сравнения ФВ с ее единицей. Лучше использовать термин *прямой метод измерений*.

*Косвенные измерения* — это измерения, при которых осуществляется определение искомого значения ФВ на основании результатов прямых измерений других ФВ, функционально связанных с искомой величиной. Формула косвенных измерений  $Q = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ , где  $x_1, x_2, \dots, x_m$  — величины, измеренные прямыми методами. Примерами косвенных измерений являются: определение объема тела с помощью измерения его сторон, длины пройденного пути по скорости и времени, силы взаимодействия электрических зарядов по их величине и расстоянию между ними и т.д.

*Совместные измерения* — это проводимые одновременно измерения двух или нескольких *неодноименных* величин для определения зависимости между ними. Например, определение коэффициентов, связывающих зависимость сопротивления полупроводникового материала от температуры или зависимость увеличения длины стержня от силы растяжения, определение коэффициентов линейного поглощения гамма-излучения в веществе и др.

*Совокупные измерения* — это проводимые одновременно измерения нескольких *одноименных* величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерении этих величин в различных сочетаниях. Типичным примером совокупных измерений является определение номинальных величин масс отдельных гирь по образцовой величине массы какой-либо гири. Например, с помощью совокупных измерений можно провести калибровку (аттестацию) гирь массой 1, 2, 3 и 5 кг по одной образцовой гире с действительной массой 1 кг.

3. По условиям, определяющим точность результата, измерения можно разделить на измерения максимально возможной точности, контрольно-поверочные измерения и технические измерения.

*Измерения максимально возможной точности* — измерения, которые обеспечивают достижимую в настоящее время, при существующем уровне техники и методах обработки результатов измерений, точность (или минимальную погрешность). К ним относятся измерения эталонов, физических констант (измерения ускорения свободного падения тел, массы элементарных частиц и т.д.).

*Контрольно-поверочные измерения* — измерения, при которых погрешность измерения не должна превышать заданное значение с некоторой вероятностью. Это измерения, выполняемые различ-

ными лабораториями государственного надзора в целях поверки СИ и надзора за состоянием их метрологических характеристик (МХ). Методика измерений и качество измерительной аппаратуры этих лабораторий гарантирует получение погрешностей измерения с требуемой вероятностью.

Указанные виды измерений относятся к *лабораторным измерениям* и характеризуются тем, что погрешность каждого получаемого результата измерения оценивается по данным, полученным в процессе самого измерения.

Основной тип практических измерений следует считать *техническими измерениями*, которые характеризуются тем, что проводятся в определенных условиях по методике, разработанной и исследованной заранее до их проведения. К ним относятся все измерения, осуществляемые на производстве (на щитовых пультах, с помощью приборов технологического контроля, в медицине, в домашних условиях бытовыми приборами, на транспорте и т.д.), а также проведение различных испытаний на подтверждение соответствия (сертификации). В настоящее время – это основная (подавляющая) масса измерений, проводимых в мире.

4. По способу выражения результатов измерения они могут быть разделены на *абсолютные* и *относительные*.

*Абсолютные измерения* основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. Например, измерение силы веса  $F = mg$  основано на измерении основной величины – массы  $m$  и использовании физической константы ускорения свободного падения в данной точке  $g$ .

*Относительные измерения* – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Например, измерение активности радионуклида в источнике ионизирующего излучения по отношению к активности радионуклида в однотипном источнике, аттестованном в качестве эталонной меры активности, измерения относительной влажности воздуха, степень подавления помех и др.

5. Измерения классифицируют также по *принципам измерения*, под которыми понимаются физические явления или эффекты, положенные в основу измерений. Например, принципы измерения

электрического напряжения, основанные на эффекте Джозефсона, или принципы измерения параметров физических объектов, основанные на взаимодействии ионизирующего излучения с веществом, или взаимодействия электромагнитного поля с веществом, а также взаимодействия звука с веществом и т.д.

6. Измерения классифицируют также по *методам измерения*, которые призваны повысить точность и достоверность полученных результатов. *Метод измерения* определяется как прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей в соответствии с реализованным *принципом измерения*. Существует довольно много методов измерения, применение которых обусловлено ФВ, принципом измерения и СИ. Это методы непосредственной оценки, метод сравнения с мерой, нулевой метод измерений, метод измерений замещением, метод измерений дополнением, дифференциальный метод измерений, контактный и бесконтактный методы измерений и др. Например, нулевой метод измерений характеризуется тем, что на СИ одновременно воздействуют мера и измеряемая величина. Результат измерения оценивается по результату воздействия этих величин на СИ (например, измерение веса на равноплечных весах при полном их уравнивании). В противоположность методам сравнения с мерой, метод непосредственной оценки характеризуется тем, что значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству СИ. Например, измерение веса динамометром, силы тока – амперметром. Определение этих методов и примеры их применения довольно широко представлены в РМГ 29-99.

Отметим, что не следует путать *метод измерения с методикой выполнения измерения (МВИ)*, представляющей собой установленную совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом. Методика измерений представляет собой *технологию выполнения измерений* и регламентируется НД, в котором предписывается выполнение порядка проведения измерений, обеспечивающего данные метрологические характеристики (МХ) или приписанную погрешность измерения. Общим правилам выполнения МВИ посвящен ГОСТ Р 8.563-96 «*Методики выполнения измерений*» и

Методические указания МИ 2377-98 «*Рекомендации. Разработка и аттестация методик выполнения измерений*» [78, 128].

И метод, и методика измерений направлены на обеспечение измерений с максимальной точностью, поэтому в настоящее время метрологические вопросы, касающиеся методов и методик измерений, рассматриваются совместно.

*Примечание.* В ГК «Росатом» аттестовано около 2000 методик в сферах государственного регулирования и отраслевого метрологического надзора, из них 1842 МВИ химического состава веществ и растворов и 368 МВИ свойств. При аттестации МВИ используется расчетно-экспериментальный метод и способ по аналогии с ГОСТ 8.207 и Руководством по выражению неопределенности [106].

7. Измерения бывают *равноточными* и *неравноточными*.

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

*Неравноточные измерения* – ряд измерений какой-либо величины, выполненный различающимися по точности СИ и (или) в разных условиях.

Оператор, прежде чем приступать к обработке результатов измерений, должен убедиться в равноточности измерений. Если измерения являются неравноточными, то для их обработки используются статистические методы учета веса отдельных измерений, входящих в экспериментальный ряд измерений. Неравноточные измерения могут иметь место, например, в разных испытательных лабораториях, задачей которых является подтверждение соответствия продукции требованиям НД, ТР, ГОСТ и др.

Измерение характеризуется погрешностью и точностью, которые были определены ранее. Результат измерения можно характеризовать также рядом других понятий, отражающих *качество измерения* более детально, чем точность: правильность, сходимость и воспроизводимость измерений.

*Правильность измерений* – качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах.

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



рений характеризует, в основном, близость к нулю случайной погрешности измерений.

*Воспроизводимость измерений* – близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенные к одним и тем же условиям измерений (температура, влажность, давление и т.д.).

В настоящее время под *точностью измерения* понимается более широкое понятие: степень близости результатов измерений к истинному значению величины или, в его отсутствие, принятому *опорному значению* [5, 60]. Введение в ИСО 5725 понятия опорного значения величины позволило применить подход на основе точности измерений к тем задачам, для которых невозможно говорить об истинном значении ФВ или об эталонах этих величин. Это задачи химии, нефтехимии, некоторых видов продукции, окружающей природной среды и др., для которых отсутствуют эталоны или их нельзя изготовить в настоящее время. При этом считается, что точность измерений обусловлена двумя различными качественными свойствами измерений: *правильностью и прецизионностью*.

*Понятие правильности* по-прежнему характеризуется наличием систематической погрешности в результатах измерений, а *прецизионность* – степенью близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях (ИСО 5725), т.е. зависит от случайных погрешностей измерений.

Прецизионность характеризуется двумя составляющими: *воспроизводимостью и повторяемостью*. *Воспроизводимость* – прецизионность в условиях воспроизводимости, которые характеризуются тем, что результаты измерений получают одним и тем же методом, в разных лабораториях, разными операторами, с использованием различного оборудования. Это определение соответствует прежнему определению воспроизводимости, используемому в классической метрологии.

*Повторяемость* – прецизионность в условиях повторяемости, при которых независимые результаты измерений получают одним и тем же методом, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в

пределах короткого промежутка времени. Это определение близко к прежнему определению *сходимости*, используемому в классической метрологии. Другими словами, *прецизионность* – это свойство измерений, проводимых в разных условиях *повторяться или сходиться* к одному значению.

8. Измерения могут быть однократными и многократными.

*Многократное измерение* – измерение ФВ одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений.

*Однократное измерение* – измерение, выполненное один раз. Эти измерения, как правило, относятся к техническим измерениям и их результаты оцениваются с помощью МВИ.

*Примечание.* Часто возникает вопрос: с какого числа измерений можно отнести измерения к многократным или однократным? Исходя из того, что статистическая обработка может начинаться при числе данных  $\geq 4$ , то при числе измерений не более 3 измерения можно относить к однократным. Если возможно, то для получения уверенности в полученном результате, однократное измерение целесообразно подтвердить повторными измерениями.

### 6.3. Погрешности измерений и их классификация

Математически погрешность измерения  $\Delta$  в соответствии с ее определением записывается как разность между истинным значением ФВ  $Q$  и результатом измерения  $x$ :

$$\Delta = Q - x.$$

При проведении измерений явно *проявляются* два вида погрешности в общей погрешности измерения – это случайная и систематическая составляющие погрешности.

*Случайная погрешность* ( $\Delta_{сл}$ ) – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же ФВ. Случайные погрешности при определении их в разные моменты времени оказываются независимыми друг от друга.

*Систематическая погрешность* ( $\Delta_s$ ) – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же ФВ. По ха-

рактору проявления систематические погрешности разделяются на *постоянные* и изменяющиеся во времени или *переменные* погрешности. Переменные погрешности могут быть *прогрессирующими* и *периодическими*.

На фоне случайных и систематических погрешностей иногда появляется *грубая погрешность – промах*. Это погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда. Математическая обработка результатов измерения позволяет установить непричастность промахов к случайным погрешностям.

Следует отметить, что случайные погрешности невозможно устранить, их можно только уменьшить за счет увеличения числа измерений. Систематические погрешности можно частично исключить, изучая их поведение во времени. Грубые погрешности можно исключить, исследуя поведение результатов измерения и ход систематических погрешностей со временем.

По *причинам возникновения* погрешности измерения разделяют на погрешность метода измерения, инструментальную и субъективную погрешности измерения.

*Методическая погрешность* ( $\Delta_M$ ) — это составляющая погрешности измерения, возникающая из-за несовершенства принятого методов измерения. Она проявляется как систематическая погрешность, но иногда может проявляться как случайная методическая погрешность, например погрешность, обусловленная влиянием повторной установки объекта измерения на измерительную позицию, влиянием дискретности измеряемой ФВ и др.

Отличительной особенностью методических погрешностей является их индивидуальность, связанная не только с применением данного метода или физического принципа, но и с конкретным воплощением этого метода измерения. *Эта погрешность обычно не указывается в НД*. Однако в документации (МВИ) могут быть приведены особенности (указания) применения данного СИ, позволяющие снизить или устранить некоторые составляющие методической погрешности.

Можно указать характерные причины, приводящие к появлению методических погрешностей.

- Отличие принятой модели объекта измерения от модели, описывающей свойство, которое определяется путем измерения. Самая распространенная методическая погрешность – упрощение (идеализация) принимаемой модели измерения, например: в измерительной модели принимается, что измерению подвергается тело цилиндрической формы, однако реальная форма имеет отклонение от цилиндра (эллипс), или принимается, что тело имеет равномерную плотность по своему объему, а реально в нем имеются неоднородности и поры.

- Влияние *неинформативных* параметров объекта измерения, т.е. параметров объекта измерения, влияющих на показания СИ, но не подлежащих измерению в соответствии с поставленной задачей. Например, измерение толщины изделия емкостным методом, когда результат измерений зависит от различных включений или от состава вещества объекта измерений.

- Влияние способов применения СИ. Это имеет место при применении СИ не по назначению.

- Использование не вполне точных (адекватных) алгоритмов (формул), по которым производится вычисление результатов измерений. Например, использование приближенных зависимостей или линейная аппроксимация нелинейной градуировочной зависимости.

- Влияние правильности выбранной модели градуировки СИ с помощью рабочих эталонов или СО, а также погрешности аттестации.

Обращаясь снова к МВИ, можно сказать, что этот документ позволяет акцентировать внимание потребителя на правильность применения данного СИ, устранив или уменьшив таким образом ряд возможных методических погрешностей.

*Инструментальная погрешность* ( $\Delta_{СИ}$ ) – это составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого СИ. Например, инструментальная погрешность может быть обусловлена нелинейностью преобразования сигнала, ограниченностью динамического диапазона СИ, его инерционностью или условиями эксплуатации, в том числе: влиянием окружающей температуры, уровнем электромагнитных помех, влиянием помех

и электронных шумов, колебанием напряжения в электрической сети, и т.д. на метрологические характеристики СИ.

Составляющие этой погрешности более подробно рассмотрены в гл. 7.

*Субъективная погрешность измерения* ( $\Delta_{\text{СУБ}}$ ) – это составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная индивидуальными особенностями оператора. Например, при отсчитывании показаний СИ в аналоговом виде большое значение имеет правильное расположение оператора по отношению к показывающему устройству.

Общая (результатирующая) погрешность измерения определяется «суммарной» погрешностью:

$$\Delta = \Delta_{\text{м}} * \Delta_{\text{СИ}} * \Delta_{\text{СУБ}},$$

где \* – значок, обозначающий объединение (суммирование) составляющих погрешностей измерения (алгебраическое, геометрическое или какое-либо другое).

Следует отметить, что задача получения оценочного значения суммарной погрешности является обычно не простой задачей и зависит от веса каждой из составляющих погрешностей, роли, которую должно выполнять СИ, и условий его эксплуатации.

Каждая из указанных составляющих погрешностей может проявляться в виде случайной и (или) систематической погрешностей. Например, субъективная погрешность при отсчитывании показаний СИ может иметь характер систематической погрешности при неизменном положении оператора, снимающего показания сбоку от стрелочного показывающего прибора. Если оператор будет снимать показания с разных позиций (справа, слева) от показывающего прибора, то и погрешности снятия показаний для каждого из измерений будут разные, т.е. случайные.

## **6.4. Исторические аспекты развития метрологии**

### ***6.4.1. Краткая история развития метрологии в России***

Время появления первых мер в России точно не установлено, но упоминания о них встречаются в древнерусской письменности. Меры были примитивны и неустойчивы, хотя они появились дав-

но, по-видимому, с тех пор как появились обмен и торговля. Например, при раскопках (1951-1952 гг.), проводимых в Новгороде под руководством профессора Арциховского А.В., было обнаружено 428 берестяных грамот, служивших средством письменного общения между новгородцами и другими жителями России. В этих грамотах упоминаются «кадь» овса, ячменя, ржи или «короб», «ослинка» ржи, «стог» сена, равный пяти «овинам», и т.д. Здесь же встречаются денежные единицы гривна и рубль (рублевная часть гривны, равная 200 граммам серебра). Найденные грамоты датируются XIV в.

В России были распространены меры длины, связанные с различными размерами человеческого тела: «локоть» или «аршин» — расстояние от локтя до переднего сустава среднего пальца, «сажень» — расстояние между концами пальцев рук человека. Сажень впервые упоминается в XI в. и в разное время соответствовала 152 или 176 см. В большом ходу была «косая сажень» — расстояние от пальцев вытянутой руки вверх до пальцев ноги по диагонали. Эта мера соответствовала 216 см (иногда 248 см).

В других странах размеры также связывались с размерами человеческого тела, например английский фут примерно соответствовал размерам стопы 0,3048 м. В целях упорядочивания российских мер длины Петр I своим Указом приравнял сажень семи английским футам. Таким образом сажень на Руси стала точно равна 2,1136 м (т.е. примерно «косой сажени»).

Для измерения пути применялась «верста» (1067 м), но размер ее в разное время на Руси колебался от 500 до 1000 саженей. Для измерения площади применялась «десятина», равная примерно квадрату  $100 \times 100 \text{ м}^2$  (одна десятина равна 1,09 гектара).

Контроль за мерами осуществляли городские власти и церковь. Обман при продаже и обмене иногда строго наказывался, вплоть до раздела имущества в пользу города и церкви. Так, в Наказе Петра I «О сборе Московской Большой таможи пошлин» в 1698 г. указывалось: «За найденные непрямые, воровские весы, лавки опечатать, товары отобрать и семьей сослать».

Для метрологической поверки и аттестации весов и измерителей длины пытались привлечь хоть какие-то единые меры. Особенно это было необходимо во внешнеторговых сделках. В 1758 г. (при царствовании Елизаветы Петровны) появляется документ:

«Для провиантского правления регуны (правила)», в котором, в частности, «не рекомендуется использовать в качестве мерных гирь камни в рокоже, так как камни дробятся, а рокожа намокает». В этом документе предлагается использовать в качестве мер пушечные ядра, «которых в крепостях предостаточно, сделать аршины железные верные (т.е. правильные) и с обоих концов заклеить так, чтобы ни урезать, ни упиловать невозможно было».

Первая государственная служба мер и весов была организована в 1827 г. (при царствовании Николая I). Это была комиссия, которая работала над созданием документа «Положение о мерах и весах». Положение было введено в действие первого января 1845 г., и эту дату можно считать началом существования в России государственной метрологической службы. В соответствии с этим Положением были изготовлены и введены в действие платиновая сажень и платиновый фунт (409,12 г), которые являлись государственными эталонами длины и массы. Для хранения этих эталонов в Петропавловской крепости Санкт-Петербурга было построено негорючее здание «Депо образцовых мер и весов» (депо в переводе с французского — склад, хранилище).

Специальные правила устанавливали порядок надзора за изготовлением, выпуском и клеймением эталонов мер и весов, находящихся в непосредственном применении. Этими правилами определялись номиналы и допустимые отклонения в номиналах эталонов мер и весов, а также устанавливались правила проверки этих отклонений. Это был первый большой вклад упорядочивания применения СИ в общегосударственном масштабе. В 1848 г. в России вышла первая книга по метрологии Ф.И. Петрушевского «Общая метрология», в которой были описаны меры и денежные знаки различных стран.

В 1892 г. на должность ученого-хранителя образцовых мер и весов был назначен Д.И. Менделеев. На этом посту он многое сделал для организации метрологической службы в России и по праву считается основоположником метрологии в России. Как великий ученый, он понимал роль метрологии для всех областей деятельности государства и науки.

В 1893 г. Депо образцовых мер и весов было преобразовано в Главную палату мер и весов, ставшей центральным учреждением России по метрологии. В Палате были организованы лаборатории

для проведения научно-исследовательских работ по разным направлениям метрологии.

В 1900 г. было введено новое «Положение о мерах и весах», которое узаконило новые эталоны фунта и аршина (1 аршин = 71,12 см), а также разрешила их применение наряду с метрическими единицами.

Д.И. Менделеев предложил создать по России сеть поверочных Палаток, подчиненных Главной палате и осуществляющих поверку и клеймение мер и весов на местах. Он считал, что общее число Палаток должно быть не менее 150. При жизни ему удалось открыть 25 Палаток.

После 1917 г. в России одним из первых декретов Советской власти был Декрет (14 сентября 1918 г.) о введении метрической системы в качестве обязательной по всей стране. В период гражданской войны никакие метрологические преобразования не проводились. Только 30 ноября 1921 г. было издано Постановление Совета труда и обороны о поверке мер и весов по всей России. После образования СССР (30 декабря 1922 г.) было издано «Положение о мерах и весах в СССР», которое вступило в силу на его территории 6 июня 1924 г. В СССР еще действовала государственная метрологическая система, заложенная Д.И. Менделеевым. В 1924 г. в СССР работали 34 Палатки, а в 1927 г. – 72 Палатки. Возобновились работы в научных лабораториях Главной палаты, где уже создавались новые государственные эталоны метрической системы.

Пока все основные проблемы метрологии сводились к правильному измерению размеров и взвешиванию, но уже остро вставали и другие проблемы, связанные с развитием таких отраслей промышленности, как приборостроение, авиация, станкостроение, оборонная промышленность, использование атомной энергии и др., а также с импортом и экспортом товаров.

15 сентября 1925 г. постановлением СНК СССР был создан Комитет по стандартизации при Совете Труда и Обороны, а в 1938 г. постановлением СНК СССР был образован Комитет по делам мер и измерительных приборов при СНК СССР как самостоятельный орган, права и функции которого были значительны, как органа при правительстве СССР. Главная палата, организованная Д.И. Менделеевым, во время войны была преобразована во



Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева (ВНИИМ). Этот институт и в настоящее время является ведущим научным метрологическим учреждением России среди многих других научно-исследовательских институтов метрологического направления в стране (более подробные сведения о метрологических организациях России приведены в гл. 11).

В 1954 г. организуется Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР (Госстандарт), который в последующем был преобразован в Государственный Комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии (Госстандарт России) – вплоть до 90-х гг. прошлого столетия. В настоящее время федеральным органом *исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-техническому регулированию в области обеспечения измерений, является Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).*

#### **6.4.2. Создание международных метрологических организаций**

В XIX в. значительно возросли торговые, научные и культурные связи между государствами. Развивающийся капитализм в Европе требовал более тесных связей и сближения систем измерения в разных странах. Вставал вопрос о доверии и признании результатов измерений, проведенных в других странах.

В 1870 г. по инициативе Петербургской академии наук, являющейся в то время одной из ведущих академий Европы, было созвано совещание для обсуждения вопросов создания международных эталонов метра и килограмма, а также по формированию постоянной комиссии по мерам длины и массы и по распространению метрической системы.

В 1875 г. 17 государств, в том числе и Россия, подписали Метрическую конвенцию, которая провозгласила:

создание Международного бюро мер и весов (МБМВ), содержащегося на средства стран, подписавших Метрическую конвенцию;

учреждение Международного комитета мер и весов (МКМВ) из ученых стран, осуществляющих руководство работой Бюро (сейчас Комитет состоит из 18 членов);

созыв не реже одного раза в шесть лет Генеральной конференции мер и весов для обсуждения и принятия мер для распространения и усовершенствования метрической системы.

Существуют еще две крупные международные метрологические организации, это МОЗМ — Международная организация по законодательной метрологии, и ИМЕКО — Международная конференция по измерительной технике и приборостроению.

История создания МОЗМ начинается с 1933 г., когда впервые на Генеральной конференции по мерам и весам представитель СССР поставил вопрос о международном сотрудничестве в области законодательной метрологии. Но лишь в 1956 г. была подписана Межправительственная конвенция об учреждении МОЗМ.

В задачи МОЗМ, как органа, призванного помогать взаимопониманию МС разных стран, а также стремлению к распространению полезного опыта, достигнутого в разных странах по созданию НД и организации метрологических служб, входит:

унификация наиболее прогрессивных методов законодательной метрологии;

создание банка данных по НД;

составление типовых (унифицированных) законов и регламентов для СИ;

разработка общих подходов к задачам поверки и калибровки СИ;

разработка необходимого и достаточного перечня измерительных характеристик СИ для международного применения и др.

Руководство МОЗМ осуществляется Комитетом законодательной метрологии, который размещается в Париже и примерно один раз в шесть лет созывает международные конференции для обсуждения технических вопросов законодательной метрологии.

Роль международной унификации и стандартизации особенно видна на примере бурно развивающихся в последнее время персональных компьютеров и международных интегрированных сетей. Уровень стандартизации в этой области наиболее высок, и благодаря этому компьютерные системы не знают государственных границ. В этой системе унифицированы: технические средства, система связей, запоминающие устройства, системы подключений, языки общения и программирования, системы взаимодействия ЭВМ — человек и т.д. В обеспечение этого создан ряд меж-

дународных стандартов, например OSI (Open System Interconnection), MAP (Manufacturing Automation Protocol), TOP (Technical and Official Protocol) и др.

Международная организация ИМЕКО была создана в 1958 г. и в настоящее время объединяет научно-технические общества по измерительной технике многих стран мира. Генеральный комитет ИМЕКО, который находится в г. Будапеште, раз в три года созывает международные конгрессы по измерительной технике и приборостроению, а в промежутке между конгрессами — симпозиумы по отдельным проблемам метрологии в измерительной технике.

### **6.5. Исходные понятия метрологии. Измерительные шкалы**

Метрология, как и другие науки, строится на ряде исходных понятий, составляющих основу логического построения метрологии, позволяющих представить оператору результат измерительного процесса в приемлемом и понимаемом им виде. Это понятия *натурального ряда однородных величин, шкалы реперов, единиц измерения ФВ, функционального преобразования и измерительного преобразователя.*

***Натуральный ряд однородных величин.*** Сравнение различных предметов возможно по однородным свойствам, таким, которые дают возможность сравнить их по принципу «больше – меньше». Это позволяет расположить эти предметы в некий последовательный натуральный ряд по возрастающим величинам, характеризующим эти свойства. Например, возможно построение натуральных последовательных рядов плотности, температур кипения, электрического сопротивления, твердости и т.д.

***Понятие шкалы реперов.*** В общем случае под измерением следует понимать *количественную и качественную оценку* свойств объектов измерения. Очевидно, что измерение возможно, если имеется шкала свойств этого объекта, выражающих некие отношения между свойствами объекта в натуральном ряду свойств. Совершенство шкал в значительной степени определяет точность измерения. *Шкала величины* – это упорядоченная совокупность размеров величины, которым условно присвоены определенные значения, применяемая для количественного выражения однородных с ней величин. В соответствии с логической структурой про-

явления свойств различают пять типов шкал: *наименований, порядка, интервалов, отношений и абсолютной шкалы* [34].

*Шкалы наименований* (шкалы классификаций), характеризуются тем, что свойства объектов проявляются только в отношении эквивалентности. Например, для двух объектов  $A$  и  $B$  можно утверждать, что  $A = B$  или  $A$  не равно  $B$ . Для этих свойств невозможно говорить о сравнительных характеристиках, таких как «больше» или «меньше», «дальше или ближе» и т.п. Примером такой шкалы является атлас цвета, с помощью которого путем визуального сравнения с цветовыми образцами атласа цветов определяется (оценивается) цвет образца изделия.

*Шкалы порядка* (шкалы рангов) позволяют определять свойства объектов уже терминами «больше – меньше». Такими являются шкалы твердости Бринеля, Мооса, Роквелла, Викерса и др., используя которые можно установить степень твердости данного материала.

*Примечание.* Методики оценивания твердости материалов существенно различаются. В «методике Мооса» материал царапают минералом. Если, например, корунд оставляет след, а топаз – нет, то твердость материала находится между 8 и 9 единицами твердости по шкале Мооса. В других методиках измеряют вдавливание шупов различной конфигурации (шар, конус, призма) в испытуемый материал.

Эти шкалы позволяют лишь приблизительно оценивать свойства объекта измерения и не позволяют оценить погрешность измерения. Сравнительная оценка «больше – меньше» недостаточна для получения количественных характеристик ФВ. *Задача метрологии состоит в получении сведений о количественных характеристиках ФВ.* Поэтому, если в натуральных рядах удастся зафиксировать некоторые реперные (опорные) значения, но такие, которые могут быть сравнительно просто воспроизведены, пусть даже при соблюдении определенных условий, то такие шкалы позволяют довольно точно определять свойства объекта. Реперные точки образуют «лестницу» или шкалу реперных точек.

*Шкалы интервалов* (шкалы разностей) используются для объектов, свойства которых удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности разностей величин. Таким образом, шкала интервалов является развитием (совершенствованием)

шкалы порядка. Шкалы интервалов имеют условные единицы, условные нули и реперные точки, которые связаны с условными нулевыми точками. Интервалы между отсчетами на шкале выражены в выбранных единицах и одинаковы по всему диапазону шкалы. Примерами таких шкал являются температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта и Реомюра. Каждая из этих шкал имеет свой условный нуль и «длину» температурного интервала. Шкалами интервалов являются также различные шкалы летоисчисления, используемые в разных странах и в разные исторические времена.

Ярким примером такой *реперной шкалы* является международная шкала температур (МШТ-90). Как правило, реперные шкалы образуют с помощью специальных СИ – эталонов (табл. 6.1).

Шкала интервалов позволяет оценивать уже количественно размер ФВ. Однако не дает информации о том, во сколько раз один размер больше другого. Этот недостаток отсутствует в шкале отношений.

*Шкалы отношений.* Эти шкалы в дополнение к основным свойствам шкалы интервалов характеризуются естественными нулями. Примером такой шкалы является температурная шкала Кельвина, в которой за начало отсчета принят абсолютный температурный нуль, при котором прекращается всякое тепловое движение молекул вещества.

Таблица 6-1

### Некоторые основные реперные точки МШТ-90<sup>35</sup>

№ п/п	Состояние фазового равновесия	Принятое значение температуры	
		К	°C
1	Тройная точка водорода	13,8033	-259,3467
2	Тройная точка кислорода	54,3584	-182,962
3	Тройная точка аргона	83,8058	-189,3442
4	Тройная точка ртути	234,3156	-38,8344
5	Тройная точка воды	273,16	0,01
6	Точка плавления галлия	302,9146	29,7646
7	Точка затвердевания индия	429,7485	156,5985
8	Точка затвердевания олова	505,078	231,926
9	Точка затвердевания цинка	692,677	419,527

<sup>35</sup> www.Temperatures.ru

№ п/п	Состояние фазового равновесия	Принятое значение температуры	
		К	°С
10	Точка затвердевания алюминия	933,473	660,323
11	Точка затвердевания серебра	1234,93	961,78
12	Точка затвердевания золота	1337,33	1084,64
13	Точка затвердевания меди	1357,77	1084,62

**Примечание к табл. 6.1:** Основные точки МТШ-90 осуществляются как точки плавления, затвердевания и тройные точки чистых веществ (чистота не ниже 99,9999 %) при атмосферном давлении 101325 Па.

*Абсолютные шкалы* используются в основном при измерениях относительных величин: коэффициента мощности, коэффициента трения, доли содержания вещества в смеси и др. Эти шкалы обладают всеми свойствами шкалы отношений.

**Единица измерения** определяется как ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице. Единицы измерения применяются для количественного выражения однородных ФВ. Группы единиц измерения образуют различные системы единиц.

Под *значением ФВ* понимается выражение размера ФВ в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Значение ФВ  $Q$  и ее числовое значение  $q$  связаны с помощью соотношения:  $Q = q[Q]$ , где  $[Q]$  — единица измерения ФВ.

Важным понятием в метрологии, измерительной технике и других областях науки и техники является понятие размерности ФВ. Под *размерностью* понимается выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных ФВ в различных степенях, отражающее связь данной ФВ с ФВ, принятыми в данной системе величин за основные с коэффициентом пропорциональности, равным 1. Степени символов основных величин, входящих в одночлен, в зависимости от связи рассматриваемой ФВ с основными, могут быть целыми, дробными, положительными и отрицательными. Понятие размерности распространяется и на основные величины.

В соответствии с международным стандартом ИСО 31/0 размерность величин следует обозначать  $\dim$ . Например, размерность величины  $x$  в системе величин  $LMT$  (где  $L, M, T$  — символы величин, принятых за основные) будет равна  $\dim x = L^l M^m T^t$ . Та-

ким образом, сила, имеющая размерность «ньютон», выражается через основные единицы как  $1\text{Н} = 1\text{ м}\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-2}$ .

Здесь уместно заметить, что в отличие от размерности, *размер* ФВ отражает количественную определённость ФВ, присущую конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу, и не зависит от того, будет физический объект измерен или нет.

Размерность неосновных ФВ определяется через *уравнение связи*, которое связывает данную величину с другими величинами, входящими в это уравнение. Например, в уравнении связи  $F = ma$ , сила  $F$ , действующая на тело массой  $m$ , равна произведению массы тела  $m$  на ускорение движения тела  $a$ , или в другом уравнении связи  $U = IR$ , падение напряжения на участке цепи определяется сопротивлением этого участка  $R$  и током  $I$ , протекающим через него.

Поскольку размерность  $\dim$  единиц ФВ совпадает с единицей ФВ, то  $\dim(A) = \dim\{a[A]\} = a \dim[A]$ , так как  $a = 1$ .

Введение единицы ФВ еще не решает проблемы измерения. Для получения результата измерения необходимы эталоны ФВ, т.е. физическая реализация единицы измерения, а также аппаратура для передачи этих единиц измерения к рабочим СИ.

Иногда процесс измерения состоит в непосредственном сравнении меры и измеряемой величины. В роли таких мер могут выступать линейка с нанесенными на ней делениями единиц длины, штангенциркуль, масса гири, аттестованный объем и т.д.

**Функциональное преобразование.** Когда непосредственное сравнение произвести нельзя, тогда используется принцип *функционального преобразования*. Понятие функционального преобразования состоит в том, что измеряемая величина определяется по значению другой величины, функционально с ней связанной. С физической точки зрения это означает, что измеряемая величина может быть воспринята только через некоторый физический процесс, который вызывает изменение другой ФВ, функционально связанной с измеряемой ФВ. Например, измерение температуры ртутным или спиртовым термометрами основано на расширении тел при их нагревании. Измерение тока основано на преобразова-

нии силы тока в электромагнитное поле, которое приводит к механическому перемещению стрелки измерительного прибора.

Введение понятий единицы измерения и функционального преобразования позволяет осуществить разбиение интервалов между реперными точками на заданное число единиц. При этом важно, чтобы функциональные зависимости преобразования между «входом – измеряемой ФВ» и «выходом – наблюдаемым изменением другой ФВ» были линейными. Во многих случаях это имеет место, либо линейности удается достичь соответствующей коррекцией функции преобразования. Например, температурные зависимости расширения тел и увеличения удельного сопротивления проводников линейны с погрешностью до сотых долей процента.

***Измерительные преобразователи.*** Функциональные преобразования измеряемых ФВ осуществляются с помощью специальных устройств – *измерительных преобразователей* (гл. 7).

Введение понятий функционального преобразования и измерительного преобразователя явилось дальнейшим шагом в развитии метрологии как науки об измерениях и позволило «перенести» измеряемую единицу измерения непосредственно в измерительный прибор, отображая ее на шкале СИ и воспринимая оператором (человеком) как результат измерения.

## **6.6. Система воспроизведения единиц величин**

### ***6.6.1. Международная система единиц***

***Общие сведения.*** Международная система единиц (в английской литературе – SI, в русской – СИ) была разработана специальной комиссией при МОЗМ, и в 1960 г. ее проект утвердила Генеральная конференция по мерам и весам. В нашей стране эта система была принята в 1961 г. и законодательно введена Госстандартом СССР. Стандарт «Международная система единиц» (ГОСТ 9867-61) устанавливал предпочтительное применение этой системы во всех областях науки, техники и в учебном процессе.

С 1 января 1982 г. введен в действие ГОСТ 8.417—81 «ГСИ. Единицы физических величин», в соответствии с которым в СССР



осуществлялся переход на Международную систему единиц SI<sup>36</sup> во всех областях науки, техники, народного хозяйства, а также в учебном процессе во всех учебных заведениях страны. В переходный период (с 1961 по 1982 гг.) осуществлялось внедрение новой системы единиц, ее апробирование во всех сферах деятельности человека, народного хозяйства, в науке, военной технике и учебных процессах. В настоящее время система SI регламентирована международным стандартом ИСО 31-2000. В России этот стандарт утвержден в качестве государственного ГОСТ 8.417-2002 [62,63].

Международная система единиц имеет ряд достоинств, важнейшими из которых являются:

1) универсальность, т.е. охват всех отраслей науки, техники, народного хозяйства;

2) унификация единиц для всех видов измерений (например, единицы энергии и работы имеют одно наименование — джоуль, вместо ранее используемых в других системах: килограмм-сила-метр, эрг, калория, электрон-вольт и др.; единица мощности — ватт, вместо ранее используемых эрг в секунду, лошадиная сила, килограмм-сила-метр в секунду и др.; единица давления — паскаль, вместо ранее используемых атмосфера, миллиметр ртутного столба, миллиметр водяного столба, бар, пьеза и др.);

3) практическое удобство применения основных и производных единиц (площадь — квадратный метр, объем — кубический метр, электрическое сопротивление — Ом и т.д.);

4) ясное и четкое разграничение единицы массы и силы (сила — ньютон, масса — килограмм);

5) упрощение записи уравнений и формул из-за отсутствия в них переводных коэффициентов, в частности, принятие формы записи диэлектрической и магнитной постоянных с использованием множителей  $(4\pi)^{-1}$  и  $4\pi$  (в предшествующих системах диэлектрическая и магнитная постоянные вакуума принимались равными единице, что создавало ряд сложностей с применением этих систем единиц);

---

<sup>36</sup> В тексте для обозначения международной системы единиц выбрано SI, чтобы не путать с обозначением средства измерения – СИ.

б) соотношение между дольными и кратными единицами в системе пропорционально десяти в целой степени (положительной или отрицательной); кратная единица в целое число раз больше, а дольная — в кратное число меньше основной или внесистемной единицы;

7) образование производных единиц из основных единиц без переходных коэффициентов, т.е. числовые переходные коэффициенты в определяющих уравнениях равны единице (*когерентные производные единицы*).

Краткий исторический обзор систем единиц, предшествующих системе SI, и анализ их недостатков приведены в работе [34]. Хотя и существуют различные предпосылки для выбора основных единиц системы по номенклатуре, однако практические соображения в этом вопросе, как правило, являются доминирующими [5].

**Основные единицы.** В качестве основных в системе SI выбраны единицы: *метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль, кандела*. Их определения, а также обозначения величины в соответствии с ГОСТ 8.417-2002 приведены в табл. 6.2. До последнего времени *радиан и стерадиан* относили к дополнительным единицам. Хотя они являются независимыми единицами, но их применение иногда вносило путаницу. В соответствии с Восьмой резолюцией XX Генеральной конференции по мерам и весам класс дополнительных единиц системы SI исключен. В настоящее время радиан и стерадиан признаны *безразмерными производными* единицами системы SI.

Остальные единицы образуются с помощью уравнений связи между различными величинами и называются производными.

Кроме единиц системы SI на практике используются единицы других систем или единицы, не входящие ни в какие другие системы единиц. В соответствии с ГОСТ 8.417-2002 они образуют группу внесистемных единиц.

**Производные единицы** SI образуются от основных единиц по правилам образования *когерентных* производных единиц СИ с помощью уравнений связи между ФВ. Такими уравнениями, как правило, являются уравнения, описывающие основные физические законы или основные соотношения между ФВ. *Когерентной называется система единиц*, в которой производные единицы

образуют с помощью уравнений связи между величинами, числовые коэффициенты которых равны единице.

Например, уравнение связи для объема параллелепипеда выражается формулой  $V = avc$ , где  $a$  — длина,  $b$  — ширина,  $c$  — высота параллелепипеда, размеры которых выражаются в метрах, а единица объема — в кубических метрах.

В том случае, когда в уравнение связи входит численный коэффициент, при образовании производной единицы основные единицы этого уравнения входят с учетом этого коэффициента. Например, в уравнении для кинетической энергии  $E = mv^2/2$  ( $m$  — масса тела в килограммах,  $v$  — скорость движения этого тела в секундах) энергия в  $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2 = 1 \text{ Дж}$  развивается телом массой 2 кг, движущимся со скоростью 1 м/с.

Производные единицы системы SI электрических и магнитных величин определяются из формул, записанных в рационализованной форме. Это важно, так как позволяет исключить безразмерные коэффициенты  $4\pi$  и  $1/4\pi$  из всех физических соотношений, в которых наличие этих коэффициентов не оправдано, например в формуле для емкости плоского конденсатора  $C = \epsilon\epsilon_0 S/d$ , где  $\epsilon$  и  $\epsilon_0$  — диэлектрическая постоянная среды и вакуума, соответственно,  $S$  — площадь конденсатора,  $d$  — расстояние между обкладками конденсатора. Между тем, не оправдано отсутствие этих коэффициентов в формулах, имеющих осевую и сферическую симметрии, например, в законе Кулона ( $F = q_1 q_2 / 4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2$ ), в законе Ампера ( $F = 2\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi r$ ), в формулах для вычисления емкостей цилиндрического и сферического конденсаторов. В системе приняты следующие значения для электрической и магнитной постоянной вакуума:  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ ,  $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$ .

В табл. 6.3 приведены некоторые широко используемые на практике единицы величин, характеризующих воздействие ионизирующего излучения на человека. Это величины активности, доз и мощности дозы (*Основные правила обеспечения радиационной безопасности. ОСПОРБ-99*).

Таблица 6.3

## Основные единицы измерения и эталоны единиц

Наименование	Величина	Определение единицы в соответствии с ГОСТ 8.417-2002	Реализация эталона единицы	Исходное определение единицы
Метр, м	Длина	Длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299\,792\,458$ с	Источники лазерного излучения, установка для измерения относительной длин волн эталонного излучения и интерференционный компаратор с лазерным рефрактометром (ГОСТ-5.585)	Величина равная $0,25 \cdot 10^7$ длины дуги Парижского меридиана, затем «метр Архива» — платиноиридиевый стержень
Килограмм, кг	Масса	Единица массы, равная массе международного прототипа килограмма	«Эталон Архива» — платиноиридиевая мера в виде цилиндра (ГОСТ 8.021)	Масса одного литра воды при температуре $4^\circ\text{C}$
Секунда, с	Время	Время, равное $9\,192\,631\,770$ периодов излучения, соответствующего переходу между сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133	Эталон — излучение цезия-133 частотой $9\,192\,631\,770$ Гц, соответствующей переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 (ГОСТ 8.129)	Одна секунда определяется как $1/86400$ часть солнечных средних суток, усредненных за год
Ампер, А	Сила электр. тока	Сила неизменяющегося тока, который при прохождении по 2 параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой S кругового поперечного сечения, расположенных в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывал бы на каждом участке длиной 1 м силу взаимодействия $2 \cdot 10^{-7}$ Н	Эталон единицы основан на законе Ома. В эталонной установке используется источник напряжения, основанный на эффекте Джозефсона и эталонные сопротивления (ГОСТ 8.022, ГОСТ 8.027)	Один ампер – неизменяющийся ток, который, проходя через стандартный водный раствор азотнокислого серебра, выделяет $0,0011180$ г серебра в 1с

Окончание табл. 6.3

Наименование	Величина	Определение единицы в соответствии с ГОСТ 8.417-2002	Реализация эталона единицы	Исходное определение единицы
Кельвин, К	Термодинамическая температура	Единица термодинамической температуры, равная 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды	Международная шкала температур МПЦ-90 (ГОСТ 8.157, ГОСТ 8.558)	Один градус Кельвина приравнен одному градусу Цельсия (1 К = 1 °С)
Моль	Количество вещества	Количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг (структурные элементы: атомы, молекулы, ионы и др.)	Эталона не существует – это расчетная единица. Применение понятия «моль» требует точного указания вида структурных единиц (атомов, молекул, ионов)	Закон Авогадро: число структурных единиц, содержащихся в одном моле вещества, равно $6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Кандела, кд	Сила света	Сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила которого составляет 1/683 Вт/ср	Излучение, создаваемое в заданном направлении платиной, нагретой до температуры 2064,6 К (ГОСТ 8.027)	При частоте $540 \cdot 10^{12}$ Гц человеческий глаз имеет наибольшую чувствительность к свету

*Активность* радионуклидов в системе SI выражается в беккерелях (1 Бк равен одному распаду в секунду) вместо кюри (1 Ки =  $=3,7 \cdot 10^{10}$  Бк/с), которое ранее широко использовалось на практике.

*Поглощенная доза* характеризует количество энергии, выраженной в джоулях, поглощенной веществом за счет взаимодействия с ионизирующим излучением. Различают поглощенную дозу и эквивалентную (эффективную) дозу, которые учитывают особенности поглощения энергии излучения в органе человека (глаза, гонады, почки и др.) или ткани различными видами излучения (рентгеновское, электроны, нейтроны и др.).

Понятие *эффективной* (эквивалентной) дозы используется для оценки меры риска возникновения отдаленных последствий облучения всего человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиотоксичности (коэффициент  $W_R$ ). Эта доза также оценивается в зивертах.

*Рентген* – внесистемная единица, широко используемая ранее для характеристики экспозиционной дозы, поглощенной в воздухе. Она определяется как отношение приращения суммарного заряда (Кл) всех ионов одного знака, возникающих при полном торможении электронов и позитронов, которые были образованы в элементарном объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме (1 Р =  $=2,58 \cdot 10^{-4}$  Кл/кг). В настоящее время традиционно некоторые приборы радиационного контроля проградуированы в рентгенах. При этом нормальный (естественный) уровень облучения соответствует значениям от 8 до 12 мкР/ч, что соответствует примерно значениям от 0,08 до 0,12 мкЗв/ч.

Необходимо отметить, что производные единицы световых величин имеют некоторую двойственность в обозначениях, которая сложилась исторически. Вначале свойства светового излучения характеризовались через восприимчивость человеческого глаза, а затем с энергетических позиций, рассматривая свет как поток энергии.

В системе SI семнадцать производных единиц имеют специальные наименования: герц, ньютон, паскаль, джоуль, ватт, кулон, вольт, фарада, ом, беккерель, грей, вебер, сименс, тесла, генри, люмен, люкс (табл. 6.4).

Правила написания производных единиц устанавливаются ГОСТ 8.417, в частности, единицы образованные от собственных имён, обозначаются начальной большой буквой. Из перечисленных названий производных единиц только люмен и люкс не образованы от имен собственных.

Таблица 6.4

**Некоторые производные единицы величин в области  
ионизирующего излучения**

Название величины	Единица измерения, наименование	Обозначение	Размерность
Активность (прежнее наименование кюри, 1 Кюри = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк)	Беккерель	Бк	$\text{с}^{-1}$
Плотность потока или тока энергии частиц	Ватт на квадратный метр	$\text{Вт}/\text{м}^2$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Поглощенная доза	Грей	Гр	$\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$
Мощность поглощенной дозы	Грей в секунду	Гр/с	$\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$
Эквивалентная доза (поглощенная доза, умноженная на коэффициент $W_R$ )	1 зиверт = 1 Гр/ $W_R$	Зв	$\text{Дж} \cdot \text{г}^{-1}$
Мощность эквивалентной дозы	Зиверт в секунду	Зв/с	$\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$
Экспозиционная доза (прежнее наименование — рентген, 1 Р = $0,87 \cdot 10^{-4}$ Гр)	Кулон на килограмм	Кл/кг	$\text{Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$
Мощность экспозиционной дозы	Кулон на килограмм в секунду	$\text{Кл}/\text{кг} \cdot \text{с}$	$\text{Кл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$

**Внесистемные единицы** можно разделить на две большие группы. К первой группе относятся единицы измерения, которые допускаются к применению наравне с системными единицами. Это, прежде всего, единицы времени: минута, час; единицы, характеризующие плоский угол: градус, минута, секунда; единица веса —

тонна; единица температуры — градус Цельсия; единица площади — гектар; единица объема — литр; единица количества информации — бит; логарифмические величины — бел, децибел, непер; единицы частотных интервалов — октава, декада; единицы относительных величин — процент, промиле.

Как видно из представленного перечня, это довольно распространенные ФВ, отказ от которых невозможен, либо неразумен из-за их широкого использования в технике и народном хозяйстве. Эти единицы дополняют систему SI и не идут в противоречие с ней.

Вторую группу внесистемных единиц (всего 39 единиц) предписывалось изымать из обращения. В настоящее время не применяются: единицы массы — центнер; силы — дина, килограмм-силы; работы — эрг; магнитного потока — максвелл; магнитной индукции — гаусс; напряженности магнитного поля — эрстед и др. В то же время до сих пор используются в обращении следующие «запрещенные» единицы: давления — мм ртутного столба (133,3 Па); мощности — лошадиная сила (735,5 Вт); количества энергии — калория (4,2 Дж); экспозиционной дозы — рентген ( $2,58 \cdot 10^{-4}$  Кл/кг); активности источника ионизирующего излучения — кюри ( $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк); длины — ангстрем ( $10^{-10}$  м); микрон ( $10^{-6}$  м); дюйм (2,54 см) и др. Эти единицы стали настолько привычными для людей, что полный отказ от их применения происходит с большими трудностями. Ярким примером явилась попытка Центрального радио в своих метеосводках заменить единицы атмосферного давления — мм ртутного столба на системную единицу Паскаль. Нормальное давление при этом соответствует 101 кПа. Однако это изменение не было положительно воспринято общественностью, и через несколько месяцев от этого нововведения Центральному радио пришлось отказаться и в своих сообщениях вернуться к прежним единицам измерения давления атмосферного воздуха. Фактически перечисленные выше единицы используются в быту наравне с системными единицами. Как правило, «запрещенные» единицы не применяют в научной, технической, учебной литературе и стандартах.



## 6.6.2. Технические средства воспроизведения величин

**Эталоны единиц и физических величин.** Единство измерений и необходимая точность измерений может быть обеспечена, если все СИ проградуированы и аттестованы с необходимой точностью, используя эталоны ФВ (ГОСТ 8.057 «Эталоны единиц физических величин», ГОСТ 8.372-80 «ГСИ. Эталоны физических величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения». [63-65].

*Эталон единицы ФВ — СИ (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.*

В метрологии эталоны являются высшим звеном в передаче размеров единиц измерений. Особое значение придается *эталонам единиц* измерений, на которых строится вся система SI. Какими свойствами должны обладать эталоны?

Эталоны должны обладать, по крайней мере, свойствами неизменности, воспроизводимости и сличаемости.

*Неизменность* – свойство эталона удерживать неизменными размер воспроизводимой им единицы в течение длительного времени, при этом все изменения, зависящие от внешних условий, должны быть определяемыми.

*Воспроизводимость* – возможность воспроизведения единицы величины с наименьшей погрешностью в соответствии с достигнутым уровнем развития науки и техники.

*Сличаемость* – возможность сличения (сравнения) с эталоном других СИ, нижестоящих по поверочной схеме с наивысшей точностью.

К эталонам предъявляются также требования практического характера, связанные с обеспечением особых условий хранения и утверждения соответствующей сопроводительной документации на эталоны. По месту в цепи передачи размеров величин другим эталонам различают первичные, вторичные и рабочие эталоны.



Рис. 6.1. Система эталонов

Если эталон обеспечивает воспроизведение единицы с наивысшей точностью в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы), то этот эталон называют *первичным эталоном*. Наивысшая точность эталона обеспечивается изготовлением его по специальной технологии. Значение единицы ФВ, которое представляет собой эталон, наиболее близко подходит к истинному значению ФВ.

*Государственным (национальным) первичным эталоном* называется первичный эталон, признанный решением государственного органа в качестве исходного на территории государства (рис. 6.1). Среди первичных эталонов можно выделить первичные эталоны,

воспроизводящие единицы ФВ системы SI, и первичные эталоны, воспроизводящие единицы других величин, например индуктивности (ГОСТ 8.029-80), магнитной индукции (ГОСТ 8.144-97), электрической емкости (ГОСТ 8.371-80), электрического сопротивления (ГОСТ 8.028-86), электрического напряжения (ГОСТ 8.027-89), активности и удельной активности радионуклидов (ГОСТ 8.033-84), экспозиционной дозы, мощности дозы и потока энергии рентгеновского и гамма излучения (ГОСТ 8.034-82) и др. Более полные сведения об эталонах единиц и некоторых других эталонов можно также найти в [5, 34, 64-66].

Первичные эталоны основных единиц ФВ, как правило, воспроизводят единицу в соответствии с ее определением. В табл. 6.3 даны определения основных единиц системы SI, их эталонов и историческая версия появления единицы.

Среди первичных эталонов выделяются *специальные эталоны*, предназначенные для воспроизведения единицы ФВ в особых условиях. Они заменяют первичные эталоны в этих условиях. Например, специальные эталоны для высоких и очень низких температур, высоких давлений и т.д. Специальными называют также эталоны из эталонного набора эталонов, воспроизводящих различные величины единицы во всем реальном диапазоне ее измерения. Первичный эталон может воспроизвести единицу с высокой точностью только в достаточно узком диапазоне измерения или одно значение этой величины. Другие эталоны, также являющиеся первичными и расширяющими этот диапазон, являются специальными первичными эталонами. Специальные эталоны могут храниться в разных метрологических центрах. За первичными государственными эталонами ведется постоянное наблюдение учеными-хранителями, а также проводится периодическое межгосударственное сличение их с эталонами других стран.

Эталоны основных единиц Международной системы SI воспроизводятся централизованно. Эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами, называется *международным эталоном*. Таким эталоном является, например, международный эталон массы, хранимый в МБМВ.

Производные, дополнительные и некоторые внесистемные единицы могут воспроизводиться централизованно и являться государственными эталонами, либо воспроизводиться с помощью косвенных измерений, используя образцовые СИ (рабочие эталоны).

В метрологической практике широко применяются *вторичные эталоны*, получающие размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы. В метрологической практике используется ряд вторичных эталонов: эталон-копия, эталон сравнения, эталон-свидетель, а также *рабочие эталоны*, предназначенные для передачи размера единицы рабочим СИ. В качестве вторичных рабочих эталонов, например, можно назвать эталоны массы, которые изготовлены из нержавеющей стали. Как правило, вторичные эталоны, изготовленные с меньшей точностью, не повторяют первичные эталоны и не являются физической копией первичного эталона, а представляют собой иные СИ.

*Эталон-копия* — вторичный эталон, предназначенный для передачи размеров единиц рабочим эталонам. Например, эталоны-копии массы и длины, изготовленные из нержавеющей стали.

*Эталон сравнения* — вторичный эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом. Например, нормальный элемент, используемый для сличения государственного эталона вольта России с эталоном вольта Международного бюро мер и весов.

*Эталон-свидетель* — вторичный эталон, предназначенный для проверки сохранности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты. Эталон-свидетель создается лишь в том случае, когда государственный эталон является невозпроизводимым, например эталон массы. Поэтому существует эталон-свидетель массы и периодически (примерно один раз в пять лет) производится круговое сличение его характеристик с эталонами масс передовых стран мира.

Необходимо отметить, что в целях упорядочения терминологии и приближения ее к международной в РМГ 29—99 среди вторичных эталонов не выделяются эталоны-копии и эталоны-свидетели, а среди первичных эталонов — *специальные эталоны*. Кроме того, по этой же причине термин *рабочий эталон* заменил собой термин

*образцовое СИ*. При необходимости рабочие эталоны могут подразделяться на 1-й, 2-й, 3-й и т.д. разряды.

Кроме того, введено понятие *исходного эталона*, которым считается эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами в данной лаборатории, организации, предприятии, от которого передают размер единицы подчиненным эталонам и имеющимся СИ. Исходным эталоном в стране служит первичный эталон. Исходным эталоном для республики, региона, министерства (ведомства) или предприятия может быть вторичный или рабочий эталон. В рамках министерства (отрасли) эти эталоны называются отраслевыми.

В качестве эталона может быть также утверждена измерительная установка, входящая в состав эталона. Такая установка называется эталонной. Например, в состав государственного первичного эталона единицы активности ионизирующего излучения входят шесть эталонных установок. В целом эталонная база в области измерений параметров ионизирующих излучений состоит из 14 государственных эталонов воспроизведения активности радионуклидов, экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозы, потока энергии и др.

Эталоны могут быть выполнены в виде комплекса СИ, одиночных и групповых эталонов, а также эталонных наборов. *Групповой эталон* — это эталон, в состав которого входит совокупность СИ одного типа, номинального значения или диапазона измерений, применяемых совместно для повышения точности воспроизведения единицы или ее хранения. Результат измерений обычно определяется как среднее арифметическое из значений, воспроизводимых отдельными мерами, входящими в групповой эталон.

*Эталонный набор* — эталон, состоящий из совокупности СИ, позволяющих воспроизводить и (или) хранить единицу в диапазоне, представляющем объединение диапазонов указанных средств. Как правило, этот диапазон разбивается на ряд дискретных значений. Примерами эталонных наборов могут служить магазины электрических сопротивлений, набор денситометров для измерения плотности жидкости.

Государственные эталоны хранятся в метрологических институтах страны и периодически подвергаются сличению с международными эталонами, находящимися в МБМВ. Программой этого Бюро

предусмотрено сличение государственных эталонов ведущих стран мира. Наука об эталонах все время развивается, и это можно проследить по совершенствованию эталонов основных единиц измерения даже за небольшой период времени.

Вторичные эталоны хранятся и используются в метрологических институтах, органах государственной метрологической службы, а также в органах ведомственной метрологической службы по специальному разрешению Росстандарта.

Эталонная база России имеет в своем составе более 100 государственных эталонов и более 300 вторичных эталонов, обеспечивающих единство измерений и требуемую точность не только в нашей стране, но и большинстве стран ближнего зарубежья, исходные эталоны которых поверяются по государственным эталонам России. Эталонная база России адаптирована в европейскую и мировую системы обеспечения единства измерений и является одной из самых совершенных в мире.

Государственные эталоны России служат для воспроизведения единиц ФВ, поэтому структура эталонной базы России отражает структуру системы ФВ величин SI, принятой и применяемой в международной практике. Основу эталонной базы России составляют государственные первичные эталоны единиц SI: метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, ньютон, паскаль, вольт, беккерель.

Одной из основных единиц системы SI является единица количества вещества — моль. К настоящему времени ни в одной метрологической лаборатории мира эталон моля не создан. Будет ли вообще создан этот эталон? В настоящее время по этому вопросу нет четкого и единодушного мнения. Эта единица введена в систему SI в качестве основной для удобства работ, связанных с химико-технологическими задачами.

*Примечание.* Для промышленных объектов, в том числе и для объектов ИАЭ, признание результатов инновационных разработок напрямую зависит от состояния метрологии. Достоверность контроля при оценке и подтверждении безопасности объектов, вопросы гарантии нераспространения, учета и контроля радиоактивных материалов на производстве, также определяется уровнем точности СИ. Известно также, что недостаточная точность измерений и отсутствие обоснованных норм точности ведет к резервированию (избыточности) при проектировании систем контроля и управления, к существенному удорожанию объектов при их

эксплуатации. При этом роль эталонов и их состояние, как носителей высшей точности при воспроизведении единиц величин, чрезвычайно важна.

Парк эталонных СИ в атомной отрасли по многим видам измерений в настоящее время требует обновления, поскольку СИ со сроком эксплуатации более 10 лет составляет в настоящее время около 80 %. Это вызывает беспокойство, поскольку только метрологическое обеспечение на основе современной эталонной базы в состоянии обеспечить конкурентоспособность развития атомной отрасли в целом [89].

**Опорные значения величин.** В последнее время активно развивается международная система подтверждения *метрологической эквивалентности национальных эталонов*, под которой понимается соответствие уровней точности воспроизводимых и (или) хранимых ими единиц. В настоящее время разработана и апробирована методика ключевых сличений, сущность которых состоит в измерении всеми участниками значения величины, хранимого эталоном сравнения или другой высокостабильной мерой, и сравнения результатов этих измерений. Результатом процедуры ключевых сличений является определение *опорного значения* сличений и его расширенной неопределенности.

Под *опорным значением* понимается значение величины, неопределенность измерения которой всеми признана достаточно незначительной, чтобы служить основой для сличения со значениями однородных величин. Опорное значение величины играет роль эталонного СИ для ряда измерительных задач, для которых создание физического эталона в настоящее время не представляется возможным. Проблемы международного сличения эталонов на основе опорного значения ФВ представлены в гл. 11.

**Стандартные образцы.** Для ряда измеряемых величин большое значение имеет воспроизведение измеряемой величины с высокой точностью и воспроизводимостью. Однако создание для этих задач эталонов является экономически не целесообразным и не разумным из-за частности этих задач. Для этих целей создаются СО. Различают *стандартные образцы состава* и *стандартные образцы свойства* (ГОСТ 8.315-97) [67].

*СО состава вещества* – образцы, воспроизводящие значения величин, характеризующих содержание определенных компонентов в веществе (материале), прошедших метрологическую аттестацию, утвержденные в качестве СО состава вещества.

*СО свойств* – это образцы, воспроизводящие значения величин, характеризующих физические, химические, биологические и др. свойства вещества (за исключением величин, характеризующих состав), прошедших метрологическую аттестацию, утвержденные в качестве СО свойств вещества.

Характерно, что СО образцы состава и СО свойств вещества представляют собой, как правило, *те же самые реальные составы и вещества* или их часть. СО – это образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

В ГК «Росатом» разработан ряд стандартов по СО, например: ГОСТ Р 8.609 «ГСИ. Стандартные образцы государственной системы учета и контроля ядерных материалов», ОСТ 95 10596 «Межлабораторная аттестация стандартных образцов при малом количестве лабораторий», ОСТ 95 10319 «Порядок разработки стандартных образцов» и др. [106].

В фонде ГК «Росатом» имеются следующие СО: закиси-окиси урана; диоксида плутония; активности радионуклидов для целей ядерной и радиационной безопасности; для неразрушающего контроля твэлов; урановых материалов для контроля качества топлива; топливных таблеток для контроля качества и др.

**Примечание.** Для надежности и безопасности ядерного реактора большое значение имеет плотность керамических таблеток ядерного топлива, которые должны быть в пределах 10,6 - 10,7 г/см<sup>3</sup>. Калибровка и поверки приборов контроля плотности таблеток производится с помощью набора СО плотности, которые создаются путем отбора из производственных партий группы таблеток и тщательного измерения их плотности с помощью гидростатического (взвешивание в воде и воздухе) и/или меркуростатического (взвешивание в воздухе и в ртути) методов. СО плотности сопровождаются программой и методикой выполнения измерений, подтверждающих их характеристики, порядок отбора, подготовки и использования. Статус образцов в качестве СО свойства вещества определяется ведомственной комиссией и утверждается главным метрологом отрасли. Сфера использования СО плотности таблеток ядерного топлива охватывает пять организаций (три завода и два технологических НИИ).

СО широко используются в промышленности, в том числе и в атомной отрасли, для решения ряда практических задач:

градуировки, метрологической аттестации и поверки СИ;



метрологической аттестации МВИ;  
контроля показателей точности измерений;  
измерения ФВ состава и свойств веществ и материалов метода-  
ми сравнения.

В зависимости от сферы использования СО делятся на государ-  
ственные, отраслевые и СО предприятия.

СО вещества могут объединяться в группу образцов, опреде-  
ляющим признаком которой является одно и то же вещество, из  
которого они изготовлены. Эти образцы образуют *тип* СО. Они  
имеют единую документацию, которой нормируются метрологиче-  
ские характеристики образцов.

В общем случае в документации на СО должны быть приведены  
следующие характеристики:

аттестованное значение СО для выполнения тех практических  
задач, для которых он создан;

погрешность (неопределенность) значения ФВ, характеризую-  
щей СО, приписанная или установленная экспериментально;

характеристика однородности СО, доказывающего, что он явля-  
ется представительным образцом;

характеристика стабильности, свидетельствующая о неизменно-  
сти метрологических характеристик в установленных пределах в  
течение срока годности в данных условиях эксплуатации;

функции влияния на аттестованные характеристики СО;

составляющие погрешности (неопределенности) измерения ос-  
новных аттестуемых характеристик СО и порядок их обработки и  
представления.

Кроме того в документации должен быть представлен порядок  
создания СО: отбор образцов, их исследования, проведение необ-  
ходимых испытаний и др., т.е. те сведения, которые позволят вос-  
становить СО и при необходимости создать новые.

СО, так же как и эталоны (рабочие эталоны), могут иметь разря-  
ды и соответствующее место в поверочной схеме.

**Примечание.** В настоящее время в Российской арбитражной лаборатории ис-  
пытаний материалов ядерной энергетики (РАЛ) завершены работы по пригото-  
влению и аттестации Государственных СО (ГСО) закиси-оксида урана особой чи-  
стоты, которую можно использовать в качестве «холостой пробы» в прямых мето-  
дах анализа урановых материалов [89]. В этом образце: массовая доля Si не пре-  
вышает  $3 \text{ млн}^{-1}$ ; C, Fe, Mg, Ni, P, Na –  $1 \text{ млн}^{-1}$ ; Al, Cr, Cu, K, Mo, Pb, Tm Zn – 0,3

млн<sup>-1</sup>; Ag, B, Ba, Be, Bi, Co, In, Mn, Nb, Ru, Sn, Sr, Ta, V, W, Zr – 0,03 млн<sup>-1</sup>; Dy, Er, Eu, Sm, Cd, Gd, Th – 0,002 млн<sup>-1</sup>.

Для аттестации материала использованы методы масс-спектрометрии, атомно-эмиссионного, спектрального, фотометрического и гравиметрического анализов. Созданы ГСО закиси-окиси на основе плутония-238 и урана-235 удельной активностью 100 и 10 Бк/гU. Для градуировки атомно-эмиссионных методик созданы комплекты ГСО 1866/1870-80, 7678-99 и 8733-2006. Эти же СО с успехом могут быть применены для градуировки методик масс-спектрометрического анализа с индуктивно-связанной плазмой. Специально для этого метода созданы ГСО 7679-99 и 856-2004.

РАЛ является соразработчиком Уральского электрохимического комбината (УЭХК) в создании ГСО удельной активности нептуния-237 (комплект СОУ Нр ГСО 8181-2002) и плутония-239 (комплект СОУ Рн ГСО 8182-2002), закиси-окиси урана, а также ГСО состава уранилфторида, аттестованного по содержанию технеция (комплект СОУ Тс ГСО 8180-2002).

## 6.7. Поверочные схемы

*Поверочная схема для СИ* — нормативный документ, устанавливающий соподчинение СИ, участвующих в передаче размера единицы от эталона рабочим СИ (с указанием методов и погрешности при передаче) [69]. Различают государственные и локальные поверочные схемы.

*Государственная* поверочная схема — схема, распространяющаяся на все СИ данной ФВ, имеющейся в стране.

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

Иногда локальную (ведомственную) поверочную схему возглавляет СО. Поскольку по своей значимости СО подразделяются на государственные и локальные, которые, в свою очередь, подразделяются на ведомственные СО и СО предприятия, то этой классификации соответствуют и поверочные схемы.

Государственная поверочная схема разрабатывается в качестве *государственного стандарта*, ведомственные — в качестве нормативного документа ведомства и/или предприятия (организации).

Поверочная схема оформляется в соответствии с определенными требованиями, изложенными, как правило, в государственных стандартах. Поверочная схема должна состоять из нескольких полей, разделенных горизонтальными пунктирными линиями

(рис. 6.2). В левой части по вертикали указываются наименования элементов схемы (эталон, образцовые и рабочие СИ). В полях располагаются структурные элементы поверочной схемы (1 — 9) и методы поверки СИ при переходе с одного поля схемы к другому (2).

В верхнем поле поверочной схемы указывают эталон или образцовое СИ, *обладающее для этой схемы наивысшей точностью*.

Поверочная схема должна включать не менее двух ступеней передачи размеров единицы, и она должна представлять передачу только одной ФВ. Схемы должны состоять из текстовой части и чертежа.

Ниже первичного эталона указывают образцовые СИ (рабочие эталоны) 1-го, 2-го и т.д. разрядов. Связь между ними обозначают с помощью сплошных вертикальных линий. Нижнее поле заполняется рабочими СИ. Передача размеров единиц рабочим СИ может производиться с различных уровней, а также с использованием элементов других поверочных схем.

Эталон высшей точности (первый в цепи поверочной схемы) изображается прямоугольником, обведенным двойной линией. Другие СИ — в виде прямоугольников, обведенных одной линией, где указываются диапазон измерений и погрешности поверки. Методы передачи размеров единиц и их описание заключаются в круг или овал, обведенный одной линией.

Рабочие СИ располагают по группам, указывая тип СИ, диапазоны измерений, класс точности или погрешность. Рабочие СИ группируются в порядке убывания точности слева направо. Могут выделяться группы по методам поверки.

В поверочной схеме используют различные способы поверки СИ с помощью эталонов и образцовых СИ на разных уровнях передачи единицы измерения или значения ФВ. В целях унификации методы поверки СИ должны соответствовать одному из следующих методов:

сличение с более точной образцовой мерой посредством компарирующего прибора (например, сличение частот двух образцовых генераторов частоты);

непосредственное сличение;

метод прямых измерений (например, массы на рычажных весах);

метод косвенных измерений (например, измерение тока по силе взаимодействия катушек с током или измерение заряда на известной емкости).

Соотношение допускаемых погрешностей образцовых и поверяемых СИ устанавливаются с учетом принятого метода проверки, характера погрешности и других факторов. Обычно эти соотношения принимаются равными 1:3 при условии введения поправок на показания образцовых СИ. При отсутствии поправок исходят из соотношения 1:5.

На элементах поверочной схемы для эталонов, как правило, указываются среднеквадратическое отклонение погрешности воспроизведения единицы ФВ  $S_0$ , неисключенная систематическая погрешность (НСП)  $\theta_0$  в относительных величинах, доверительная относительная погрешность СИ  $\delta_0$ , нестабильность эталона за год  $\nu_0$ , относительная погрешность передачи размера единицы  $\delta'$ . Допускается указывать класс точности приборов. Для методов передачи единиц измерения указывается погрешность методов передачи единиц.

Типичными примерами Государственных поверочных схем для СИ характеристик источников ионизирующего излучения и полей, создаваемых этим излучением, являются: «Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы и потока энергии рентгеновского и гамма-излучений» (ГОСТ 8.034-82) и «Государственная поверочная схема для средств измерений активности, потока и плотности потока альфа-, бета- частиц и фотонов радионуклидных источников» (ГОСТ 8.033-96).

Эти стандарты представляют сложные комплексы поверочных схем, которые охватывают практически все возможные ситуации передачи размеров единиц от государственного эталона к рабочим СИ. Остановимся несколько подробнее на ГОСТ 8.033-96.

Этот стандарт распространяется на государственную поверочную схему для СИ активности радионуклидов, потока и плотности потока ионизирующих частиц (альфа-, бета-частиц и фотонов рентгеновского и гамма-излучений) радионуклидных источников и ус-

танавливает основные метрологические характеристики государственного первичного эталона и порядок передачи размеров единиц:

активности радионуклидов (А), Бк:

удельной активности радионуклидов, Бк·кг<sup>-1</sup>;

объемной активности радионуклидов, Бк·м<sup>-3</sup>;

поверхностной активности радионуклидов, Бк·м<sup>-2</sup>;

потока и плотности потока альфа-частиц ( $\varphi_{N1}$ ), альфа-ч.·с<sup>-1</sup>, альфа-ч.·с<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>;

потока и плотности бета-частиц ( $\varphi_{N1}$ ), бета-ч.·с<sup>-1</sup>, бета-ч.·с<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>;

потока и плотности потока фотонов ( $\varphi_{N1}$ ), фотона·с<sup>-1</sup>, фотона·с<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>;

угловой плотности потока частиц ( $\varphi_{N2}$ ), фотона·с<sup>-1</sup>·ср.<sup>-1</sup>; альфа-частиц·с<sup>-1</sup>·ср.<sup>-1</sup>; бета-частиц·с<sup>-1</sup>·ср.<sup>-1</sup> от государственного первичного эталона при помощи вторичных эталонов и рабочих эталонов рабочим СИ с указанием погрешностей и основных методов поверки.

Поле для разрядов эталонов состоит из первичного эталона, вторичных эталонов, рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов, а также рабочих эталонов.

Государственный первичный эталон состоит из ряда эталонных установок для воспроизведения вышеуказанных единиц. Он обеспечивает воспроизведение единиц со следующими составляющими погрешностями:

активности (А) –  $S_0 = 0,01 \cdot 10^{-2} - 0,2 \cdot 10^{-4}$ ,  $\theta_0 = 0,1 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}$ ;

потока альфа-, бета-частиц и фотонов –  $S_0 = 0,01 \cdot 10^{-2} - 0,2 \cdot 10^{-2}$ ,  $\theta_0 = 0,5 \cdot 10^{-2}$ ;

плотности потока альфа-частиц и фотонов –  $S_0 = 0,1 \cdot 10^{-2} - 0,5 \cdot 10^{-2}$ ,  $\theta_0 = 1 \cdot 10^{-2} - 1,5 \cdot 10^{-2}$ .

Государственный первичный эталон применяют для передачи размеров указанных единиц вторичным эталонам методом прямых измерений и методом непосредственного сличения при помощи радионуклидных источников.

Суммарные СКО результата измерений ( $S_{\Sigma}$ ) вторичных эталонов должны быть не более значений, указанных в табл. 6.5.

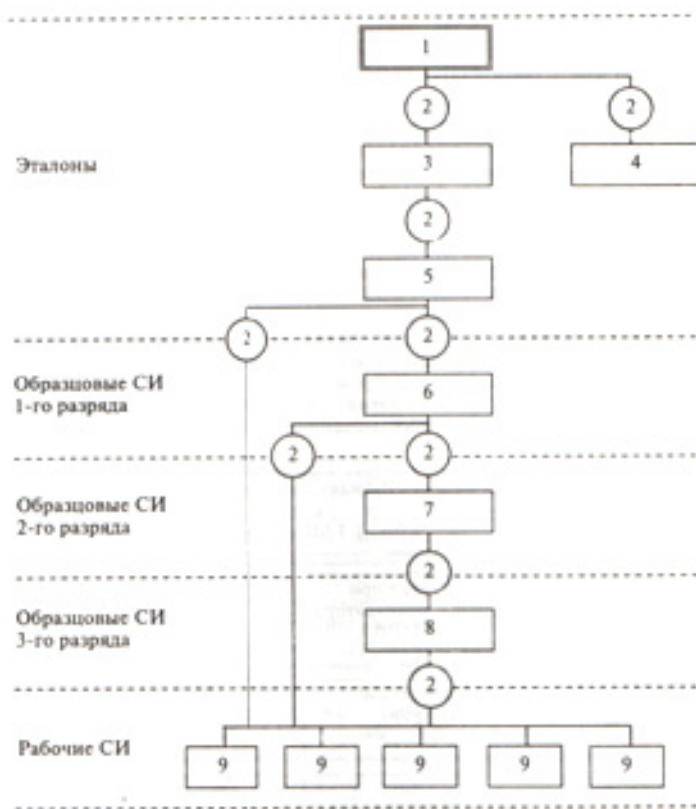


Рис. 6.2. Типичный вид поверочной схемы: 1 — государственный эталон; 2 — метод передачи единиц; 3 — эталон-копия; 4 — эталон-свидетель; 5 — рабочий эталон; 6, 7, 8 — образцовые СИ – рабочие эталоны, соответствующих разрядов; 9 — рабочие СИ

## Погрешность эталонов

Наименование эталона	Диапазон измерений активности $A$ , потока частиц $\Phi_N$ , плотности потока частиц $\varphi_{N1}$ и $\varphi_{N2}$	Суммарные СКО вторичных эталонов $S_{\Sigma}$	Погрешность раб. эталонов $\delta$ , %	
			1 разряда	2 разряда
Радионуклидные источники ионизирующих излучений	$A = 2 - 2 \cdot 10^{11}$ Бк	$1 \cdot 10^{-2} - 1,7 \cdot 10^{-2}$	3 - 4	4 - 6
	$\Phi_N = 5 - 5 \cdot 10^4$ ч.·с <sup>-1</sup> .	$1,5 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-2}$	4 - 5	5 - 6
	$\varphi_{N1} = 5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-2}$	5 - 6	6 - 7
	$\varphi_{N2} = 5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-2} - 1,7 \cdot 10^{-2}$	5 - 6	6 - 7
Растворы радионуклидов, Бк·кг <sup>-1</sup>	$A = 1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	$0,2 \cdot 10^{-2} - 1,0 \cdot 10^{-2}$	0,6 - 4	0,7 - 6
Радиометрические установки	$A = 1 - 1 \cdot 10^{13}$	$0,2 \cdot 10^{-4} - 2,0 \cdot 10^{-2}$	0,7 - 5	1,5 - 7
	$\Phi_N = 5 - 5 \cdot 10^5$	$0,5 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-2}$	1,5 - 5	2 - 8
	$\varphi_{N1} = 5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-2}$	2 - 6	3 - 9
	$\varphi_{N2} = 5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-4} - 3,0 \cdot 10^{-2}$	2 - 6	3 - 9
Радионуклидные источники специального назначения	$A = 1 - 1 \cdot 10^{12}$	$0,1 \cdot 10^{-2} - 1,0 \cdot 10^{-4}$	0,3 - 3	0,6 - 8
	$\Phi_N = 5 - 5 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-4}$	0,7 - 4	1 - 5
	$\varphi_{N1} = 5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-2}$	2,5 - 4,5	3 - 5
	$\varphi_{N2} = 5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-2}$	2,5 - 4,5	3 - 5

## Глава 7. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

### 7.1. Классификация средств измерительной техники

К средствам измерительной техники относят СИ и их совокупности (измерительные системы, измерительные установки, измерительные принадлежности, измерительные устройства).

Под *средством измерения* понимается техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени [4].

Приведенное определение вскрывает суть СИ: во-первых, способность хранить или воспроизводить единицу ФВ и, во-вторых, неизменность хранения этой единицы в течение известного времени, установленного НД. СИ могут выступать в роли *рабочего СИ* (это СИ, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим СИ), *основного, вспомогательного СИ*. В зависимости от отношения к государственным стандартам СИ может выступать как *стандартизованное и нестандартизованное СИ*. В зависимости от уровня автоматизации оно может называться *автоматическим*, в котором практически исключается участие человека (*измерительные или контрольные автоматы, измерительные роботы, контрольно-измерительные машины*), или *автоматизированным СИ*, в котором в автоматическом режиме производится только часть измерительных операций.

В соответствии с Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» под *средством измерения (СИ)* следует понимать техническое средство, предназначенное для измерений. Это упрощенное определение характеризует цель, для которой предназначено это средство, т.е. то, что представляет интерес для потребителя на практике. К СИ относятся: *эталоны, меры и измерительные приборы* (РМГ 29-99).

*Эталон* — СИ (или комплекс СИ), предназначенное для воспроизведения, и (или) хранения *единицы*, и передачи ее размера



нижестоящим по поверочной схеме СИ, утвержденное в качестве эталона в установленном порядке (см. гл. 6).

**Мера** — СИ, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения ФВ одного или нескольких *заданных размеров*, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью. Например, мерой может служить катушка индуктивности, имеющая необходимую величину индуктивности или источник ионизирующего излучения с заданными и воспроизводимыми характеристиками. Меры могут быть *однозначными* и *многозначными* (набор сопротивлений, набор весовых гирь, конденсатор переменной емкости, кварцевый генератор с набором фиксированных частот, и др.). Меры могут быть представлены в виде *набора мер* или *магазина мер*, а также в виде вещества с условно приписанными им значениями величины (например, приписанные значения твердости минералов образуют шкалу твердости Мооса, набор образцовых спектрометрических источников гамма-излучения (ОСГИ), или альфа-излучения (ОИАИ), или бета-излучения (ОСБИ).

**Стандартный образец** — образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала). СО свойства веществ и материалов по метрологическому назначению выполняют роль *однозначных мер* (см. гл. 6). Это могут быть образцы шероховатости поверхности, плотности керамических изделий, влажности почвы, химического состава уранового топлива, сплавы ферромагнитных материалов, различные калибровочные газовые смеси [101, 103, 104].

Меры характеризуются номинальным и действительным значением меры.

**Номинальное значение меры** — это значение величины, приписанное мере или партии мер при изготовлении. **Действительное значение меры** — это значение величины, приписанное мере на основании ее калибровки или поверки. Разность между номинальным и действительным значением воспроизводимой ею величины определяет погрешность меры.

**Измерительный прибор** — СИ, предназначенное для получения значений измеряемой ФВ в установленном диапазоне.

По способу индикации значений измеряемой ФВ измерительные приборы разделяют на *показывающие* и *регистрирующие*, по действию — на *интегрирующие* и *суммирующие*. Различают также *приборы прямого действия* и *приборы сравнения*, *аналоговые* и *цифровые*, *самопишущие* и *печатающие приборы*. Наибольшее распространение получили приборы *прямого действия*, в которых предусмотрено одно или несколько преобразований сигнала измерительной информации в одном направлении, т.е. без применения обратной связи. Например, амперметры, манометры, термомпары. Такие приборы градуируются с помощью мер. Большой точностью обладают *приборы сравнения*, в которых измеряемая величина сравнивается с другой величиной, значение которой заранее известно. Например, к приборам сравнения относятся равноплечные весы, электроизмерительные мосты.

По способу отсчета значений измеренных величин приборы подразделяются на *показывающие* и *регистрирующие*. В показывающем приборе допускается только отсчитывание показаний. Они могут быть аналоговыми и цифровыми. Измерительный прибор, показания которого являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины, называется *аналоговым*. *Цифровым* называют измерительный прибор, автоматически вырабатывающий дискретные сигналы измерительной информации, показания которого представлены в цифровой форме.

В *регистрирующем* приборе предусмотрена регистрация показаний. Прибор может регистрировать показания и одновременно давать информацию о численном значении измеряемой ФВ.

По способу записи измеряемой ФВ регистрирующие приборы делятся на *самопишущие* и *печатающие*. Регистрирующий измерительный прибор, в котором предусмотрена запись показаний в форме диаграммы, относится к самопишущему прибору, а прибор, в котором предусмотрено печатание показаний в цифровой форме — к печатающему прибору.

**Измерительный преобразователь** — техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации и передачи. Измерительный преобразователь, как правило, является составной частью более

сложного средства измерительной техники: прибора, установки, системы и т.д.

По характеру преобразования различают *аналоговые, цифроаналоговые, аналого-цифровые преобразователи*.

По месту, занимаемому в приборе, преобразователи подразделяются на *первичные, промежуточные, масштабные и передающие преобразователи*. Особое место в измерительной цепи занимает первичный преобразователь, т.е тот, на который непосредственно воздействует измеряемая ФВ (первый элемент в измерительной цепи прибора). СИ может содержать несколько первичных преобразователей. Другое распространенное название этого преобразователя – *датчик* – это конструктивно обособленно оформленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы. Например, термомпара, пьезоэлемент, детектор ионизирующего излучения и т.д. Датчики могут находиться на значительном расстоянии от СИ.

Важной характеристикой измерительного преобразователя является *коэффициент преобразования*, определяемый как отношение сигнала на выходе преобразователя, отображающего измеряемую величину, к вызвавшему его сигналу на входе ( $K_{пр}$ ). Простейшими промежуточными преобразователями являются трансформаторы напряжения и тока.

В зависимости от вида преобразования преобразователь может быть электромеханическим, гидромеханическим, пьезоэлектрическим, емкостным и т.д.

***Измерительная установка*** – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерения одной или нескольких ФВ и *расположенная в одном месте*. Например, все поверочные схемы являются измерительными установками.

***Измерительная система*** – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, *размещенных в разных точках контролируемого объекта*, с целью измерений одной или нескольких ФВ, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях. Например, измерительная система, контролирующая радиационную обстановку на АЭС.

**Измерительное устройство** – часть измерительного прибора (установки или системы), связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию и назначение. К измерительным устройствам можно отнести печатающее устройство, регистрирующее устройство на магнитном носителе и др.

## 7.2. Параметры и характеристики средств измерения

В этом разделе будут даны определения и рассмотрены *некоторые* параметры и характеристики измерительных приборов, определяющих их метрологические характеристики и часто используемые в практической деятельности.

*Метрологическая характеристика СИ* – характеристика одного из свойств СИ, влияющая на результат измерений и его погрешность. Перечень важнейших из метрологических характеристик нормируется ГОСТ 8.009—84 «*Нормируемые метрологические характеристики средств измерений*» [70, 71]. Метрологические характеристики позволяют оценить применимость СИ для той или иной задачи, сравнить СИ между собой, а также использовать эти характеристики для проектирования измерительных установок и систем.

*Градуировочная характеристика СИ* – зависимость между значениями величин на входе и выходе СИ, полученная экспериментально (в виде графика, формулы или таблицы). Это одна из основных метрологических характеристик СИ, которая также называется статической функцией преобразования.

*Чувствительность СИ* – свойство СИ, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызвавшему его изменению измеряемой величины. Если градуировочная характеристика линейна, т.е.  $y = f(x) = kx$ , то  $k$  является чувствительностью. Однако линейность может иметь место не во всем диапазоне входной величины  $x$ . Различают *абсолютную* и *относительную* чувствительность. Абсолютную чувствительность определяют по формуле  $S = \Delta y / \Delta x$ , а относительную чувствительность — по формуле  $S_0 = \Delta y / (\Delta x / x)$ , где  $\Delta y$  – изменение сигнала на выходе, вызванное изменением измеряемой ФВ  $x$  на величину  $\Delta x$ .

Чувствительность не следует путать с **порогом чувствительности**, определяющим наименьшее значение изменения ФВ, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством. В электронных приборах порог чувствительности, как правило, определяется электронными шумами.

Приведем характеристики приборов, связанные с представлением результатов измерения [4].

*Показывающее устройство СИ* – совокупность элементов СИ, которые обеспечивает визуальное восприятие значений измеряемой величины или связанных с ней величин.

*Указатель СИ* – часть показывающего устройства, положение которого относительно отметок шкалы определяет показания СИ (стрелка манометра или амперметра, поверхность столбика жидкости у ртутного термометра).

*Шкала СИ* – часть показывающего устройства СИ, представляющая собой упорядоченный ряд отметок вместе со связанной с ними нумерацией.

*Числовая отметка шкалы* — отметка шкалы СИ, у которой проставлено число.

*Деление шкалы* — промежуток между соседними отметками шкалы СИ.

*Цена деления шкалы* – разность значений величины между соответствующими двумя соседними отметками шкалы СИ.

*Начальное (конечное) значение шкалы* – наименьшее (наибольшее) значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале СИ.

*Диапазон показаний СИ* – область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

*Диапазон измерений СИ* – область значений измеряемой величины, в пределах которой *нормированы* допустимые пределы погрешности СИ.

Следует заметить, что *диапазон показаний* относится к шкале СИ, а *диапазон измерений* — к измеряемой ФВ, и в общем случае эти характеристики не совпадают. Диапазон измерений обычно меньше диапазона показаний.

Важной характеристикой СИ, используемой при оценке точности регистрируемого потока импульсов от детекторов ионизирующего излучения, является *временное разрешение СИ*, определяемое как *наименьший интервал времени между соседними регулярными импульсами*, которые регистрируются прибором раздельно.

**Примечание.** При регистрации импульсов ионизирующего излучения, распределенных во времени по закону Пуассона, возникает погрешность, обусловленная конечной вероятностью наложения импульсов с выхода детектора (усилителя) друг на друга. Последующий импульс может наложиться на предыдущий импульс или его выброс, имеющий противоположную полярность. Как правило, выброс гораздо длиннее, чем основной импульс, и вероятность наложения на выброс гораздо больше, чем на основной импульс. Суммарное действие выбросов приводит к смещению нулевой линии в усилителе СИ и, как следствие этого эффекта – к появлению дополнительной погрешности при регистрации амплитуды полезного сигнала и, соответственно, идентификации измеряемой энергии частицы. Эта проблема особенно остро ощущается при увеличении числа частиц или скорости счета ( $c^{-1}$ ). Для априорной оценки этой погрешности используют частную динамическую характеристику СИ – *временное разрешение*.

На практике наибольшее распространение получила другая оценка временного разрешения – *мертвое время* ( $\tau_M$ ). Этот параметр интегрально характеризует все потери числа импульсов, образующихся в чувствительном объеме детектора импульсов, и определяется как среднестатистический параметр [72]:

$$\tau_M = (1/N) - (1/N_x),$$

где  $N$  – скорость счета (имп./с) на выходе СИ,  $N_x$  – скорость счета частиц ионизирующего излучения на входе СИ (число частиц/с).

Характеристики СИ рассматриваются как индивидуальные, так и присущие данному типу СИ. **Тип (вид) СИ** – совокупность СИ одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации.

### 7.3. Классификация погрешностей средств измерений

Погрешность СИ (инструментальная погрешность) является частью общей погрешности измерений [4, 34, 66].

*Погрешность СИ может быть определена как разность между показаниями СИ и значением известного сигнала на входе СИ.*

По характеру изменения погрешности со временем и по характеру проявления можно выделить систематическую и случайную погрешности СИ.

*Систематическая погрешность СИ* – составляющая погрешности СИ, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся. Постоянная систематическая погрешность может быть обусловлена, прежде всего, неточностью градуировки или калибровки СИ, влиянием температуры и питающей сети рабочего напряжения и т.д. Изменяющаяся со временем систематическая погрешность может быть обусловлена изменением рабочих условий эксплуатации СИ (рабочая температура, влажность, атмосферное давление, механические воздействия и т.д.), разного рода помехами и другими факторами. Систематическая погрешность индивидуального образца СИ, как правило, не совпадает с систематической погрешностью другого экземпляра СИ данного типа. Поэтому группа однотипных СИ характеризуется некоторой средней систематической погрешностью и может рассматриваться как случайная величина для СИ данного типа.

*Случайная погрешность СИ* – составляющая погрешности СИ, изменяющаяся случайным образом. Эта погрешность может быть обусловлена электронными шумами, флуктуациями коэффициента преобразования, нестабильностью контактного сопротивления в коммутирующих устройствах, нестабильностью трения в опорах подвижной части приборов и т.д.

Погрешность СИ можно рассматривать по входу или/и по выходу. Приведя погрешность СИ, например ко входу, удобно сравнивать полезный сигнал с различными дестабилизирующими факторами, также приведенными ко входу СИ. На практике погрешность СИ по входу определяется как разность между известным значением величины (сигнала) на входе  $x$  и величиной, определяемой как частное от деления значения сигнала на выходе  $y(x)$  деленному на коэффициент преобразования  $K_{пр}$ :  $\Delta_{вх} = x - y(x)/K_{пр}$ . Подобным образом определяется погрешность измерительного преобразователя по выходу  $\Delta_{вых} = K_{пр} \cdot x - y(x)$ . Особенно важной является процедура «приведения» погрешности ко входу, поскольку позволяет получить абсолютную погрешность, выраженную в единицах измеряемой ФВ.

*Относительная погрешность* – погрешность СИ, выраженная отношением абсолютной погрешности СИ к результату измерений или к действительному значению измеренной ФВ. На практике допускается абсолютную погрешность относить к показанию прибора и выражать ее в процентах. Относительная погрешность называется **приведенной погрешностью**, если она отнесена к **нормируемому** значению (постоянному во всем диапазоне измерений или части диапазона). В качестве нормирующего значения часто принимают верхний предел измерений.

СИ при эксплуатации всегда подвергаются воздействию изменяющихся со временем внешних условий эксплуатации (температура окружающей среды, влажность, атмосферное давление, вибрация и т.д.). Возникает вопрос: какие условия измерения для СИ можно считать исходными или *нормальными*, как принято говорить в метрологии, а какие условия выходящими за рамки нормальных? Введем некоторые определения, поясняющие эти вопросы.

*Влияющая величина* – ФВ, не являющаяся измеряемой данным СИ, но оказывающая влияние на размер измеряемой величины и (или) результат измерений.

*Нормальные условия измерения* – условия измерения, характеризующие совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости. Нормальные условия измерений устанавливаются в НД на СИ конкретного типа или при их поверке (калибровке). Нормальные условия характеризуются, как правило, небольшими изменениями влияющих величин. Например, нормальная температура окружающей среды  $20 \pm 2$  °С, нормальная влажность воздуха  $60 \pm 5$  % и т.д. Изменение метрологических характеристик СИ в нормальных условиях является одной из составляющих погрешности СИ – *основной погрешности СИ*.

*Рабочие условия измерения* – условия измерений, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей, в пределах которых, в свою очередь, нормируют *дополнительную погрешность* или изменение показаний СИ. Например, рабочая область температур окружающей среды от минус 60 до плюс 60 °С, изменения напряжения в сети от 180 до 230 В.



Следует подчеркнуть, что нормальные и рабочие условия применения СИ определяются документацией на СИ (стандартами, техническими условиями) и зависят от вида СИ и условий его применения. Например, прецизионные СИ лабораторного типа должны эксплуатироваться при небольших изменениях влияющих величин, в то время как приборы военного назначения должны нормально функционировать в широком диапазоне изменения влияющих величин.

В соответствии с «*Методическим материалом по применению ГОСТ 8.009-84*» типичными для общего случая применения СИ являются четыре составляющих инструментальной погрешности:

1) погрешность, обусловленная неидеальностью собственных свойств СИ, т.е. отличием действительной функции (коэффициента) преобразования СИ в нормальных условиях от номинальной функции преобразования, или для меры, обусловленной отличием действительного значения выходной величины меры в нормальных условиях от номинального значения этой величины. Эта составляющая погрешности называется **основной погрешностью СИ**;

2) погрешность, обусловленная реакцией СИ на изменения внешних влияющих величин и неинформативных параметров входного сигнала относительно их нормальных значений. Эта составляющая зависит как от свойств СИ, так и от изменений влияющих величин и называется **дополнительной погрешностью СИ**;

3) погрешность, обусловленная реакцией СИ на скорость (частоту) изменения входного сигнала. Эта составляющая погрешности измерений зависит как от динамических свойств СИ, так и от частотного спектра входного сигнала и называется **динамической погрешностью СИ**;

4) погрешность, обусловленная **взаимодействием СИ** и объекта измерений. Подключение СИ к объекту измерений во многих случаях приводит к изменению значений измеряемой ФВ относительно того значения, которое имела измеряемая величина до подключения СИ к объекту измерений и определение которого является целью измерений. Эта составляющая зависит как от свойств СИ, так и объекта измерений.

**Примечания:** 1. Погрешность взаимодействия СИ может иметь место и при подключении СИ к другому СИ, например в измерительной системе. Такая возможность рассматривается в методическом материале по применению ГОСТ 8.009-84.

2. В РМГ 29-99 не введено понятия «погрешность взаимодействия», хотя имеются определения основной, дополнительной и динамической погрешностей СИ. Погрешность взаимодействия в соответствии с этим документом может быть отнесена к дополнительной погрешности. Действительно, взаимодействие СИ по входу или выходу с другими объектами или СИ влияет на метрологические характеристики основного СИ, например через выходной импеданс или изменение поля излучения в области чувствительной области СИ (датчика). Погрешность взаимодействия может быть отнесена также к методической погрешности, поскольку выбранный метод взаимодействия СИ с объектом измерения не соответствует указаниям НД на данное СИ.

*Основная погрешность* – это погрешность, обусловленная эксплуатацией СИ в нормальных условиях, а также несовпадением функции преобразования данного экземпляра СИ с номинальной функцией преобразования, присущей данному типу (данной группе) СИ. В общем случае основная погрешность состоит из систематической и случайной погрешностей, которые могут зависеть от времени. Эта погрешность может определяться неточностью градуировки, калибровки, временным дрейфом из-за старения элементов схемы, а при технических измерениях — разбросом функции преобразования группы СИ и т.д.

*Дополнительная погрешность* в отличие от основной погрешности появляется при эксплуатации СИ в рабочих условиях. Эта погрешность также может быть представлена в виде суммы систематической и случайной погрешностей и в значительной степени определяется температурой окружающей среды, а также другими условиями эксплуатации СИ.

Источником дополнительной погрешности может быть также реакция СИ на неинформативные параметры входного сигнала и особенно реакция СИ на изменение этих параметров. Это обусловлено тем, что входной сигнал может нести информацию об изменении измеряемой ФВ, а также и об изменениях других ФВ, не являющихся предметом измерения. Например, в приборе для измерения состава вещества, основанном на поглощении ионизирующего излучения, проходящего через это вещество, величина потока излучения, прошедшего через вещество, зависит не только от состава

вещества (информативный параметр), но и от толщины образца вещества (неинформативный параметр).

**Примечания:** 1. В ГОСТ 8.009-84 для расчета суммарной погрешности СИ предлагается рассматривать одну из двух моделей. Модель I распространяется на подавляющую часть эксплуатируемых СИ и предполагает *статистическое объединение всех существенных* составляющих погрешности (основной, дополнительной и динамической). Модель II применима для консервативной оценки погрешности СИ, когда в первую очередь должны быть обеспечены вопросы безопасности. Для этой модели метод расчета погрешности заключается в *арифметическом суммировании модулей наибольших возможных значений* всех существенных составляющих инструментальной погрешности измерений. Эти наибольшие возможные значения представляют собой границы интервалов, в которых соответствующие составляющие находятся с вероятностью близкой к единице, т.е. представляют собой пределы допусаемых погрешностей.

2. При расчете погрешностей СИ учитываются только те составляющие, которые вносят заметный вклад в суммарную погрешность СИ, т.е. являются *существенными*. Что является критерием существенности составляющей погрешности СИ? В отличие от *критерия значимости* погрешности (критерий 1/3 от общей погрешности), *критерий существенности* распространяется на погрешности измерения разного характера (случайные и систематические) и разных причин возникновения (основная, дополнительная, динамические, гистерезиса и др.). Существенность составляющих определяется путем сравнения их между собой и с суммарной погрешностью [70, 71].

#### **7.4. Нормирование метрологических характеристик средств измерений**

Некорректная оценка погрешности измерений чревата большими экономическими потерями, а иногда и техническими последствиями. Заниженная оценка погрешности измерений (применение СИ низкой точности) ведет к увеличению брака продукции, неэкономичному или неправильному расходованию материалов, неправильным выводам при научных исследованиях. Завышенная оценка погрешности измерений, следствием чего, как правило, является ошибочный вывод о необходимости применения более точных СИ, вызывает непроизводительные затраты на разработку, промышленный выпуск и эксплуатацию СИ и приводит к неоправданному увеличению цены на более точные СИ, применяемые для данной задачи. *Стремление максимально приблизить оценку погрешности измерений к ее действительному значению, но так, чтобы она при этом оставалась в вероятностном смысле «оценкой сверху»* – од-

*на из характерных тенденций современной практической метрологии.*

При выпуске измерительных приборов невозможно для каждого экземпляра СИ экспериментально или теоретически установить его метрологические характеристики. Поэтому для **технических измерений** (т.е. в рамках практической метрологии) сложилась практика устанавливать метрологические характеристики не для каждого экземпляра СИ, а для данного **типа** СИ в целом, рассматривая их со статических позиций. При этом важно определить комплекс этих характеристик так, чтобы они отражали все метрологические свойства СИ. Эту задачу в метрологической практике решает ГОСТ 8.009-84. В соответствии со своим назначением он регламентирует номенклатуру метрологических характеристик СИ, правила выбора комплекса нормируемых метрологических характеристик для конкретных типов СИ и способы их нормирования в НД.

Для чего же необходимо нормирование метрологических характеристик СИ, т.е. установление ограничений на их номенклатуру и виды? На основе комплекса метрологических характеристик СИ решаются следующие задачи при технических измерениях:

- оценка инструментальной составляющей погрешности измерений до проведения измерений на стадии проектирования СИ;
- выбор СИ, метрологические характеристики которых обеспечили бы требуемое качество измерений при известных условиях применения СИ;
- сравнение СИ различных типов по их метрологическим характеристикам;
- разработка сложных измерительных систем, выбор метрологических характеристик отдельных блоков и приборов этих систем;
- оценка погрешности измерительных установок и систем. Экспериментальная оценка погрешности измерительной системы в целом часто не представляется возможной, поэтому такую оценку проводят расчетным путем, используя комплекс нормируемых метрологических характеристик.

В соответствии с ГОСТ 8.009-84 нормированию подлежит следующий комплекс метрологических характеристик СИ:

1) характеристики, предназначенные для определения результатов измерения, в том числе функция преобразования, цена деления,

вид выходного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда кода;

2) характеристики погрешности СИ, в том числе характеристики систематической и случайной составляющих погрешности, значение основной и дополнительной погрешностей СИ, статистические характеристики погрешности СИ;

3) характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам, в том числе функции влияния  $\psi(\xi)$  и изменения  $\varepsilon(\xi)$  значений метрологических характеристик СИ, вызванные изменениями влияющих величин  $\xi$  в установленных пределах;

4) динамические характеристики СИ, в том числе полные и частные ДХ;

5) характеристики СИ, отражающие их способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений вследствие взаимодействия СИ с любым из подключенных к их входу или выходу компонентов;

6) неинформативные параметры выходного сигнала СИ.

В качестве примера рассмотрим некоторые нормируемые характеристики погрешностей СИ.

А. Характеристики систематической составляющей  $\Delta_S$  погрешности СИ выбирают из числа следующих:

значение систематической составляющей  $\Delta_S$  или значение систематической составляющей  $\Delta_S$ , математическое ожидание  $M[\Delta_S]$  и среднее квадратическое отклонение  $\sigma[\Delta_S]$  систематической составляющей погрешности.

Следует заметить, что систематическая составляющая погрешности СИ рассматривается как случайная величина на множестве СИ данного типа.

Б. Характеристики случайной централизованной составляющей  $\Delta$  погрешности СИ<sup>37</sup> выбирают из числа следующих: среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  случайной составляющей погрешности или среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  случайной составляющей

---

<sup>37</sup> Случайную погрешность рассматривают как централизованную, т.е. симметричную относительно нуля, поэтому в ее обозначении часто используют «ноль», «кружок» сверху символа СКП.

щей погрешности, нормализованная автокорреляционная функция или функция спектральной плотности случайной составляющей погрешности.

В. Характеристику погрешности СИ нормируют в виде пределов допускаемой погрешности как для нормальных условий, так и для интервала влияющей величины.

*Примечание.* Предел допускаемой погрешности СИ представляет собой наибольшее значение погрешности СИ, устанавливаемое НД для данного типа СИ, при котором оно еще признается годным к применению. Задание допустимой погрешности в нормальных условиях имеет смысл «класса точности» СИ. Следует заметить, что **допускаемые пределы** изменения любой из метрологических характеристик представляют собой границы интервала, в котором значение характеристики любого экземпляра СИ данного типа должно находиться с вероятностью близкой к единице.

Г. Функцию влияния  $\psi(\xi)$  нормируют путем установления номинальной функции  $\psi(\xi)$  и пределов допускаемых отклонений от нее или с помощью граничных функций влияния. Задание (нормирование) функции влияния позволяет определить дополнительные погрешности СИ в реальных условиях, а также установить влияние отдельных влияющих величин на результат измерения. ГОСТ 8.009—84 допускает также нормирование пределов допускаемой дополнительной погрешности.

Д. ДХ СИ нормируют в виде полных и частных ДХ. Полную ДХ выбирают из числа следующих: переходная характеристика, импульсная переходная характеристика, амплитудно-фазовая характеристика, амплитудно-частотная характеристика, совокупность амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик, передаточная характеристика. К частным ДХ относят любые функционалы или параметры полных ДХ.

## **7.5. Динамические характеристики и динамические погрешности средств измерений**

*Общие сведения.* Динамическая погрешность СИ – погрешность СИ, возникающая при измерении изменяющейся (в процессе измерений) ФВ или сигнала.

Отнесение измерения к динамическому или статическому – до-вольно условно и определяется величиной ДП в сравнении с дру-гими погрешностями измерения. Если ДП должна учитываться в сумме других погрешностей, то измерение относится к динамиче-скому, если – нет, то к статическому. Динамическая погрешность считается *существенной* при удовлетворении неравенства [66, 70]

$$\Delta_{\text{dyn max}} \geq 0,17 \cdot \Delta_{\text{M max}},$$

где  $\Delta_{\text{dyn max}}$  – наибольшее значение динамической погрешности СИ, возможное в рабочих условиях применения СИ данного типа,  $\Delta_{\text{M max}}$  – наибольшее возможное значение погрешности СИ в рабо-чих условиях применения СИ данного типа (т.е. включающее в се-бя все погрешности СИ: основная, дополнительная, взаимодейст-вия и динамическая).

Величина динамической погрешности зависит от соотношения между скоростью изменения входного сигнала и скоростью реак-ции СИ на изменение этого сигнала. Изменение ФВ может проис-ходить с различной скоростью: от скорости равной бесконечности при скачкообразном изменении ФВ до очень медленного измене-ния, при котором режим работы СИ может считаться статическим. Рассмотрим *ряд примеров* динамических измерений [34].

1. Определение последовательных значений ФВ, изменяющейся во времени (измерение толщины стали на прокатном стане, высоты полета летательного аппарата, глубины дна под килем судна, рас-пределения урана по длине тепловыделяющего элемента и т.д.). Эти изменения характеризуются сигналом, изменяющимся со вре-менем случайным образом около некоторого среднего значения или закономерным образом (детерминированное изменение).

2. Измерение параметров однократной реализации какого-либо процесса, например, измерение постоянной времени жизни радио-активного короткоживущего радионуклида по его кривой распада, измерение импульсных характеристик взрывов, определение энер-гетических и временных характеристик ионизирующего излучения, измерение характеристик импульсного лазерного излучения и т.д.

3. Измерение постоянной величины за ограниченное время, на-пример, быстрое (время измерения сравнимо со временем реакции

СИ) измерение температуры, напряжения в точках электронной цепи или веса изделия на рычажных весах и др.

Динамическая погрешность, обусловленная инерционностью СИ и описываемая ДХ СИ, является основной составляющей динамической погрешности и называется *погрешностью линейных искажений*. Кроме того, динамическая погрешность может быть обусловлена отклонением реальной ДХ СИ от номинальной, по которой производится априорный расчет выходного сигнала (разброс ДХ от экземпляра к экземпляру СИ) и неточностью фиксации момента времени измерения. *Указанные выше составляющие динамической погрешности имеют место при любых динамических измерениях.*

**Нормирование ДХ.** В соответствии с ГОСТ 8.009—84 нормированию подлежат полные и частные ДХ. Полную ДХ выбирают из числа следующих:

1. *Переходная характеристика (ПХ),  $h(t)$ .* На практике эта характеристика может быть получена путем воздействия на вход СИ скачка ФВ (сигнала) в виде:

$$H(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ 1, & t \geq 0. \end{cases} \quad (7.1)$$

2. *Импульсная переходная характеристика (ИПХ),  $g(t)$ .* На практике эта характеристика может быть получена путем воздействия на вход СИ  $\delta(t)$ -импульса:

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty, & t = 0; \\ 0, & t \neq 0. \end{cases} \quad (7.2)$$

3. *Амплитудно-фазовая характеристика,  $G(j\omega)$ .* Эта характеристика определяется как отношение комплексного сигнала на выходе СИ к комплексному сигналу на входе СИ:

$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = A(\omega)e^{j\phi(\omega)}, \quad (7.3)$$

где  $Y(j\omega)$  и  $X(j\omega)$  — преобразование Фурье для выходного и входного сигналов;  $A(\omega)$  — амплитудно-частотная характеристика — зависимость амплитуды сигнала на выходе от его частоты и  $\phi(\omega)$  — фазочастотная характеристики — зависимость фазы выходного сиг-



нала СИ относительно положения входного сигнала на временной оси.

3. *Амплитудно-частотная характеристика*,  $A(\omega)$  – для минимально-фазовых систем, для которых существует взаимнооднозначное соответствие между  $A(\omega)$  и  $\varphi(\omega)$ . Это соответствие позволяет определить  $\varphi(\omega)$ , зная  $A(\omega)$ .

4. *Совокупность амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик* для систем не относящихся к минимально-фазовым.

5. *Передаточная функция*,  $G(p)$ . Передаточную функцию (формально) можно получить путем замены  $j\omega$  на комплексный оператор  $p$ .

Как же связаны между собой полные ДХ, и как, зная одну из полных ДХ, можно получить все другие ДХ? Приведем соотношения, связывающие полные ДХ СИ.

Известно, что амплитудно-частотная характеристика и ИПХ связаны между собой с помощью прямого и обратного преобразований Фурье:

$$G(j\omega) = \int_0^{\infty} g(t)e^{-j\omega t} dt ; \quad (7.4)$$

$$g(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} G(j\omega)e^{j\omega t} d\omega . \quad (7.5)$$

Передаточная функция может быть получена с помощью преобразования Лапласа:

$$G(p) = \int_0^{\infty} g(t)e^{-pt} dt . \quad (7.6)$$

Известно также, что ПХ и ИПХ связаны между собой соотношениями

$$g(t) = \frac{dh(t)}{dt} , \quad h(t) = \int_0^t g(\xi)d\xi .$$

Полные ДХ нормируют путем установления полной ДХ и пределов (положительного и отрицательного) допускаемых отклонений от нее. Предпочтительной является такая характеристика, экспериментальное определение и (или) контроль которой могут быть

осуществлены с необходимой точностью и наиболее простым способом.

ДХ допускается нормировать для нормальных и для рабочих условий применения СИ отдельно.

Номинальную ДХ, пределы допускаемых отклонений от нее и граничные ДХ можно представлять в виде чисел, формул, таблиц или графиков. Необходимо отметить, что в ГОСТ 8.009—84 отдается предпочтение нормированию полных ДХ, поскольку с помощью полной ДХ можно определить *любую* частную ДХ, которые допускается нормировать в обоснованных случаях.

Наиболее просто на практике реализуются испытательные сигналы в виде синусоиды (7.3) и скачка (7.1). При аналитических расчетах предпочтение отдается ИПХ (7.2). Реализовать на практике входной  $\delta$ -импульс невозможно, а  $\delta$ -квазиимпульс (импульс малой длительности) часто очень сложно. Представление комплексной функции  $G(j\omega)$  в показательной форме позволяет выделить (7.3) *амплитудно-частотную*  $A(\omega)$  и фазочастотную характеристики  $\varphi(\omega)$ .

**Пример 7.1.** Рассмотрим получение полных ДХ СИ на простом примере. Пусть эквивалентная схема СИ представляет собой фильтр низких частот 1-го порядка (интегрирующая RC-цепочка, рис. 7.1). Подобной эквивалентной схемой можно представить многие СИ. Дифференциальное уравнение, связывающее входной и выходной сигналы для такой схемы имеет вид:

$$\tau_u \frac{\partial y(t)}{\partial t} + y(t) = x(t), \quad \tau_u = RC. \quad (7.7)$$

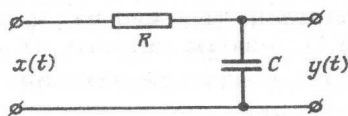


Рис. 7.1. Интегрирующая цепочка – низкочастотный фильтр 1-го порядка

При нулевых начальных условиях решением этого дифференциального уравнения является

$$y(t) = \int_0^t \frac{1}{\tau_u} e^{-\frac{t-\xi}{\tau_u}} x(\xi) d\xi. \quad (7.8)$$

В общем случае при реальных изменениях  $x(t)$  решение для (7.8) может оказаться очень сложным. Поэтому для определения динамических свойств СИ используют ряд ДХ, получаемых с помощью *простых испытательных сигналов*, о которых мы говорили выше.

Если на вход линейного СИ подается комплексный **синусоидальный сигнал** в виде  $x(t) = X_0 e^{j\omega t}$ , то выходная величина сигнала характеризуется той же частотой, но сдвинутой по фазе на величину:  $\varphi$   $y(t) = Y_0 e^{j(\omega t + \varphi)}$ . Если входную и выходную величины продифференцировать и ввести в дифференциальное уравнение (7.7), а затем записать отношение амплитуд выходной величины  $Y_0 e^{j\varphi}$  к входной величине  $X_0$ , то получим выражение для комплексной амплитудно-фазовой характеристики. Подставив в (7.7) выражения для  $y(t)$  и  $x(t)$ , получим:  $\tau_u Y_0 e^{j\varphi} e^{j\omega t} (j\omega) + Y_0 e^{j\omega t} e^{j\varphi} = X_0 e^{j\omega t}$ . После сокращения на  $e^{j\omega t}$ , выражение для амплитудно-фазовой характеристики будет иметь вид:

$$G(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega \tau_u} = A(\omega) e^{j\phi(\omega)}. \quad (7.9)$$

Используя схему на рис. 7.1, выражение для амплитудно-фазовой характеристики (7.9) можно вычислить проще. Подавая на вход схемы сигнал комплексной частоты и определяя отношение выходного сигнала к входному, получим

$$\begin{aligned} G(j\omega) &= \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = \frac{I(j\omega) \cdot (1/j\omega C)}{X(j\omega)} = \frac{X(j\omega) \cdot (1/j\omega C)}{[R + (1/j\omega C)]} \cdot \frac{1}{X(j\omega)} = \\ &= \frac{1}{1 + j\omega CR} = \frac{1}{1 + j\omega \tau_u}, \end{aligned}$$

где  $\tau_u = RC$  – постоянная времени схемы,  $I(j\omega)$  – ток в цепи.

Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики в данном примере имеют вид:

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau_u^2}}, \quad ; \quad \varphi(\omega) = -\arctg \omega \tau_u. \quad (7.10)$$

Используя выражение (7.9), получим передаточную функцию  $G(p)$ , а затем по таблицам преобразования Лапласа найдем выражение для ИПХ:

$$G(p) = \frac{1}{1 + p\tau_u}. \quad (7.11)$$

$$g(t) = \frac{1}{\tau_u} e^{-\frac{t}{\tau_u}}, \quad (7.12)$$

а затем и выражение для ПХ

$$h(t) = \int_0^t g(\xi) d\xi = 1 - e^{-\frac{t}{\tau_u}}. \quad (7.13)$$

Полные ДХ (7.9), (7.10), (7.12) и (7.13) для эквивалентной схемы СИ в виде фильтра низких частот представлены на рис. 7.2 в виде номинальных ДХ и наибольших допускаемых отклонений от них. Эти отклонения образуют «рукава» изменений ДХ для данного типа СИ и являются одной из составляющих динамической погрешности СИ.

**Частные ДХ аналоговых СИ.** Наиболее наглядно частные ДХ можно представить на примере ПХ, т.е. реакции СИ на скачок сигнала на входе. Типичные переходные характеристики СИ приведены на рис. 7.3. К частным ДХ относят любые функционалы или параметры полных ДХ. Примерами таких характеристик являются: постоянная времени нарастания, время реакции  $t_\delta$ , коэффициент демпфирования  $\gamma_{dem}$ , значение резонансной собственной круговой частоты  $\omega_0$ , время задержки  $t_3$ , мертвое время и др.

Допускается нормировать только частную ДХ в тех случаях, когда эта характеристика достаточна для учета динамических свойств СИ при его применении.

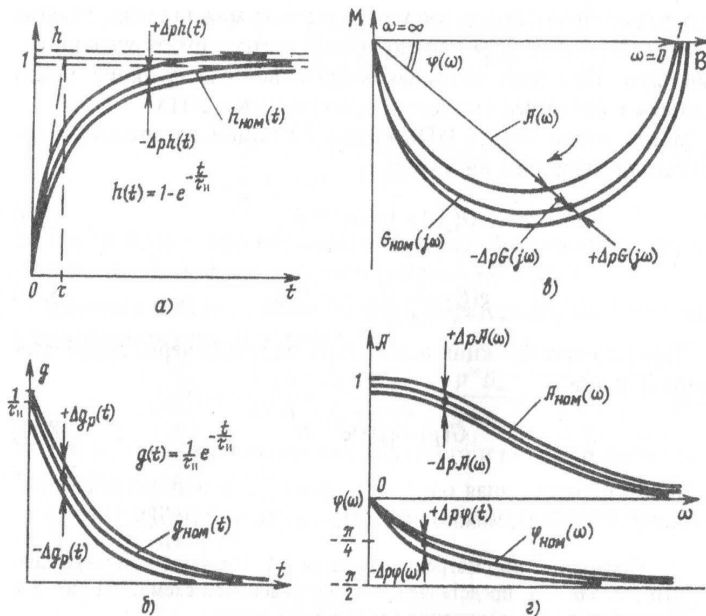


Рис. 7.2. Полные динамические характеристики для низкочастотного фильтра 1-го порядка: а — переходная характеристика; б — импульсная переходная характеристика; в — амплитудно-фазовая характеристика; г — амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики; ном. — номинальная ДХ;  $\pm \Delta_p$  — наибольшие допустимые отклонения от номинальных ДХ

Наиболее распространенной частной ДХ являются *быстродействие СИ (или время реакции)*, которое можно определить как время достижения переходной характеристикой определенного уровня. На практике это соответствует, например, времени успокоения стрелки показывающего устройства СИ. Как правило, это время достижения 0,9 от максимального (установившегося) значения ПХ. Если ПХ имеет экспоненциальный характер, то быстродействие  $t_6 = 2,3\tau_{и}$ , где  $\tau_{и}$  — постоянная времени экспоненты ПХ. Если СИ можно представить как последовательно соединенные преобразователи, обладающие быстродействием  $t_{6i}$ , то быстродействие всего СИ может быть определено по формуле (формула гео-

метрического сложения):  $t_{\delta\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n t_{\delta i}^2}$ . Особенно хорошо это соотношение согласуется с практикой, если каждый измерительный преобразователь СИ является низкочастотным звеном 1-го порядка (эквивалентными интегрирующими цепочками, см. рис. 7.1).

В случае дискретного выходного сигнала быстродействие определяется количеством элементарных отсчетов, при которых выходной сигнал достигает заданного уровня.

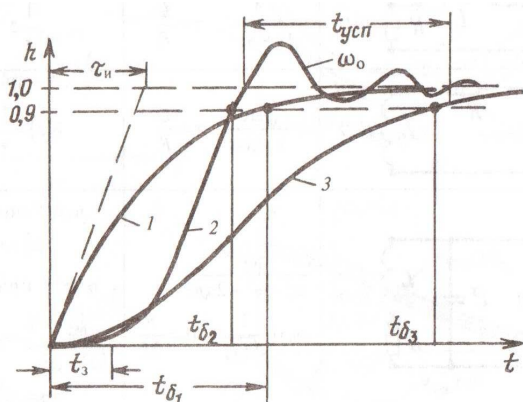


Рис. 7.3. Переходные характеристики СИ и некоторые частные динамические характеристики: 1 — характеристика звена 1-го порядка (см. пример); 2 — переходная характеристика более сложной эквивалентной схемы СИ; 3 — характеристика нескольких звеньев 1-го порядка, включенных последовательно

**Модели определения динамической погрешности.** Динамическую погрешность СИ при регистрации случайных и детерминированных непрерывных сигналов определяют, как правило, с помощью модели, изображенной на рис. 7.4. Динамическая погрешность соответствует разности между зашумленным сигналом  $y(t)$  на выходе реального СИ с ИПХ  $g(t)$  и сигналом  $h(t)$  на выходе идеального СИ с ИПХ  $g_0(t)$ . Как видно, погрешность измерения сигнала  $x(t)$  состоит из динамической погрешности, обусловленной линейными

искажениями сигнала, и погрешностью из-за влияния электронных шумов  $n(t)$ . Погрешность линейных искажений связана с отличием ИПХ реального и идеального измерительных каналов на этой блок-схеме. Некоторые ИПХ идеального канала (желаемого преобразования входного сигнала) физически трудно реализуемы или практически нереализуемы [37].

Для того, чтобы измерение осуществлялось на заданной площади изделия, в приборе имеется **коллимационная система (коллиматор)** — это часть конструкции СИ, ограничивающая угол зрения, под которым чувствительная часть прибора (датчик) «видит» объект измерения. Необходимо отметить, что коллиматор в том или ином виде присутствует почти в каждом приборе, поскольку точечные измерения в динамическом режиме неосуществимы. Поскольку он сглаживает реальные изменения входного сигнала, то его необходимо учитывать в моделях оценки динамической погрешности СИ. Типичным элементом усреднения, играющим роль коллимационной системы в каждом приборе, является чувствительная поверхность детектора, имеющего конечные геометрические размеры.

Используя модель, учитывающую интегрирующее действие коллиматора (см. рис. 7.4), динамическую погрешность, обусловленную линейными искажениями, представляют в виде

$$\varepsilon_d(t) = \left| \int_0^t x(t-\xi) g_{\text{квп}}(\xi) d\xi - \int_0^t x(t-\xi) g_0(\xi) d\xi \right|, \quad (7.14)$$

где  $g_{\text{квп}}(\xi)$  — свертка ИПХ коллиматора и вторичного преобразователя:

$$g_{\text{квп}}(t) = \int_0^t g_{\text{к}}(t-\xi) g_{\text{вп}}(\xi) d\xi.$$

Если проводятся «точечные» измерения, т.е. усреднением в поле зрения коллиматора можно пренебречь, тогда

$$g_{\text{к}}(t) = \delta(t) \text{ и } g_{\text{квп}}(t) = g_{\text{вп}}(t).$$

Дисперсия случайной составляющей основной погрешности, обусловленная электронным шумом  $n(t)$ , будет равна

$$\overline{\varepsilon_{ds}^2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} S_n^{\oplus}(\omega) |G_{\text{вн}}(j\omega)|^2 d\omega,$$

где  $S_n^{\oplus}(\omega)$  – СПМ шума в области положительных частот  $\omega \geq 0$ .

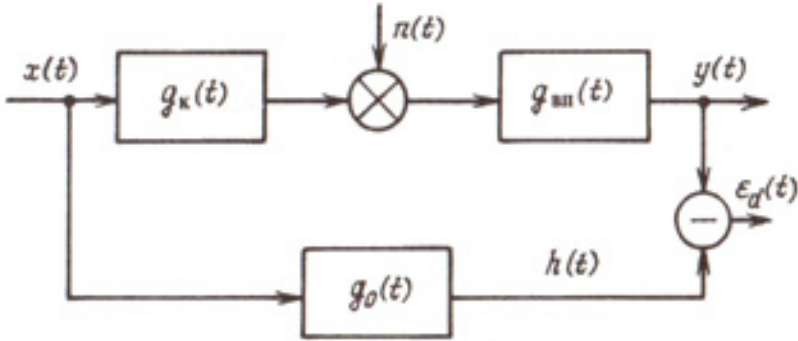


Рис. 7.4. Модель СИ для расчета динамической погрешности во временной области

**Пример 7.2.** На вход СИ поступает скачок сигнала  $x(p) = H(p) = 1/p$  (например, при помещении термометра в измеряемую среду), коллиматор отсутствует, т.е.  $g_k(p) = 1$ . Передаточная функция СИ описывается соотношением (7.11), т.е. СИ моделируется интегрирующим звеном первого порядка. При  $g_о(p) = 1$  определить динамическую погрешность в переходном режиме (режим успокоения).

*Решение.* Запишем (7.14) в операторном виде и после преобразований по таблице Лапласа получим зависимость динамической погрешности от времени.

$$\varepsilon_d(p) = \frac{1}{p} \cdot \left| 1 - \frac{1}{1 + p\tau} \right| = \frac{\tau}{1 + p\tau} \Rightarrow \exp(-t/\tau)$$

при  $t \rightarrow \infty \quad \varepsilon_d \rightarrow 0$ .

Для вычисления дисперсии случайной погрешности при входном случайном сигнале используют модель, в которой преобразователи модели представлены амплитудно-фазовыми характеристиками (рис. 7.5).

Тогда дисперсию случайной динамической погрешности вычисляют по формуле



$$\begin{aligned} \overline{\varepsilon_{ds}^2} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \varepsilon(\omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty S_x^\oplus(\omega) |G_0(j\omega) - G_k(j\omega)G_{вп}(j\omega)|^2 d\omega + \\ &+ \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty S_n^\oplus(\omega) |G_{вп}(j\omega)|^2 d\omega, \end{aligned} \quad (7.15)$$

где  $S_x^\oplus(\omega)$  – СПМ сигнала в области положительных частот,  $G_0(j\omega)$ ,  $G_k(j\omega)$ ,  $G_{вп}(j\omega)$  – номинальные амплитудно-фазовые характеристики идеального канала преобразования, коллиматора и вторичного преобразователя.

В этой формуле первое слагаемое является динамической погрешностью, обусловленной линейными искажениями сигнала, а второе слагаемое является погрешностью из-за электронных шумов. Это соотношение позволяет оптимизировать полосу пропускания СИ с целью получения условий измерения при минимальной общей погрешности.

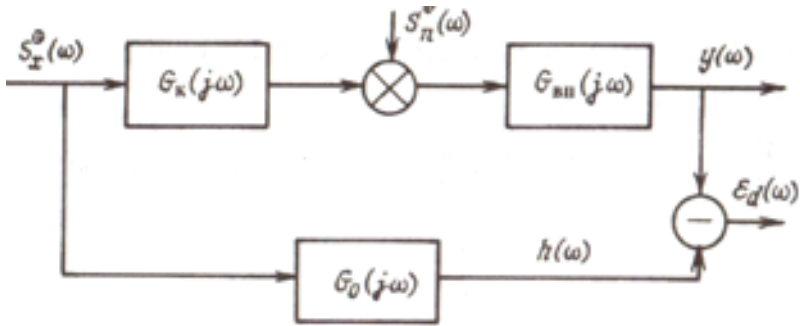


Рис. 7.5. Модель СИ для расчета динамической погрешности в частотной области

Более полные сведения о динамическом режиме работы СИ и динамических погрешностях при измерении характеристик различного типа входных сигналов: медленно изменяющихся входных ФВ по сравнению со скоростью реакции СИ, детерминированных, случайных, скачкообразных — представлены в работах [34, 66]. В этих работах приведены примеры и задачи из различных областей науки и техники, в том числе, связанные с атомной отраслью про-

мышленности. Динамические характеристики и погрешности цифровых преобразователей и, прежде всего АЦП и ЦАП, приведены в работах [27, 129, 130].

## **7.6. Оценка погрешности измерительных каналов**

Известно, что, используя модели СИ, можно значительно сократить вычислительные и экспериментальные работы, связанные с определением составляющих погрешностей СИ при вариации его параметров и воздействии различных дестабилизирующих факторов. Построение модели, отражающей сразу все свойства СИ (всеобъемлющая модель), невозможно, да и нецелесообразно из-за ее сложности. Модель (принципиальная схема, блок-схема, структурная схема и т.д.) создается, как правило, с определенным целевым назначением и отражает те свойства устройства, которые влияют на исследуемый показатель качества (например, на статическую или динамическую погрешности, или на стоимость, или на быстродействие и т.д.).

Модели могут описывать прямое преобразование и преобразование с отрицательной обратной связью.

Отличительной чертой прямого преобразования является последовательность преобразования в одном направлении от входа к выходу. Этим характеризуются измерительные каналы измерительных установок и измерительных систем. Они могут состоять из датчиков, отдельных преобразователей и линий связи. Кроме того, любое СИ или прибор, как правило, может быть разбито на ряд блоков, что значительно облегчает проведение на этой модели анализ всех составляющих погрешности, возникающих в различных частях канала или блоках СИ. Например, датчик с сцинтилляционным детектором (СД) может состоять из сцинтиллятора, оптического канала, связывающего сцинтиллятор с фотоэлектронным умножителем (ФЭУ), ФЭУ, электронного усилителя, кабеля, передающего сигнал с датчика к электронному устройству обработки сигнала (например АЦП). Каждый из этих электротехнических преобразователей характеризуется своим набором погрешностей, степень влияния которых на результат измерения может быть различен.

На рис. 7.6 приведен пример канала прямого преобразования сигнала (например ИС), который разбит на ряд блоков, характеризуемых своими коэффициентами преобразования  $K_i$ . Эти блоки могут принадлежать одному прибору или различным измерительным устройствам установки или измерительной системы, могут быть соединены линиями связи и расположены в разных местах [78, 88, 92, 93].

Поскольку погрешности, как правило, малы, то коэффициенты преобразований принимают линейными, и если при  $x=0$ ,  $y=0$  (рис. 7.7, зависимость 1), то и равными чувствительности блока  $S=\Delta y/\Delta x=K=y/x$ . Тогда эту схему удобнее представить, заменив коэффициент преобразования чувствительностью  $S_i=\Delta x_i/\Delta y_i$  (рис. 7.6, б).

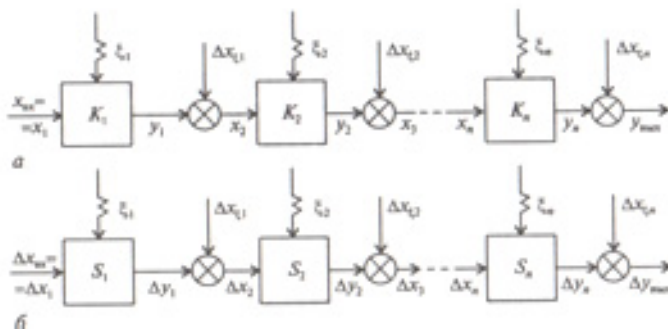


Рис. 7.6. Модели СИ с блоками, характеризуемыми коэффициентами преобразования (а) и блоками, характеризуемыми чувствительностью преобразования (б):  $\xi_i$  – воздействующие факторы, определяющие дополнительные погрешности;  $\Delta x_{\xi_i}$  – генераторы погрешностей, искажающие результаты преобразования сигнала

**Примечание.** Для усилителей электрических сигналов, как правило,  $K=S$ . Однако часто зависимость  $K=f(x_1)$  для СИ, где  $x_1$  – измеряемая ФВ, является нелинейной (рис. 7.7). При этом коэффициент преобразования  $K=y/x$  не будет равен чувствительности  $S=\Delta y/\Delta x \approx dy/dx$ , и для расчета погрешностей СИ и приведения их к измеряемой величине  $x$  необходимо использовать значения чувствительности в данной точке диапазона измеряемых ФВ.

Искажение сигнала за счет воздействия дестабилизирующих факторов (факторов влияния), а также составляющих основных по-

грешностей, отражены на модели *генераторами погрешностей*  $\Delta x_{\xi_i}$ . *Воздействующих факторов*  $\xi_i$  может быть несколько: температура, влажность, вибрация, удары, колебания питающей сети, помехи и т.д. При этом каждому воздействию фактору на схемах рис. 7.6 будут соответствовать отдельные *генераторы погрешностей*.

Для удобства расчетов и сравнения различных воздействий на сигнал используется приведение дестабилизирующих факторов ко входу или выходу СИ. Например для погрешностей  $\Delta x_{\xi_1}$  и  $\Delta x_{\xi_2}$ , приведенных ко входу,

$$(\Delta x_{\xi_{12}})_{\text{ВХ}} = \Delta x_{\xi_1} / K_1 + \Delta x_{\xi_2} / K_1 \cdot K_2,$$

а к выходу —

$$(\Delta y_{\xi_{12}})_{\text{ВЫХ}} = \Delta x_{\xi_1} \cdot K_2 \cdot K_3 \cdots K_n + \Delta x_{\xi_2} \cdot K_3 \cdot K_4 \cdots K_n.$$

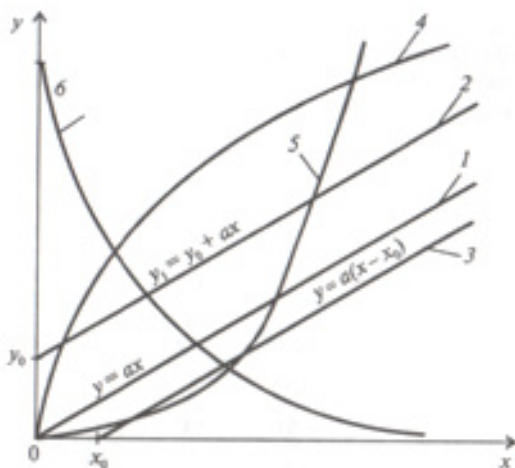


Рис. 7.7. Функции преобразования СИ: линейные (1, 2, 3), со смещением по оси  $y$  (2) и по оси  $x$  (3); нелинейные (4, 5, 6)

Нестабильность из-за коэффициентов преобразования, приведенных к выходу (мультипликативная погрешность), будет равна

$\Delta y_{\text{ВЫХ}} = x_{\text{ВХ}} \cdot (K_2 \cdot K_3 \cdots K_n \cdot \Delta K_1 + \dots + K_1 \cdot K_2 \cdots K_{n-1} \cdot \Delta K_n)$ , а относительная нестабильность

$$\delta y = \frac{\Delta y_{\text{ВЫХ}}}{y_{\text{ВЫХ}}} = \frac{\Delta K}{K}.$$

Приведенная ко входу нестабильность равна

$$\Delta x_{\text{ВХ}} = \Delta y_{\text{ВЫХ}} / K, \text{ где } K = K_1 \cdot K_2 \cdots K_n.$$

Дисперсии случайных погрешностей пересчитываются ко входу или выходу по формулам

$$\left(\sigma_i^2\right)_{\text{ВХ}} = \sigma_i^2 / K_1^2 \cdot K_2^2 \cdots K_i^2; \quad \left(\sigma_i^2\right)_{\text{ВЫХ}} = \sigma_i^2 \cdot K_{i+1}^2 \cdot K_{i+2}^2 \cdots K_n^2.$$

**Пример 7.3.** Необходимо привести ко входу изменения амплитуды сигнала на выходе датчика гамма-излучения, рассмотренного в примере 9.2.

*Решение.* В условиях примера 9.2 амплитуда импульса при  $E_0 = 100$  кэВ,  $K_{\text{эф}} = 1,0$  фотоэлектрон/кэВ,  $M = 10^6$ ,  $K_y = 6,25 \cdot 10^{10}$  В/Кл, будет равна  $U = 0,1$  В. Таким образом, коэффициент преобразования всего датчика будет равен  $K_{\text{пр}} = 10^{-3}$  В/кэВ, а нестабильность амплитуды, приведенная ко входу, т.е. выраженная в относительных единицах регистрируемой энергии, будет равна:  $\delta E = \delta U$ . Абсолютная нестабильность, приведенная ко входу,  $\Delta E(40^\circ \text{C}) = U \delta U(40^\circ \text{C}) / K_{\text{пр}} = 0,1 \text{ В} \cdot 0,096 / 10^{-3} \text{ В/кэВ} = 9,6$  кэВ и  $\Delta E(-40^\circ \text{C}) = U \delta U(-40^\circ \text{C}) / K_{\text{пр}} = 0,1 \text{ В} \cdot 0,46 / 10^{-3} \text{ В/кэВ} = 46$  кэВ.

Отметим, что в дополнение к классификации погрешностей, приведенных в гл. 1, инструментальные погрешности делятся на *мультипликативные* и *аддитивные*. Погрешности, пропорциональные величине входного сигнала, относят к мультипликативным, а погрешности, не зависящие от сигнала – к аддитивным. Таким образом, все погрешности, изменяющие коэффициент преобразования (чувствительность), являются мультипликативными. Погрешности, обусловленные дрейфом нуля, шумами, наводками, изменением порога чувствительности и т.д., относятся к аддитивным погрешностям и моделируются на схемах (рис. 7.6) введением дополнительных генераторов погрешностей типа  $\Delta x_{\text{э}j}$ .

Преобразование с отрицательной обратной связью используется в тех случаях, когда стремятся уменьшить влияние ряда дестабилизирующих факторов, либо когда в соответствии с принципом работы СИ представляет собой следящую систему (систему с автоматическим регулированием).

Подобные системы имеют прямой и обратный каналы преобразования (рис. 7.8). Обратный канал преобразования, так же как и прямой, может состоять из ряда блоков (преобразователей). Без учета дестабилизирующих факторов выражение для коэффициента преобразования с обратной связью имеет вид

$$K_{OC} = \frac{y_{ВЫХ}}{x_{ВХ}} = \frac{K}{1 + K\beta}, \quad K = \prod_{i=1}^n K_i; \quad \beta = \prod_{i=1}^m \beta_i; \quad \beta = \frac{y_{ВЫХ}}{y_{\beta}}$$

Относительная мультипликативная погрешность, обусловленная нестабильностью коэффициентов преобразования  $K$  и  $\beta$ , будет равна

$$\delta y_{ВЫХ} = \frac{\Delta y_{ВЫХ}}{y_{ВЫХ}} = \frac{\Delta K}{K} \cdot \frac{1}{1 + \beta K} - \frac{\Delta \beta}{\beta} \cdot \frac{\beta K}{1 + \beta K} \cong \frac{\delta K}{\beta K} - \delta \beta,$$

где  $\delta$  — относительные изменения величин.

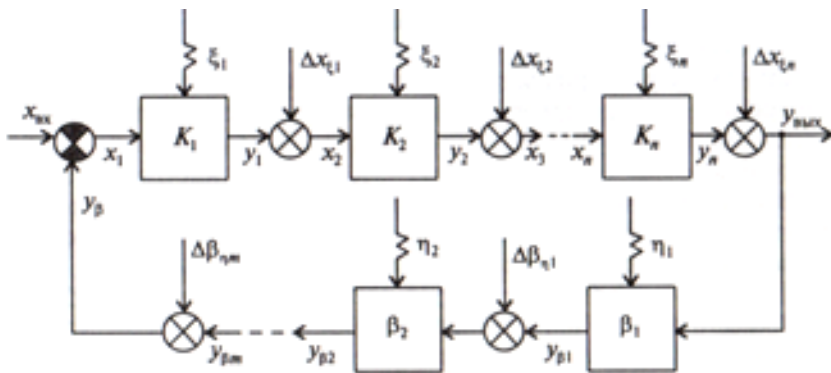


Рис. 7.8. Модель СИ с каналом обратной связи (обозначения, как на рис. 7.7)

Таким образом, при  $\beta K \gg 1$ , нестабильность выходного сигнала коэффициента прямой передачи будет уменьшена в  $\beta K$  раз и будет определяться нестабильностью канала обратной связи, который стремятся выполнять из стабильных, как правило пассивных элементов.

Достаточно полный и подробный порядок расчета СИ с использованием моделей приведен в работе [66].

## 7.7. Классы точности средств измерений

*Точность СИ* – характеристика качества СИ, отражающая близость его погрешности к нулю. **Класс точности СИ** – это обобщенная характеристика данного типа СИ, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Следует подчеркнуть, что **класс точности** дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность СИ данного типа, но **не является непосредственным показателем точности измерений**, выполняемых с помощью каждого из этих средств. Классы точности на СИ конкретного типа, как правило, устанавливаются в стандартах, технических условиях или других НД. Общие требования к установлению классов точности СИ изложены в государственном стандарте ГОСТ 8.401—80 «*Классы точности средств измерений. Общие требования*». Этот стандарт имеет ограниченное применение, в частности, он не распространяется на СИ, для которых необходим учет динамических погрешностей, а также на СИ, для которых отдельно нормируются случайная и систематическая погрешности.

*Примечание.* Несмотря на то, что ГОСТ 8.009—84 не предусматривает нормирование точности СИ, оценка качества СИ с помощью *классов точности СИ* широко используется на практике. Отчасти это обусловлено исторически. Однако, хотя класс точности СИ (или точность СИ) не является показателем точности (погрешности) измерений, при применении данного СИ его часто используют для оценки результатов однократных измерений в соответствии с утвержденными МВИ данного вида измерений.

Классы точности устанавливаются в зависимости от уровня основной погрешности. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности могут быть постоянны (аддитивная погрешность):

$$\Delta = \pm a, \quad (7.16)$$

либо зависеть от измеряемой величины  $x$  (аддитивная погрешность плюс мультипликативная погрешность):

$$\Delta = \pm(a + vx), \quad (7.17)$$

где  $\Delta$ ,  $a$  и  $x$  выражаются в единицах измеряемой величины,  $v$  – безразмерно.

Пределы допускаемых приведенных погрешностей, как правило, выражают в относительных единицах

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N}, \quad (7.18)$$

где  $x_N$  – нормируемое значение шкалы СИ, например конечное значение шкалы или номинальное значение измеряемой ФВ. В общем случае величина  $x_N$  устанавливается документацией на СИ. Относительная приведенная погрешность выбирается из ряда чисел:

$$p = \pm(1 \cdot 10^n; 1,5 \cdot 10^n; 2 \cdot 10^n; 2,5 \cdot 10^n; 4 \cdot 10^n; 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n),$$

где  $n = 1; 0; -1; -2; -3$  и т.д.

Класс точности обычно выражают в процентах. Например, класс точности 0,1 соответствует относительной погрешности 0,001.

Для обозначения класса точности СИ, у которых аддитивная и мультипликативная погрешности соизмеримы, нормируется предел допускаемой относительной погрешности

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

где  $X_K$  – конечное значение диапазона измерений;  $c = b/d$ ,  $d = a/X_K$  – положительные постоянные члены. Смысл такого представления относительной погрешности будет понятен, если определить  $\delta$  в характерных точках шкалы СИ: при  $x = X_K/2$ , т.е. в точке, соответствующей половине диапазона измерений  $\delta = c + d$ , а при  $x = X_K$ ,  $\delta = \pm c$ , т.е. пределу допускаемой относительной погрешности в том случае, когда показания прибора максимальны.

Числа, обозначающие  $c$  и  $d$ , выбирают из того же ряда  $p$  и класс точности обозначают как отношение  $c/d$ . Например, если класс точности обозначен 0,02/0,01, то это соответствует следующей записи относительной погрешности

$$\delta = \pm \left[ 0,02 + 0,01 \left( \left| \frac{X_K}{x} \right| - 1 \right) \right] \% = \pm \left[ 0,0002 + 0,0001 \left( \left| \frac{X_K}{x} \right| - 1 \right) \right].$$



Дополнительные погрешности нормируются отдельно для каждой функции влияния и в таком же виде, как и основная погрешность.

Другие особенности присвоения классов точности СИ, а также связанные с ними вопросы графического обозначения классов точности приведены в ГОСТ 8.401—80, также в работе [2].

**Пример 7.4.** Определить класс точности амперметра с конечным значением шкалы  $I_K = 1,0$  мА для измерения тока в диапазоне от 0,2 до 1,0 мА так, чтобы относительная погрешность  $\delta_I$  не превышала 1 %.

Относительная погрешность определяется в соответствии с отношением (7.18), где  $x_N$  — конечное значение шкалы равно 1,0 мА. Чтобы относительная погрешность при измерении тока величиной 0,2 мА не превышала 1 %, погрешность измерения тока величиной 0,2 мА должна быть  $(0,2/1,0)1 \% = 0,2 \%$ . Таким образом, класс точности амперметра должен быть 0,2.

## 7.8. Регулировка и градуировка средств измерений

*Регулировка* используется как на этапе промышленного выпуска СИ, так и при периодических поверках СИ. Эта техническая операция позволяет повысить точность СИ за счет уменьшения прежде всего систематической погрешности. Задача регулировки – установить основную погрешность в соответствии с заданными пределами допустимой погрешности.

Поскольку в общем случае основная погрешность состоит из аддитивной и мультипликативной составляющих погрешностей (7.17), то регулировка состоит из регулировки нуля и регулировки чувствительности. Регулировка нуля уменьшает аддитивную погрешность (слагаемое  $a$  в (7.17)), а регулировка чувствительности уменьшает систематическую погрешность, растущую при увеличении (уменьшении) значения измеряемой ФВ (слагаемое  $bх$ ). На практике в качестве точек регулировки используют, как правило, начальное, среднее и конечное значения шкалы.

Другим важным этапом при промышленном выпуске приборов является их *градуировка*. В общем случае под *градуировкой СИ* понимают снятие градуировочной зависимости, нанесения отметок на шкалу СИ, введения в прибор этой зависимости с помощью запо-

минающего устройства или схемных элементов. Градуировка подразумевает определение выходных значений прибора, соответствующих входным значениям измеряемой величины, и присвоения этих выходных значений отметкам шкалы или показаниям цифрового устройства.

Различают следующие способы градуировки.

- Градуировка с помощью градуировочной зависимости, которая позволяет использовать заранее изготовленные типовые шкалы или вводить в запоминающее устройство СИ номинальную градуировочную зависимость. Это самый распространенный способ градуировки приборов, предназначенных для технических измерений.

- Индивидуальная градуировка СИ, которая позволяет уменьшить основную погрешность и применяется для специальных приборов, а также для СИ с сугубо нелинейной градуировочной характеристикой. Индивидуальную градуировку на приборе со шкалой, как правило, проводят с уже отрегулированным прибором. В этот прибор помещают шкалу с еще не нанесенными метками. Подавая на вход известные заранее значения входной величины, на шкалу наносят значения этих величин, а промежуточные деления устанавливают, деля расстояния между этими отметками на равные части.

Для СИ с цифровым отсчетом с помощью регулировочных элементов, изменяющих градуировочную зависимость прибора, добиваются, чтобы цифровой отсчет соответствовал измеряемому значению ФВ. При этом этапы градуировки и регулировки оказываются совмещенными.

- Градуировка условной шкалы состоит в определении с помощью образцовых мер значений измеряемой величины, соответствующих некоторым отметкам на шкале. Отметки носят условный характер, например, расстояние в миллиметрах, угол поворота в градусах. Соответствие между измеряемой величиной и условными отметками оформляется в виде графика или таблицы.

Вопросы контроля за состоянием СИ в процессе их эксплуатации (поверка, калибровка, аттестация методов (методик) измерения) рассматриваются в гл. 12.

## Глава 8. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

### 8.1. Случайные погрешности

#### 8.1.1. Описание случайных погрешностей

Измерения величины  $Q$  всегда сопровождаются случайной погрешностью, поскольку каждый результат измерения  $x_i$  можно рассматривать как независимую случайную величину. Наиболее универсальным способом описания случайных величин являются их интегральные и дифференциальные функции распределения. *Интегральной функцией результатов измерения  $P(x)$*  называется зависимость вероятности того, что результат измерения  $x_i$  в  $i$ -м опыте окажется меньше некоторого текущего значения  $x$ .

*Интегральной функцией распределения погрешности  $P(\delta)$*  называется зависимость вероятности того, что погрешность в  $i$  измерении  $(x_i - Q)$  будет меньше, чем погрешность  $(x - Q)$ . Получается эта функция путем переноса начала координат в точку  $x = Q$ .

Наибольшее распространение получили, как более наглядные, дифференциальные функции распределения результатов измерений  $p(x)$  и погрешностей  $p(\delta)$ , являющиеся производными от интегральных функций:

$$p(x) = \frac{dP(x)}{dx}, \quad p(\delta) = \frac{dP(\delta)}{d\delta}.$$

Обычно максимум дифференциальной функции распределения (или плотности распределения) совпадает (при отсутствии систематической погрешности) с истинным значением ФВ, поэтому дифференциальная функция распределения является более наглядной. В дальнейшем изложении материала, в основном, будет использоваться дифференциальная функция распределения случайной погрешности измерения.

Дифференциальные функции позволяют определить вероятность попадания погрешности или результата измерения в заданный интервал. Например, для погрешности измерения

$$P(\delta_1 < \delta \leq \delta_2) = \int_{\delta_1}^{\delta_2} p(\delta) d\delta = \int_{-\infty}^{\delta_2} p(\delta) d\delta - \int_{-\infty}^{\delta_1} p(\delta) d\delta.$$

Со *статистических* позиций истинным (действительным) значением измеряемой величины считают координату центра тяжести фигуры, образованной осью абсцисс и кривой дифференциального распределения. Эта координата называется *математическим ожиданием случайной величины* и определяется формулой

$$m_x = M[x] = \int_{-\infty}^{\infty} x \{p(x)\} dx.$$

Если систематическая погрешность равна нулю, то полагают, что

$$m_x = Q.$$

Со статистических позиций можно дать более строгое определение систематической и случайной погрешностей. Отклонение математического ожидания от истинного значения измеряемой величины есть систематическая погрешность

$$\theta = m_x - Q = M[x] - Q,$$

а отклонение единичного результата измерения от математического ожидания есть случайная погрешность

$$\delta = x - M[x].$$

### 8.1.2. Моменты случайных величин

Описание результатов измерений с помощью *функций распределения* является достаточно универсальным средством получения полных сведений о погрешностях измерения. Этот способ обработки измерений используют при научно-исследовательских работах, а также при создании новых мер и измерительных приборов. Обычно результаты измерений характеризуют функционалами от функций распределения и значениями погрешности в некотором доверительном интервале. Наиболее широко для оценки результатов измерения используют первые и вторые начальные и центральные моменты [34, 66].

Первый начальный момент определяет центр тяжести под кривой  $p(x)$  и называется математическим ожиданием:

$$\int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx = m_x.$$

Второй начальный момент

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2 p(x)dx = D_x$$

характеризует рассеяние результатов измерения и называется *дисперсией* результатов измерений при  $m_x = 0$ .

Второй центральный момент играет большую роль в теории погрешностей

$$\int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 p(x)dx = M[(x - m_x)^2] = M[\delta^2] = \int_{-\infty}^{\infty} \delta^2 p(\delta)d\delta = D[x]$$

и имеет специальное название — ***дисперсия***, и совпадает со вторым начальным моментом при  $m_x = 0$ .

Дисперсия имеет размерность квадрата измеряемой величины, что не всегда удобно на практике. Чаще используют среднеквадратическое отклонение (СКО) результатов измерения

$$\sigma_x = \sqrt{D[x]}.$$

## 8.2. Распределения случайных погрешностей

Случайная погрешность образуется в результате случайного воздействия различных факторов, которые приводят к появлению составляющих погрешностей, имеющих свое распределение вероятности. Многие факторы в настоящее время хорошо изучены, и известны создаваемые ими функции распределения случайных погрешностей. Наиболее распространенными функциями распределения случайных погрешностей являются *нормальное и равномерное (симметричное) распределения*.

***Симметричное равномерное распределение*** постоянно в диапазоне от  $-\alpha$  до  $\alpha$  и равно нулю при всех других изменениях аргумента (рис. 8.1):

$$p(\delta) = \begin{cases} 0, & -\infty < \delta < -\alpha; \\ \frac{1}{2\alpha}, & -\alpha \leq \delta \leq \alpha; \\ 0, & \alpha < \delta < \infty. \end{cases}$$

Это распределение погрешности имеет место из-за зазоров в механизмах, обусловленных допусками, дискретности уровней квантования в аналого-цифровых преобразователях, дискретности шкал при снятии показаний со стрелочного прибора и т.д.

Основные моменты равномерного распределения — математическое ожидание и дисперсия равны

$$M[\delta] = 0; \quad D[\delta] = \frac{\alpha^2}{3}.$$

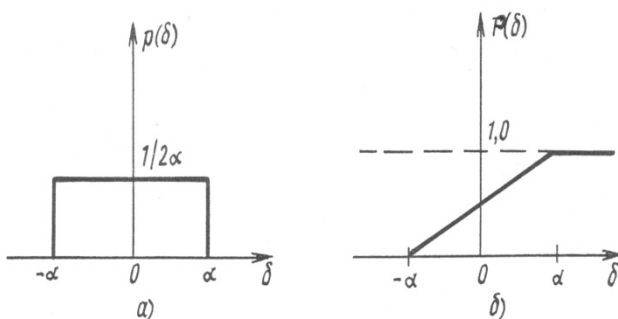


Рис. 8.1. Функции равномерного распределение погрешности измерения:  
а — дифференциальная; б — интегральная

**Нормальное распределение** встречается довольно часто, поскольку к нему, согласно центральной предельной теореме теории вероятности, приводит большое количество одновременно малых воздействий, пусть даже имеющих произвольные распределения погрешности. Дифференциальная функция распределения результатов измерений и случайной погрешности имеет вид (рис. 8.2):

$$p(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(x - m_x)^2}{2\sigma_x^2} \right];$$

$$p(\delta) = \frac{1}{\sigma_{\delta} \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{\delta^2}{2\sigma_{\delta}^2} \right].$$

Если переместить начало координат  $p(x)$  в точку  $x = m_x$ , то получим функцию распределения погрешности  $p(\delta)$  и  $\sigma_x = \sigma_{\delta} = \sigma$ . Нормальная функция распределения полностью характеризуется дисперсией, которая показывает рассеиваемость (размытость) результатов измерений, обусловленных случайной погрешностью.

Вероятность попадания результатов измерения в некоторый заданный интервал  $(x_1, x_2]$  равна

$$P(x_1 < x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} p(x) dx = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} \exp \left[ -\frac{(x - m_x)^2}{2\sigma^2} \right] dx.$$

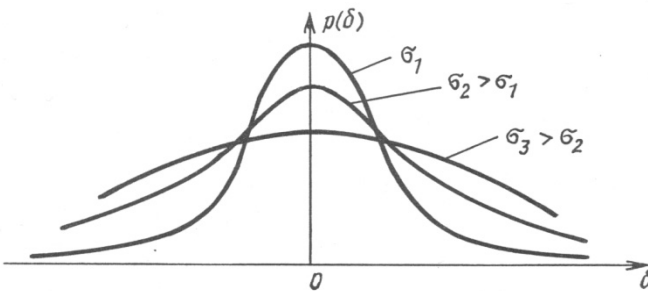


Рис. 8.2. Дифференциальные функции нормального распределения погрешности измерения при различных СКО результатов измерения

Этот интеграл не выражается в элементарных функциях, и его вычисляют с помощью таблиц. Для упрощения формы записи и приведения ее к виду, удобному для пользования таблицами, проведем замену переменных:

$$\frac{x - m_x}{\sigma} = t; \quad \frac{x_1 - m_x}{\sigma} = t_1; \quad \frac{x_2 - m_x}{\sigma} = t_2,$$

после чего получим следующее выражение для вероятности:

$$P(x_1 < x \leq x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[ \int_{-\infty}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt - \int_{-\infty}^{t_1} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right] = \Phi(t_2) - \Phi(t_1).$$

Дифференциальная функция распределения  $p(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$  яв-

ляется нормированной функцией распределения погрешности. Для вычисления вероятности используют табулированные значения интеграла вероятности – функции нормального распределения Гаусса:

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

В силу симметрии и учитывая, что площадь под кривой распределения равна единице,

$$\Phi(z) = 1 - \Phi(-z) \quad \text{и} \quad \Phi(-z) = 1 - \Phi(z).$$

Используя эти соотношения, получим выражение для определения вероятности попадания результатов измерения (или погрешностей) в симметричный интервал  $\pm z$ :

$$P(-z < \delta \leq z) = \Phi(z) - \Phi(-z) = \Phi(z) - 1 + \Phi(z) = 2\Phi(z) - 1.$$

Интеграл вероятности вида  $\Phi(z)$  приведен в таблицах [34, 66].

### 8.3. Точечные и интервальные оценки

#### 8.3.1. Точечные оценки

Определение точного значения математического ожидания и дисперсии (и соответственно СКО) возможно только при бесконечном числе измерений или при наличии генеральной совокупности данных:

$$m_x = M[x] = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx \quad \text{или} \quad m_x = \sum_{i=1}^{\infty} x_i p^*(x_i);$$

$$\sigma_x^2 = D[x] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 p^*(x)dx \quad \text{или} \quad \sigma_x^2 = \sum_{i=1}^{\infty} (x_i - m_x)^2 p^*(x_i),$$



где  $p^*(x_i)$  – вероятность появления результата измерения  $x_i$  в интервале значений от  $x_i$  до  $x_{i+1}$  при дискретном распределении результатов измерения,

При отсутствии систематической погрешности принимается, что математическое ожидание  $m_x = Q$ , где  $Q$  – истинное (действительное) значение измеряемой ФВ.

В результате измерительного эксперимента получают ограниченное число значений  $x_i$ , и по этой выборке оценивают значения математического ожидания и дисперсии.

Пригодность оценок, полученных с помощью этого ограниченного числа измерений, проверяют с помощью ряда статистических критериев, таких как состоятельность, несмещенность и эффективность [34].

Таблица 8.1

### Формулы для вычисления точечных оценок результатов измерений

Точечная оценка	Формулы для вычисления оценок
Оценка истинного значения – среднее арифметическое значение измеряемой величины из $n$ единичных результатов	$\tilde{m}_x = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (8.1)$
Оценка СКО – средняя квадратическая погрешность результатов единичных измерений в ряду $n$ единичных измерений	$\tilde{\sigma} = \tilde{\sigma}_x = S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8.2)$
Оценка средней квадратической погрешности результатов измерения среднего арифметического	$\tilde{\sigma}_{\bar{x}} = S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8.3)$

**Примечание.** Среднеквадратическое отклонение (СКО) и среднеквадратическая погрешность (СКП) для измерений, свободных от систематических погрешностей, являются одинаковой оценкой результатов единичных измерений (в соответствии с РМГ 29-99). Волнистый знак обозначает оценку величины.

*Состоятельная оценка* — это оценка, которая сходится при увеличении числа измерений к своему пределу по вероятности.

*Несмещенная оценка* – это оценка, при которой ее математическое ожидание равно оцениваемому параметру.

*Эффективная оценка* – это оценка, дисперсия которой меньше дисперсии любой другой оценки данного параметра.

Установлено [34], что всем вышеуказанным критериям удовлетворяют оценки, приведенные в табл. 8.1. Оценки, выражаемые одним числом, называются *точечными* оценками, а поскольку они представлены ограниченным числом данных (результатов измерений), случайно выбранных (полученных) в результате измерительной процедуры, то эти оценки также называются *выборочными*.

### 8.3.2. Оценки с помощью доверительных интервалов

Более полный и надежный способ оценивания измеренной ФВ заключается в определении интервала (а не только точечного значения), в котором с заданной степенью достоверности будет заключено значение оцениваемого параметра. Поскольку увеличение числа измерений увеличивает уверенность в получении правильного результата измерений, доверительные интервалы сужаются при увеличении числа измерений с сохранением вероятности нахождения истинного значения внутри него. *Доверительные границы результатов измерений определяются как наибольшее и наименьшее значения результатов измерений, ограничивающие интервал, внутри которого с заданной вероятностью находится искомое (истинное) значение результата измерений.*

• Полагая, что результаты измерения не содержат систематической погрешности, вероятность нахождения действительного значения измеряемой ФВ при получении *единичного результата измерения*  $x$  в интервале от  $x_1 = x - t_p \sigma$  до  $x_2 = x + t_p \sigma$  при заранее известном СКО  $\sigma$  будет равна при  $|t_1| = |t_2| = t_p$ :

$$P(x - t_p \sigma < Q \leq x + t_p \sigma) = \Phi(t_p) - \Phi(-t_p) = 2\Phi(t_p) - 1.$$

Для абсолютной погрешности  $\delta = |x - m_x| = |x - Q|$  имеет место следующее выражение для вероятности попадания погрешности единичного измерения в интервал  $\pm t_p \sigma$ :

$$P(|\delta| < t_p \sigma) = 2\Phi(t_p) - 1.$$

**Пример 8.1.** Номинальные значения плотности керамических урановых топливных таблеток для энергетических реакторов ВВЭР-1000 после операции спекания должны находиться в диапазоне от  $\rho_1 = 10,60 \text{ г/см}^3$  до  $\rho_2 = 10,70 \text{ г/см}^3$ . В результате выборочного единичного контроля представителем ОТК получено значение плотности  $\rho_0 = 10,68 \text{ г/см}^3$ . СКО результата единичного измерения составляет  $\sigma_\rho = 0,04 \text{ г/см}^3$ .

Полагая, что плотность имеет нормальное распределение, определить вероятность того, что измеренное значение плотности находится в области номинальных значений и вероятность того, что оно может превысить  $10,70 \text{ г/см}^3$ .

Полагая, что центр нормального распределения соответствует  $\rho_0$ , определим нормированные интервалы

$$t_1 = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\sigma_\rho} = -2,0, \quad t_2 = \frac{\rho_2 - \rho_0}{\sigma_\rho} = 0,5.$$

Вычислим соответствующие вероятности, используя таблицу нормального распределения Гаусса:  $P_1(-\infty < \rho \leq \rho_1) = 0,0228$  и  $P_2(-\infty < \rho \leq \rho_2) = 0,6915$ . Искомое значение вероятности  $P(\rho_1 \leq \rho \leq \rho_2) = P_2 - P_1 = 0,6692 \cong 0,67$ .

Вероятность превышения плотности  $10,70 \text{ г/см}^3$  будет равна  $P(\rho > \rho_2) = 1 - P_2 = 0,3085 \approx 0,31$ .

• При проведении  $n$  измерений и заранее известном СКО вероятность нахождения действительного значения измеряемой ФВ в доверительном интервале от  $x_1$  до  $x_2$  будет равна

$$P\left(\bar{x} - t_p \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < Q \leq \bar{x} + t_p \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 2\Phi(t_p) - 1,$$

где  $t_p = \frac{|\bar{x} - m_x|}{\sigma_x}$ . Видно, что доверительный интервал сузился в

$\sqrt{n}$  раз (см. табл. 8.1) при той же вероятности, что и в предыдущем примере. Вероятность  $P$  нахождения погрешности измерения среднего  $\delta = |\bar{x} - Q|$  в заданном интервале можно представить в виде

$$P\left(|\delta| < t_p \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 2\Phi(t_p) - 1.$$

Половина доверительного интервала называется *доверительной границей*, и итог измерения представляется в виде

$$Q = \bar{x} \pm t_p \sigma_x \quad \text{при} \quad P = \dots\%.$$

**Пример 8.2.** В условиях предыдущего примера, для подтверждения правильности технологического процесса производства таблеток ядерного топлива из массы таблеток было изъято  $n = 10$  образцов. Измерение среднего значения показало, что  $\bar{\rho} = 10,62$  г/см<sup>3</sup>. СКО единичных измерений известно и равно  $\sigma_p = 0,04$  г/см<sup>3</sup>.

Определить вероятность того, что плотность таблеток может быть меньше 10,60 г/см<sup>3</sup> (недоспекание таблеток). Оценить систематическое смещение плотности относительно номинала 10,65 г/см<sup>3</sup>.

Определим СКО результата измерений по формуле (8.2)  $\sigma_p = 0,0126$  г/см<sup>3</sup>. При этом  $t = -1,587$ , что соответствует вероятности  $P = 0,054$ .

Систематическое смещение плотности этой партии таблиц в сторону снижения плотности (недоспекаемости таблеток) примерно соответствует 0,03 г/см<sup>3</sup> относительно номинального центра (допустимого) диапазона плотности.

• При проведении небольшого (ограниченного) числа измерений, *предположительно распределенных нормально*, вероятность нахождения действительного значения измеряемой ФВ в доверительном интервале (при неизвестном СКО) будет определяться распределением Стьюдента

$$P[(\bar{x} - t_p S_x) \leq Q < (\bar{x} + t_p S_x)] = 2 \int_0^{t_p} S(t, k) dt,$$

где  $S_x$  определяется по формуле (8.3),  $S(t, k)$  – дифференциальная функция распределения Стьюдента, зависящая от параметра

$t_p = \frac{\bar{x} - Q}{S_x^-}$  и числа степеней свободы  $k = n - 1$ . Для погрешности измерения, учитывая симметричность распределения Стьюдента, можно написать следующее соотношение:

$$P\left(|\bar{x} - Q| < t_p S_x^-\right) = P\left\{|\delta| < t_p S_x^-\right\} = 2 \int_0^{t_p} S(t, k) dt.$$

Для определения вероятности попадания действительного значения измеряемой величины, в доверительный интервал  $\pm t_p \sigma$  при числе степеней свободы  $k$  Стьюдентом были составлены специальные таблицы. Результат измерения записывается в виде

$$Q = \bar{x} \pm t_p S_x^- \text{ при } P = \dots \%$$

**Пример 8.3.** При настройке технологического процесса производства таблеток ядерного топлива одним из важных показателей его качества является плотность таблеток. Контрольные измерения плотности  $n=10$  таблеток, показали, что  $\bar{\rho}_{10} = 10,58 \text{ г/см}^3$ . Оценка СКО плотности таблеток, определенная по формуле (8.3) при  $n=10$  измерения  $S_\rho^- = 0,02 \text{ г/см}^3$ . Определить доверительные границы нахождения плотности с вероятностью 0,99.

Используя распределение Стьюдента при числе степеней свободы  $k = 9$  и вероятности  $P = 0,99$ , найдем  $t_p = 3,250$  и  $t_p \cdot S_\rho^- = 0,065 \text{ г/см}^3$ . Результат измерения запишем в виде  $Q_\rho = (10,580 \pm 0,065) \text{ г/см}^3$  при  $P = 0,99$ .

**Пример 8.4.** Номинальная длина твэла реактора ВВЭР-1000 составляет 3837,0 мм. Реальная длина твэла имеет разброс, обусловленный размерами оболочки, изготовленной из циркониевого сплава (цирконий+1 % ниобия), сваренных швов и заглушек твэла. По результатам пяти измерений определена средняя длина твэла  $\bar{L} = 3837,78 \text{ мм}$  и СКО  $S_L^- = 0,32 \text{ мм}$ . Полагая, что распределение результатов измерения соответствует нормальному закону, определить вероятность того, что  $\bar{L}$  отличается от номинального размера длины.

При числе степеней свободы  $k = 4$  и  $t_p = 2,44$  по таблице Стьюдента получим, что результат измерения с вероятностью  $P = 0,92$  соответствует номинальному значению длины твэла.

Практически при числе измерений  $n > 20-30$  распределение Стьюдента переходит в нормальное, и для оценки попадания результатов измерения можно использовать таблицы Гаусса.

Если вид распределения погрешности измерения неизвестно, то довольно грубую оценку вероятности превышения (или не превышения) погрешности  $\delta$  некоторой небольшой заданной величины  $\varepsilon$ , можно получить с помощью неравенства Чебышева, при известном экспериментальном значении дисперсии измерения  $\sigma^2$  :

$$P\{|\delta| > \varepsilon\} < \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2},$$

где  $|\delta| = |x - m_x|$  – погрешность однократного измерения. Если  $\varepsilon = 3\sigma_x$  и измерение однократно, то  $P\{|\delta| > 3\sigma_x\} < 1/9 \approx 11\%$ .

Например, для нормального закона распределения погрешности при однократном измерении:  $P\{|\delta| > 3\sigma_x\} \approx 0,003 \approx 0,3\%$ .

**Пример 8.5.** Оценить вероятность того, что измеренное значение сопротивления  $R$  превышает истинное значение более чем на 2 Ом, если СКО  $\sigma = 0,4$  Ом. Закон распределения неизвестен.

Для определения искомой вероятности воспользуемся неравенством Чебышева при  $\varepsilon = (R - R_0)$  – отклонение истинного значения сопротивления  $R_0$  от измеренного значения  $R$  равное 2 Ом. Подставляя все величины в неравенство Чебышева, получим

$$P\{|\delta| > 2\} < \frac{0,16}{4} = 0,04.$$

#### 8.4. Систематические погрешности измерений

Из определения систематической погрешности следует, что эта составляющая погрешности проявляется при ее наблюдении во времени. Однако свойства систематической погрешности таковы, что, если она не изменяется непрерывно со временем и сохраняет постоянное значение, то наблюдатель может ее не заметить.

Систематические погрешности в отличие от случайных погрешностей требуют индивидуального изучения их в каждом опыте. Существуют различные методы обнаружения и снижения систематических погрешностей [66], в основе которых лежит, прежде всего, их изменение со временем. Это изучение позволяет установить закономерность в поведении систематической погрешности и частично ее устранить. Результаты измерений, полученные при наличии систематических погрешностей, называются *неисправленными*.

Неисключенная систематическая погрешность характеризуется ее границами  $\theta_i$ , и полагается, что эта погрешность имеет равномерное распределение. Границы суммарной неисключенной систематической погрешности  $\theta$  при числе слагаемых  $m \leq 3$  вычисляются по формуле

$$\theta = \pm \sum_{i=1}^m |\theta_i|, \quad (8.4)$$

где  $\theta_i$  — граница  $i$ -й неисключенной систематической погрешности. Если число неисключенных систематических погрешностей  $m \geq 4$ , то вычисления проводят по формуле

$$\theta(P) = \pm k \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (8.5)$$

где  $k$  — коэффициент, зависящий от выбранной доверительной вероятности  $P$  при *равномерном распределении* погрешности ( $k = 1,4$  при  $P = 0,99$  и  $k = 1,1$  при  $P = 0,95$ ).

Проводя исследования результатов измерения, можно определить *поправки* и затем исправить результаты измерений, существенно уменьшив составляющую систематической погрешности. Такой результат измерения называется *исправленным*. Однако полностью компенсировать систематическую погрешность не удастся, так как поправка представляет собой некое среднее ряда измерений и так же, как любая серия результатов измерений, имеет разброс значений и может быть охарактеризована дисперсией.

Если систематическая погрешность постоянна, и дисперсия неисправленных результатов соответствует дисперсии исправленных, то постоянные систематические погрешности не влияют на значения случайных отклонений от среднего значения и никакая мате-

матическая обработка не позволяет их обнаружить. Определение этих погрешностей возможно только при поверке СИ с помощью более точных СИ, СО или эталонов. Разность в показаниях поверяемого СИ и более точной меры равна искомой систематической погрешности.

Переменные погрешности определяются с помощью исследования ряда измерений. При этом удается определить отклонение результатов измерений от среднего, а также тенденции этих отклонений.

Поправки, определенные по результатам исследований, задаются в виде таблиц или графиков в технической документации на СИ. Поправки могут зависеть от времени суток, температуры окружающей среды, влажности, изменения напряжения питания и т.д. В настоящее время программные возможности СИ позволяют вводить поправки автоматически.

При введении большого количества поправок, учитывая ограниченную точность их определения, а также их разброс, может возникнуть ситуация, при которой дисперсия поправок приведет к увеличению общей случайной погрешности измерения при уменьшении общей систематической погрешности. Следовательно, в таких случаях необходимо определить целесообразность «полной» компенсации систематической погрешности, оценив величину суммарной погрешности [2].

Укажем некоторые наиболее распространенные методы снижения систематической погрешности, связанные с электронными измерениями.

*Первая группа* методов связана с рекомендациями по схемно-конструктивным решениям СИ, уменьшающим влияние условий эксплуатации на измерительные характеристики СИ:

проведение процедур искусственного старения элементов аппаратуры;

амортизация приборов и узлов, уменьшающая влияние вибрации и ударов;

термостатирование наиболее ответственных узлов в приборе;

удаление приборов от источников помех, применение помехозащитных экранов, применение электрических фильтров в цепях электрического питания;



использование стабилизированных источников электрического питания;

правильное выполнение электрического монтажа, особенно нулевых проводов;

исключение из измерительных цепей возможных источников термоЭДС.

*Вторая группа* методов основана на использовании некоторых функциональных элементов:

использование постоянно или периодически действующих встроенных корректоров результатов измерения;

использование электрической модуляции медленно изменяющегося входного сигнала низкого уровня;

использование дифференциальных входных устройств, с помощью которых нейтрализуется входная помеха;

использование метода замещения измеряемого объекта, при котором считывание показаний производится с использованием дополнительного измерительного канала, идентичного по своим метрологическим характеристикам основному каналу;

использование метода образцовых сигналов, периодически или постоянно воздействующих на измерительный вход СИ.

**Пример 8.6.** Общая высота столба топливных таблеток реактора ВВЭР-1000 не должна превышать  $L_0=3530$  мм. Если высота таблетки уранового топлива составляет  $l_0= (20\pm 0,3)$  мм, то столб должен комплектоваться не менее, чем  $m=176$  таблетками, при этом номинальная высота — 3520 мм. Определить вероятность того, что высота столба будет превышать  $L_0$ , полагая, что отклонение длины таблеток от номинального значения  $l_0= 20$  мм имеет равномерное распределение.

Определим границы неисключенной суммарной погрешности при вероятности  $P=0,99$  по формуле (8.6):  $\theta(P=0,99, m=176)$ ,  $\theta_i = \pm 0,3$  мм) =  $\pm 5,57$  мм. Поскольку при числе  $m=176$  равномерных распределений суммарное распределение с большой точностью можно считать нормальным, то СКО нормального распределения можно оценить по формуле  $\theta(P) \approx 3\sigma$ . Тогда  $\sigma = 1,86$  мм. При  $t = (3530-3520)/(1,86) = 5,37$  и вероятность того, что  $L > L_0$ , будет ничтожно мало.

## 8.5. Распределение Пуассона

Многие природные явления, события, физические процессы могут быть описаны с помощью дискретной функции распределения Пуассона. Вероятность появления  $N$  событий для таких стационарных процессов<sup>38</sup> описывается функцией [34, 77]

$$p(N) = e^{-a} \frac{a^N}{N!},$$

где  $a$  – математическое ожидание. Этой функцией, например, описывается *количество частиц ионизирующего излучения, испускаемого радионуклидом в единицу времени*, вероятность появления числа электронов с катода электронной лампы, число пассажиров в транспорте в единицу времени и т.д.

Характерной особенностью распределения Пуассона является то, что дисперсия этого распределения также равна  $a \approx N$ . При  $a > 10$  дисперсия  $a$  является с хорошей точностью дисперсией нормального распределения, предельного по отношению к данному пуассоновскому при  $a \rightarrow \infty$ . Однако уже при  $a > 10$  можно с вероятностью  $P = 0,95$  утверждать, что математическое ожидание  $a$  лежит в пределах  $N \pm 2\sqrt{N}$ . Фактически, по одному измерению (которое является сверткой  $N$  измерений) определяется среднее и дисперсия.

При многократном ( $n$  раз) измерении стабильного во времени числа событий оценкой результата является среднее арифметическое

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n},$$

где  $n$  — число измерений,  $N_i$  — число событий, зарегистрированных в каждом  $i$  измерении за один и тот же промежуток времени. СКО суммы  $n$  измерений равно

$$\sigma_N = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n N_i} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{n}},$$

где  $\sigma_i^2$  — дисперсия  $i$ -го измерения и  $\sigma_i^2 = N_i$ .

---

<sup>38</sup> Стационарный процесс – случайный процесс, характеристики которого не зависят от начала отсчета во времени.

Следовательно, оценка среднего с увеличением числа измерений будет приближаться к математическому ожиданию  $a$ , и результат измерения можно записать в виде  $a = \bar{N} \pm 2\sqrt{\bar{N}/n}$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

Для суммы результатов измерений  $N_\Sigma = \sum_{i=1}^n N_i$  математическое ожидание суммы можно оценить по формуле  $a_\Sigma = N_\Sigma \pm 2\sqrt{N_\Sigma}$ .

Регистрацию пуассоновского числа событий часто характеризуют такими понятиями, как *скорость счета* и *средняя скорость счета*. Если проведено  $n$  измерений за произвольные промежутки времени, то результат измерения, приведенный к единице времени (секунде или минуте) в каждом  $i$  измерении, называется *скоростью счета*  $N_i = N_i / t_i$ , где  $N_i$  – число событий за время  $t_i$ . *Средняя скорость счета определяется* как средневзвешенное результатов  $n$  измерений за общее время измерения  $t_\Sigma$ :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{N_\Sigma}{t_\Sigma}.$$

Как правило, по средним скоростям счета сравнивают различные потоки Пуассона. СКО суммарного потока событий, средней скорости счета, а также относительная погрешность средней скорости счета будут равны:

$$\sigma_{N_\Sigma} = \sqrt{N_\Sigma}, \quad \sigma_{\bar{N}} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{t_\Sigma}}, \quad \delta_{\bar{N}} = \frac{\sigma_{\bar{N}}}{\bar{N}} = \frac{1}{\sqrt{N_\Sigma}}.$$

**Пример 8.7.** При измерении активности источника ионизирующего излучения в течение времени  $t_\Sigma = 10$  с зарегистрировано  $N = 10^4$  импульсов. Записать результат измерения.

Поскольку  $N$  велико для интервальной оценки, воспользуемся данными нормального распределения Гаусса:

$$Q = N \pm t_p \sqrt{N} = 10000 \pm 2 \cdot 100 \text{ при } P = 0,95.$$

Относительная погрешность равна 2%. Средняя скорость счета  $\bar{N} = 10^3 \text{ с}^{-1}$ . Активность источника  $(1000 \pm 20)$  Бк при  $P = 0,95$ .

## Глава 9. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

### 9.1. Обработка результатов прямых равноточных измерений

Прямые измерения ФВ  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , осуществляемые многократно (т.е. несколько раз), выполненных одинаковыми по точности СИ, в одних и тех же условиях, с одинаковой тщательностью, называются *равноточными*. Порядок обработки равноточных результатов измерений изложен в ГОСТ 8.207—76 «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений». Кратко он сводится к следующему [74].

1). Определяются систематические погрешности, которые *исключаются* из полученных результатов измерений с помощью введения поправок.

2). Для *исправленных результатов измерений* вычисляют среднее арифметическое, приравнивая его к истинному значению ФВ  $\bar{x} = Q$ .

3). Вычисляют оценку среднеквадратического отклонения результатов измерений  $S_x$  и оценку среднего квадратического отклонения среднего арифметического  $S_x^-$  (см. табл. 8.1).

4). Проверяют гипотезу о нормальности распределения результатов измерений.

*Примечание.* Возникает вопрос: почему проверяют именно нормальность распределения результатов и погрешностей измерения? Дело в том, что почти все оценки результатов измерений, многие метрологические формулы, различного рода критерии справедливы, если имеет место нормальное распределение. Оно является фундаментальным распределением природы и к нему, как уже говорилось, в пределе стремятся многие одновременно воздействующие как симметричные, так и несимметричные непрерывные и дискретные распределения плотности вероятности, образующие на практике последовательные соединения в виде различных преобразователей СИ. Нормальное распределение хорошо изучено, и его характеристики определяются двумя параметрами: математическим ожиданием и дисперсией. Для него составлены подробные статистические таблицы, позволяющие определить интервал, в который попадает результат измерения.

Проверку нормальности распределения проводят различными способами. Наиболее распространенным является способ (при  $n > 40$ ), использующий критерий Пирсона. При меньшем числе измерений ( $50 > n > 11$ ), как правило, используют составной  $d$ -критерий. Имеются и другие методы, описанные в [5, 66].

5). Проверяют результаты измерений на наличие грубых погрешностей и промахов. Если таковые обнаружены, их отбрасывают, и вычисления точечных оценок повторяют. Необходимо подчеркнуть, что нельзя исключать «непонравившиеся» результаты измерений. Они должны быть оценены с помощью специальных критериев, хорошо разработанных в статистике [66, 68].

6). Вычисляют доверительные (интервальные) границы случайной погрешности при заданной вероятности. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей рекомендуется представлять при вероятности  $P = 0,95$  или  $0,99$ . Доверительные границы  $\varepsilon(P)$  случайной погрешности результата измерения (без учета знака) записывают в виде

$$\varepsilon(P) = t_p \cdot S_{\bar{x}}. \quad (9.1)$$

При отсутствии систематической погрешности результат измерения записывается в виде

$$Q = \bar{x} \pm \varepsilon(P) \text{ при } P = 0,95 \text{ или } 0,99.$$

7). Уточняют границы неисключенной систематической погрешности результатов измерений, полагая, что составляющие неисключенной систематической погрешности являются случайными величинами. Правила суммирования неисключенных погрешностей приведены в разд. 8.4.

Доверительную вероятность для вычисления границ неисключенной систематической погрешности принимают той же, что при вычислении доверительных границ случайной погрешности результатов измерения.

8). Формулы для оценки **суммарной погрешности**  $\Delta(P)$  измерений зависят от соотношений между неисключенной систематической погрешностью и оценкой СКО случайной погрешности  $\theta(P)/S_{\bar{x}} = \lambda$ .

Результат измерения для суммарной погрешности должен записываться в виде

$$Q = \bar{x} \pm \Delta(P) \text{ при } P = \dots \% \quad (9.2)$$

Если неисключенная систематическая погрешность составляет 0,8 и менее от случайной СКП результата измерения, то она не учитывается, и конечный результат должен записываться в виде

$$\Delta(P) = \varepsilon(P) = t_P \cdot S_x^-; \quad (9.3)$$

и наоборот, если неисключенная систематическая погрешность в восемь и более раз превышает СКП результата измерения, то учитывается только систематическая погрешность

$$\Delta(P) = \theta(P). \quad (9.4)$$

При  $0,8 \leq \lambda \leq 8$  оценку суммарной доверительной границы результата измерения вычисляют по формуле

$$\Delta(P) = t_{P\Sigma} \cdot S_\Sigma, \quad (9.5)$$

где 
$$S_\Sigma = \sqrt{S_\theta^2 + S_x^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3} + S_x^2}. \quad (9.6)$$

Коэффициент  $t_{P\Sigma}$  вычисляют по эмпирической формуле

$$t_{P\Sigma} = \frac{t_P \cdot S_x^- + \theta(P)}{S_x^- + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3}}}, \quad (9.7)$$

где  $\theta(P)$  – граница неисключенной составляющей погрешности, определенной по формуле (8.4) или (8.5) при доверительной вероятности  $P$ ,  $t_P$  – коэффициент, определенный по таблицам Стьюдента, при той же вероятности  $P$ .

Для упрощения вычислений при  $0,8 \leq \lambda \leq 8$  доверительная граница может быть определена по формуле

$$\Delta(P) = K [\varepsilon(P) + \theta(P)], \quad (9.8)$$

в которой коэффициент  $K$  определяется по табл. 9.1.

Таблица 9.1

$\lambda$	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_{0,95}$	0,81	0,77	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81
$K_{0,99}$	0,87	0,85	0,82	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85

**Примечание к табл. 9.1.** Эта таблица заменила (упростила) вычисления, проводимые по формулам (9.6) и (9.7), и введена в [75]. Из таблицы видно, что

значения  $K$  различаются на 12,3 % (при  $P = 0,95$ ) и на 7,1 % (при  $P = 0,99$ ). По данным [75] средние значения коэффициентов  $K$  равны  $(K_{0,95})_{\text{cp}} = 0,77$  и  $(K_{0,99})_{\text{cp}} = 0,83$ <sup>39</sup>. Эти значения  $K$  можно использовать при оценивании суммарной погрешности при однократных и многократных прямых измерениях и косвенных измерениях [66, 74, 75, 79].

9). При отсутствии данных о виде функций распределения составляющих погрешности, результат измерения записывается в виде:  $\bar{x}$ ,  $S_{\bar{x}}$ ,  $n$ ,  $\theta$ .

## 9.2. Обработка результатов прямых неравноточных измерений

Выше был представлен порядок обработки результатов равноточных измерений. При этом сами измерения могут состоять из одного ряда или группы равноточных измерений. Что же отличает равноточные измерения от неравноточных? Отдельные группы измерений, выполненные различными коллективами операторов (исследователей) в разное время и/или в разных местах одной и той же ФВ, будут различаться по величине оценок как значения ФВ (среднего арифметического), так и дисперсии. Подобная задача возникает при формировании *опорного значения величины* при проведении работ по межгосударственному сличению величин в рамках аккредитованных лабораторий разных стран (см. гл. 12).

Для того чтобы понять, можно ли объединить все измерения в одну большую группу и для этой группы вычислить все необходимые статистические характеристики, проводят исследования на однородность измерительных данных. Для этого используют различные критерии (Фишера, Бартлетта, Стьюденса и др.), позволяющие установить значимость расхождения в полученных дисперсиях и средних арифметических. Результаты всех оценок значимости расхождения или условное равенство параметров принимают с заданной оператором вероятностью или уровнем доверия.

Тем не менее, результаты неравноточных измерений можно использовать для получения *более представительных окончательных результатов*, учитывая уровень рассеиваемости результатов изме-

---

<sup>39</sup> По данным таблицы, приведенной в [79],  $(K_{0,95})_{\text{cp}} = 0,76$  и  $(K_{0,99})_{\text{cp}} = 0,83$ .

рений и их количество для каждой из групп в общем массиве измерений.

Основой для получения оценок результирующего среднего и дисперсии при неравноточных измерениях служат следующие исходные данные:

1) предполагается, что результаты измерений имеют нормальное распределение вероятности и внутри рядов равнорассеяны;

2)  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_j, \dots, \bar{x}_m$  – известны средние арифметические  $m$  рядов измерений;

3)  $S_{x_1}^2, S_{x_2}^2, \dots, S_{x_j}^2, \dots, S_{x_m}^2$  – известны оценки СКО среднего арифметического результатов измерений в отдельных рядах;

4)  $n_1, n_2, \dots, n_j, \dots, n_m$  – число измерений в каждом ряду.

Оценку среднего  $m$  групп измерений можно представить в виде

$$\tilde{Q} = \bar{X}_0 = \frac{\sum_{j=1}^m \frac{1}{S_{x_j}^2} \cdot \bar{x}_j}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{S_{x_j}^2}} = \frac{\sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot \bar{x}_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j}. \quad (9.9)$$

Полученная оценка называется средним взвешенным и представлена двумя равноценными формулами. *Обратные дисперсии*, входящие в выражение (9.9), выступают как *веса отдельных средних арифметических*:

$$\alpha_j = 1/S_{x_j}^2 = n_j/S_j^2. \quad (9.10)$$

Веса характеризуют степень доверия к соответствующему среднему арифметическому, и чем меньше дисперсия, т.е. рассеиваемость результатов измерений в группе, тем больше доверия к результатам измерений данной группы. Дисперсия среднего взвешенного  $S_{\bar{X}_0}^2$  определяется из формулы для «геометрической» суммы дисперсий  $m$  рядов (групп) измерений:

$$\frac{1}{S_{\bar{X}_0}^2} = \sum_{j=1}^m \alpha_j = \sum_{j=1}^m \left( \frac{1}{S_{x_j}^2} \right). \quad (9.11)$$



Из (9.11) видно, что дисперсия среднего взвешенного меньше дисперсии любого из средних арифметических отдельных рядов измерений, поэтому совместная обработка нескольких рядов измерений позволяет повысить точность измерений ФВ.

Доверительная граница при  $n_j > 20$  может быть определена с помощью функции нормированного нормального распределения:

$$P \left\{ \left| \bar{X}_0 - Q \right| < t_p S_{\bar{X}_0} \right\} = 2\Phi(t_p) - 1.$$

При малом числе нормально распределенных результатов измерений для определения доверительных границ используют распределение Стьюдента с числом степеней свободы, определяемой эмпирической формулой:

$$k_{\text{ЭФФ}} = \frac{\left( \sum_{j=1}^m \frac{1}{S_{x_j}^2} \right)^2}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j + 1} \cdot \frac{1}{S_{x_j}^4}} - 2 = \frac{\left( \sum_{j=1}^m \alpha_j \right)^2}{\sum_{j=1}^m \frac{\alpha_j^2}{n_j + 1}} - 2. \quad (9.12)$$

### 9.3. Обработка результатов косвенных измерений

Под *косвенным измерением* понимается определение искомого значения ФВ  $Y$  на основании результатов прямых измерений других ФВ  $x_j$ , функционально связанных с искомой величиной.

$$Y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_j, \dots, x_m). \quad (9.13)$$

Функция  $F$  может обозначать линейную или нелинейную зависимости измеряемой величины  $Y$  от аргументов  $x_j$ , поэтому косвенные измерения принято делить на косвенные измерения при линейной зависимости и косвенные измерения при нелинейной зависимости  $F$  от аргументов  $x_j$ .

Методы обработки результатов косвенных измерений при линейной функции хорошо разработаны. При этом используется подход, основанный на *раздельной обработке результатов измерений аргументов  $x_j$*  и их погрешностей.

Методы обработки результатов косвенных измерений при нелинейной функции сводятся, как правило, к *линеаризации*

зависимости (9.13). При таком подходе делается оценка возможности линейного приближения, а также определяются дополнительные погрешности из-за линеаризации. Используются также метод приведения и, реже, метод перебора [75].

### 9.3.1. Основные соотношения при линейной зависимости

Если функция (9.13) линейна, и ее можно представить в виде

$$Y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots = \sum_{j=1}^m b_j x_j, \quad (9.14)$$

где  $b_j$  – постоянные коэффициенты,  $m$  – число аргументов, то дисперсия результата измерения может быть определена по формуле

$$S_{\bar{Y}}^2 = \sum_{j=1}^m b_j^2 \cdot S_{x_j}^2 + \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^m \tilde{r}_{kl} \cdot b_k \cdot b_l \cdot S_{x_k} \cdot S_{x_l}, \quad (9.15)$$

где  $\tilde{r}_{kl}$  – оценка коэффициента корреляции (статистической связи) между погрешностями переменных (аргументов)  $x_k$  и  $x_l$ . В общем случае коэффициенты  $b_j$  вычисляются через функции влияния  $b_j = \partial F / \partial x_j$ .

Как видно из формулы (9.15), погрешность косвенных измерений может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от знака и величины коэффициента корреляции.

Наилучшей оценкой результата косвенных измерений является величина функции  $F$  при аргументах, принимаемых среднеарифметическое значение, т.е.

$$\tilde{Y} = F(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m) = F(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m) = \bar{Y}. \quad (9.16)$$

Если погрешности измерения аргументов статистически независимы, т.е. коэффициенты корреляции  $r_{kl} = 0$ , то соотношение (9.14) упрощается и записывается в виде

$$S_{\bar{Y}}^2 = \sum_{j=1}^m b_j^2 \cdot S_{x_j}^2. \quad (9.17)$$

При ограниченном числе измерений в соотношениях (9.15) и (9.17) оценки дисперсий  $S_{x_j}^2$  определяются по формуле (8.3) и табл. 8.1.

Доверительные границы случайной погрешности результатов косвенных измерений при числе измерений  $n > 20-30$  и нормальном распределении случайных погрешностей аргументов можно рассчитывать, используя нормальное распределение Гаусса. При меньшем числе измерений для определения доверительного интервала используется распределение Стьюдента, эффективное число степеней свободы которого рассчитывается по приближенной эмпирической формуле [74]:

$$k_{\text{эфф}} = \frac{\left( \sum_{j=1}^m b_j^2 \cdot s_{x_j}^2 \right)^2}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j + 1} b_j^4 \cdot s_{x_j}^4} - 2 = \frac{\left( \sum_{j=1}^m E_j^2 \right)^2}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j + 1} E_j^4} - 2, \quad (9.18)$$

где  $n_j$  — число прямых измерений каждого из аргументов величины

$Q_j$ ,  $E_j = b_j \cdot S_{x_j}$  или в общем виде  $E_j = \left( \frac{\partial F}{\partial x_j} \right) \cdot S_{x_j}$ . Для прямых

измерений  $b_j=1$  и число степеней свободы определяется по известному соотношению  $k = k_{\text{эфф}} = n-1$ . Формула (9.18) подобна (9.12).

Формулы для суммарной погрешности косвенных измерений (случайной и систематической) подобны формулам (9.3) – (9.5), используемых для прямых измерений. Результат измерения записывается в виде

$$Q = \bar{Y} \pm \Delta(P) \text{ при } P = \dots \%. \quad (9.19)$$

Если неисключенная систематическая погрешность составляет 0,8 и менее от случайной СКП результата измерения, то она не учитывается в конечном результате, который должен записываться в виде

$$\Delta(P) = \varepsilon(P) = t_p \cdot S_{\bar{Y}}, \quad (9.20)$$

и наоборот, если неисключенная систематическая погрешность в восемь и более раз превышает СКП результата измерения, то

учитывается только систематическая погрешность и доверительная граница записывается в виде  $\Delta(P) = \theta(P)$  (см. (8.5) и (9.4)), где

$$\theta(P) = \pm k \sqrt{\sum_{j=1}^m b_j^2 \cdot \theta_j^2}. \quad (9.21)$$

При  $0,8 \leq \lambda \leq 8$  оценку суммарной доверительной границы результата измерения вычисляют по формуле (9.8), в которой коэффициент  $K$  определяется по табл. 9.1.

При отсутствии данных о виде функции распределений, составляющих погрешности, результат измерения записывают в форме  $\bar{Y}$ ,  $S_{\bar{Y}}$ ,  $n$ ,  $\theta(P)$ .

**Пример 9.1.**  $Y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m$ . Определить дисперсию погрешности результата косвенных измерений. Результаты прямых измерений и их погрешности независимы. Дисперсии результатов измерений аргументов известны и равны  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_m$ .

*Решение.* Поскольку коэффициенты влияния  $\frac{\partial F}{\partial x_1} = a_1, \dots, \frac{\partial F}{\partial x_m} = a_m$ , то СКО будет равно  $\sigma_Y = \sqrt{a_1^2 \sigma_1^2 + \dots + a_m^2 \sigma_m^2}$ .

При  $a_1 = a_2 = \dots = a_m = 1$ ,  $\sigma_Y^2 = \sum_{j=1}^m \sigma_j^2$ , где  $\sigma_j^2$  — дисперсия  $j$

переменной. Результат измерения при доверительной вероятности  $P$  можно записать в виде  $Q_Y = \bar{Y} \pm t_p \cdot \sigma_Y$  или  $P \left\{ \left| \bar{Y} - Q_Y \right| < t_p \cdot \sigma_Y \right\} = 2\Phi(t_p) - 1$ , где  $\bar{Y} = a_1 \bar{x}_1 + a_2 \bar{x}_2 + \dots + a_m \bar{x}_m$ .

В частности, при  $Y = x_1 \pm x_2$ ,  $\sigma_Y = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ . Относительная погрешность, равная  $\delta_Y = \sigma_Y / \bar{Y}$ , для разности аргументов может достигать большой величины.

### 9.3.2. Основные соотношения при нелинейной зависимости

**Метод линеаризации.** При нелинейной зависимости и некоррелированных погрешностях измерений аргументов используют метод линеаризации, который предполагает разложение нелинейной функции в ряд Тейлора:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_m) = F(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m) + \sum_{j=1}^m \frac{\partial F(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m)}{\partial x_j} \Delta x_j + R,$$

где  $\Delta x_j$  — отклонение результата измерения аргумента  $x_j$  от среднего арифметического;  $R$  — остаточный член.

СКО случайной погрешности результата косвенного измерения вычисляют по формуле (9.17), где вместо коэффициентов  $b_j$  используют *коэффициенты влияния*, т.е. первые производные по каждому из аргументов  $x_j$ :

$$S_Y^2 = \sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial F}{\partial x_j} \right)^2 \cdot S_{x_j}^2.$$

Результат измерения, также как и для линейной зависимости, записывается в виде

$$Q = \bar{Y} \pm \Delta(P) \text{ при } P = \dots \%.$$

Следует подчеркнуть, что *метод линеаризации допустим, если можно пренебречь остаточным членом  $R$* . Им пренебрегают, если  $R < 0,8 \cdot S_{\bar{Y}}$ .

В общем виде остаточный член можно представить в виде второго ближайшего в разложении Тейлора члена как

$$R = \frac{1}{2} \sum_{i,j,i \neq j}^m \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} (\Delta x_i \cdot \Delta x_j),$$

где  $\Delta x_{i,j}$  — отклонения результатов измерения от среднего арифметического. В целях консервативного характера оценки при расчетах *берутся максимальные величины отклонений*.

Если известны оценки СКО среднего, полученные экспериментальным путем, то величину остаточного члена можно оценить, полагая, что нормально распределенные погрешности аргументов с

вероятностью близкой к единице ( $P = 0,997$ ) не превышают  $\Delta x_j = 3 \cdot S_{x_j}$  (консервативная оценка «трех сигм»).

Усредненная величина *систематической погрешности*, обусловленной остаточным членом, может быть определена по формуле<sup>40</sup>

$$\theta_R = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial^2 F}{\partial x_j^2} \right) S_{x_j}^2,$$

где  $\theta_R$  – поправка, обусловленная нелинейностью функции  $F$ .

Если функция  $F$  непрерывна вместе со своими производными первого и второго порядков в области результата измерения, и результаты прямых измерений аргументов распределены нормально, то при числе измерений  $n > 30$  для определения доверительного интервала можно воспользоваться функцией нормального распределения (Гаусса). При малом числе измерений необходимо использовать распределение Стьюдента.

Границы неисключенной систематической погрешности результата косвенного измерения вычисляют, используя вместо коэффициентов  $b_1, b_2, \dots, b_m$  первые производные  $\partial F / \partial x_1, \partial F / \partial x_2, \dots, \partial F / \partial x_m$ , соответственно.

Суммарную погрешность косвенного измерения оценивают в соответствии с формулами (9.8), (9.20), (9.21). При отсутствии данных о виде функции распределений, составляющих погрешности результат измерения записывают в форме  $\bar{Y}, S_{\bar{Y}}, n, \theta(P)$ .

Пример обработки результатов косвенных измерений приведен в прил. 3, посвященном анализу результатов измерений, использующих концепции погрешности и неопределенности измерений.

**Метод приведения** – получение ряда значений измеряемой величины путем подстановки отдельных значений аргументов в формулу, выражающую зависимость косвенно измеренной величины от аргументов (приведение результатов косвенных измерений к ряду прямых измерений). Этот метод используется в первую очередь, когда существует заметная статистическая связь

---

<sup>40</sup> Систематическая погрешность возникает вследствие «кривизны» функции  $F$  в измеряемой точке. При этом среднее значение функции не соответствует среднему значению между  $x_i$  и  $x_{i+1}$  при линеаризации функции.

между погрешностями измеряемых величин (аргументов).  
 Результат косвенного измерения  $\bar{Y}$  вычисляют по формуле

$$\bar{Y} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{j=1}^L Y_j,$$

где  $L$  — число отдельных значений измеряемой величины;  $Y_j$  —  $j$ -е отдельное значение измеряемой величины, полученное в результате подстановки  $j$ -го сочетания согласованных результатов аргументов в формулу (9.13).

СКО случайных погрешностей результатов косвенных измерений определяют по формуле

$$S_{\bar{Y}} = \sqrt{\frac{1}{L(L-1)} \cdot \sum_{j=1}^L (Y_j - \bar{Y})^2}.$$

Доверительные границы случайной погрешности для результатов измерения вычисляют по формуле  $\Delta(P) = \pm T_p \cdot S_{\bar{Y}}$ , где  $T_p$  — коэффициент, зависящий от вида распределения значений измеряемой величины  $Y$ , а также выбранной доверительной вероятности  $P$ . При нормальном распределении отдельных значений измеряемой величины доверительные границы вычисляют в соответствии с правилами обработки результатов прямых измерений. Границы неисключенной систематической погрешности результата косвенных измерений определяют, как было рассмотрено выше.

**Оценку предельной погрешности** косвенных измерений можно получить, используя полный дифференциал функции (9.13) [76]. Например для функции с двумя переменными  $Y = F(x_1, x_2)$  полный дифференциал будет равен

$$\Delta Y = \frac{\partial F}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial F}{\partial x_2} \Delta x_2. \quad (9.22)$$

Если подставить в это выражение погрешности  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$  со своими знаками, то можно оценить погрешность определения  $Y$ . Этот метод применим, если систематические погрешности оценки аргументов существенно больше, чем случайные погрешности. Например, это может иметь место при изменении ФВ под влиянием температуры, изменения питающего напряжения или другого

воздействующего фактора. При различных знаках изменения ФВ может иметь место частичная компенсация суммарной погрешности.

При случайной погрешности, превышающей систематическую погрешность, оценку  $\Delta Y$  можно производить по правилу «трех сигм», полагая  $\Delta x = 3\sigma$  ( $P = 0,997$ ).

**Пример 9.2.** Сцинтилляционный датчик, состоящий из сцинтилляционного детектора NaI(Tl) и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), используется для измерения энергии гамма-излучения. Амплитуда импульса на выходе датчика равна

$$U = E_0 \cdot K_{\text{сф}} \cdot M(U_{\text{Ф}}) \cdot q \cdot K_y,$$

где  $E_0$  — энергия измеряемого гамма-излучения, поглощенная в рабочем объеме детектора, эВ;  $K_{\text{сф}}$  — коэффициент, характеризующий преобразование энергии излучения в количество фотоэлектронов, вылетающих с фотокатода ФЭУ под действием световых вспышек детектора, фотоэлектрон/эВ;  $M(U_{\text{Ф}})$  — коэффициент усиления диодной системы ФЭУ,  $K_y$  — коэффициент усиления зарядочувствительного усилителя, В/Кл,  $q$  — заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Определить дополнительные погрешности, возникающие при измерении энергии излучения в диапазоне температур от  $-40$  до  $+40$  °С и изменения напряжения питания ФЭУ равном  $\pm 1$  % при следующих данных для индивидуального образца сцинтилляционного датчика:

нормальная температура 20 °С;

изменение коэффициента преобразования  $K_{\text{сф}}$  в области положительных температур составляет  $\delta K_{\text{сф}} = -0,22$  % / °С, а области отрицательных температур  $\delta K_{\text{сф}} = -0,50$  % / °С;

коэффициент усиления ФЭУ увеличивается примерно в два раза при увеличении напряжения питания ФЭУ на 100 В, рабочее (номинальное) напряжение ФЭУ  $U_{\text{Ф0}} = 1600$  В; коэффициент усиления ФЭУ  $M$  не зависит от температуры окружающей среды в указанном диапазоне.

изменение коэффициента усиления усилителя составляет 0,05%/°С.

*Решение.* Используя формулу полного дифференциала и, переходя к относительным величинам, получим:



$$\delta U = \frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta K_{\text{сф}}}{K_{\text{сф}}} + \frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta K_y}{K_y} = \delta K_{\text{сф}} + \delta M + \delta K_y.$$

Определим дополнительные составляющие погрешности из-за изменения температуры окружающей среды при крайних значениях температуры.

Относительная погрешность из-за изменения  $K_{\text{сф}}$  при температуре  $40^\circ\text{C}$  будет составлять  $\delta K_{\text{сф}} = -4,4\%$ , а при температуре  $-40^\circ\text{C}$   $\delta K_{\text{сф}} = -30\%$ .

Относительная погрешность из-за изменения коэффициента усиления усилителя  $K_y$  при температуре  $40^\circ\text{C}$  будет составлять  $\delta K_y = =1,0\%$ , а при температуре  $-40^\circ\text{C}$   $\delta K_y = -3,0\%$ .

#### 9.4. Обработка результатов совместных измерений

*Совместные измерения* – одновременные измерения нескольких *разноименных величин* для нахождения зависимости между ними. Эти измерения характеризуются тем, что значения искомым величин рассчитывают с помощью системы уравнений, в которых эти величины связаны с другими величинами, определяемыми методами простых или косвенных измерений. Подобные измерения проводят *для установления зависимостей между величинами*, и эти измерения часто используются при проведении работ по калибровке СИ.

Уравнение совместного измерения можно представить как

$$F(A, B, C, \dots, x, y, z, \dots) = l, \quad (9.23)$$

где  $x, y, z, l$  – измеряемые ФВ,  $A, B, C$  – величины, которые необходимо определить.

Например, количество частиц ионизирующего излучения в единицу времени  $N_x$  от толщины пластины  $x$  для узкого (коллимированного пучка излучения) определяется зависимостью

$$N_x = N_0 \exp(-\mu \cdot x), \quad (9.24)$$

где  $N_0$  – величина потока при толщине пластины  $x = 0$ ,  $\mu$  – линейный коэффициент поглощения ионизирующего излучения данной энергии материалом пластины. Для определения  $N_0$  и  $\mu$ , многократно измеряя  $N_x$  при изменении толщины  $x$ , получают серию зависимостей  $N=f(x)$ . Затем по этим данным вычисляют  $N_0$  и  $\mu$  и оце-

нивают погрешности этого измерения. В представленном уравнении два неизвестных, и казалось бы, что для получения искоемых коэффициентов достаточно сделать два измерения. Однако для увеличения точности полученных результатов проводят достаточно большое количество измерений. Как правило, число измерений  $n \gg t$ , где  $t$  – число неизвестных величин.

Наибольшее распространение при обработке совместных и совокупных измерений нашел метод наименьших квадратов. Сущность его состоит в следующем.

При определении величин  $x, y, z, \dots$  и подстановке их в уравнение (9.23) получается система из  $n$  – уравнений,

$$F_i(A, B, C, \dots, x_i, y_i, z_i, \dots) = l_i, \quad (9.25)$$

в которых точное равенство невозможно из-за того, что измеряемые величины входят в каждое из уравнений (9.25) со своими погрешностями. В этом методе исходят из следующих положений: предполагается, что  $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \dots$  — наилучшие приближения к истинным значениям неизвестных  $A, B, C, \dots$  и что **они уже определены**. Поскольку эти оценки определены со своими погрешностями, то каждое из уравнений (9.25) не может быть точным и будет обращаться в тождество, если к правой части добавить некоторое слагаемое  $v_i$ , называемое *остаточной погрешностью*<sup>41</sup> условных уравнений:

$$F_i(\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \dots) - l_i = v_i \neq 0. \quad (9.26)$$

В системе  $n$  условных уравнений (9.26) оценки величин  $A, B, C, \dots$ , – это **те, которые будут определены ниже в результате предложенного метода** обработки результатов измерений. Особенность системы уравнений (9.26) состоит в том, что **невозможно** подобрать для всех уравнений значения  $v_i$  такие, чтобы выполнялись все уравнения **одновременно**. Поэтому рассматривают методы *одновременной минимизации остаточных погрешностей*.

В соответствии с методом наименьших квадратов оценки  $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \dots$  выбираются таким образом, чтобы обеспечить **минимум**

---

<sup>41</sup> В этом уравнении остаточные погрешности также называют «невязками».

**суммы квадратов остаточных погрешностей условных уравнений**, т.е. минимизировать величину

$$V = \sum_{i=1}^n v_i^2 = \sum_{i=1}^n [F_i(\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \dots) - l_i]^2 = \min.$$

Очевидно, что минимум  $V$  будет иметь место при равенстве нулю всех частных производных искомых величин **одновременно**, т.е. при

$$\frac{\partial V}{\partial A} = \frac{\partial V}{\partial B} = \frac{\partial V}{\partial C} = \dots = 0. \quad (9.27)$$

Полученная система из  $m$  нормальных уравнений позволяет определить наилучшие оценки искомых величин. Дисперсия условных уравнений будет равна

$$S^2 = \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^n v_i^2,$$

а СКО результатов измерений искомых величин при этом могут быть вычислены с помощью формул [66, 76, 77]:

$$S_{\tilde{A}} = S \sqrt{\frac{A_{11}}{D}}, \dots, S_{\tilde{B}} = S \sqrt{\frac{A_{22}}{D}}, \dots, S_{\tilde{C}} = S \sqrt{\frac{A_{33}}{D}}, \quad (9.28)$$

где  $D$  – определитель (детерминант) системы (9.27),  $A_{11}, A_{22}, A_{33}, \dots, A_{mm}$  — алгебраическое дополнение элементов детерминанта  $A_{ik} = (-1)^{i+k} \cdot D_{ik}$ ,  $D_{ik}$  – минор определителя, полученный вычеркиванием  $i$ -й строки и  $k$ -го столбца.

При обосновании метода наименьших квадратов в математической статистике предполагается, что результаты измерений удовлетворяют следующим условиям:

значения аргументов известны точно;

результаты измерений содержат лишь случайные погрешности, которые независимы, имеют нулевые средние значения и одинаковые дисперсии;

погрешности измеряемых величин имеют нормальное распределение.

При этих условиях метод наименьших квадратов дает несмещенные оценки искомых неизвестных в зависимости (9.23), имеющие минимальные дисперсии. Однако на практике

перечисленные условия выполняются далеко не всегда. В частности, кроме случайных составляющих погрешностей имеют место также и систематические составляющие погрешности. Метод наименьших квадратов используется и для обработки неравноточных измерений. Особенности применения формул при обработке результатов совместных измерений рассмотрены в работах [66, 76]. В этих же работах приведены методы обработки совместных измерений для нелинейных зависимостей (9.23).

Доверительные интервалы для истинных значений измеряемых величин строят на основе распределения Стьюдента при числе степеней свободы равном  $(n-m)$  или на основе нормального распределения, если результаты измерений можно считать нормальными.

**Пример 9.3.** Рассмотрим случай равноточных измерений  $y$  и  $x$ , связанных линейным уравнением  $y = a + b x$ . Искомыми величинами являются  $a$  и  $b$ . Равноточность предполагает, что для всех результатов измерений  $i$  значений  $y_i$  и  $x_i$  их дисперсии не зависят от величин  $y$  и  $x$ . Кроме того, предполагается, что значение  $x_i$  задается в серии измерений **точно**, а учитывается только погрешность определения  $y_i$ , в состав которой входит и погрешность, связанная с заданием величин  $x_i$ .

*Решение.* После подстановки в (9.23) измеренных значений составляется система уравнений (9.25). Для получения условных уравнений в виде (9.26) к каждому из уравнений (9.25) добавляются (или вычитаются – это все равно) остаточные погрешности  $v_i$ . После этого составляются соотношения (9.27):

$$V = \sum_{i=1}^n [y_i - (\tilde{a} + \tilde{b}x_i)]^2 = \sum_{i=1}^n v_i^2 \rightarrow \min .$$

Для отыскания минимума функции  $V$  определяются частные производные по неизвестным  $a$  и  $b$ :

$$\frac{\partial V}{\partial \tilde{a}} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{a} - \tilde{b}x_i) = 0 ;$$

$$\frac{\partial V}{\partial \tilde{b}} = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - \tilde{a} - \tilde{b}x_i) = 0 .$$

Приведем эти уравнения к виду, удобному для вычисления неизвестных с помощью определителя:

$$\begin{aligned} \tilde{a} \cdot n + \tilde{b} \cdot \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n y_i ; \\ \tilde{a} \cdot \sum_{i=1}^n x_i + \tilde{b} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i . \end{aligned} \quad (9.29)$$

После упрощения и решения системы нормальных уравнений, получим:

$$\tilde{a} = \frac{\overline{x^2} \cdot \overline{y} - \overline{x} \cdot \overline{xy}}{S_x^2}, \quad \tilde{b} = \frac{\overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{S_x^2}, \quad (9.30)$$

где  $\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i$ ,  $\overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2$ ,  $S_x^2 = \overline{x^2} - (\overline{x})^2$ .

СКП неизвестных  $a$  и  $b$  будут равны

$$\begin{aligned} S_{\tilde{a}} &= S \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{D}}, \quad S_{\tilde{b}} = S \cdot \sqrt{\frac{n}{D}}, \quad \text{где } D = n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2, \\ S &= \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n v_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n y_i (y_i - \tilde{a} - \tilde{b} x_i)}. \end{aligned} \quad (9.31)$$

**Пример 9.4.** Для измерения линейного коэффициента поглощения  $\mu$  ионизирующего излучения радионуклидного источника америция-241, проходящего через алюминиевую пластинку, используется зависимость (геометрия узкого пучка излучения) (9.24).

*Решение.* Для решения этой задачи с помощью МНК прологарифмируем (9.24), представив его в линейном виде, что значительно упростит процедуру последующих вычислений, позволив использовать результаты примера 9.3:

$$y_i = \ln N_x = \ln N_0 + (-\mu) \cdot x_i = a + b x_i \quad (9.32)$$

где  $a = \ln N_0$ ,  $b = -\mu$ ,  $i = 1 \dots n$ .

Измерения скорости счета  $N_x$  в зависимости от изменения толщины  $x$  алюминиевой пластины позволяют получить следующие

уравнения типа (9.29), вычисления коэффициентов которых приведены в примере 7.9 работы [66]:

$$\begin{cases} \tilde{a} \cdot 15 + \tilde{b} \cdot 37,95 = 113,24 \\ \tilde{a} \cdot 37,95 + \tilde{b} \cdot 111,83 = 276,12 \end{cases},$$

а затем промежуточные величины:  $\tilde{a} \cong 9,21$ ,  $\tilde{b} = -0,656$ .

Для определения СКП найденных промежуточных величин, воспользовавшись соотношениями (9.31), получим:

$$S = 0,0047, \quad S_{\tilde{a}} = 0,0032, \quad S_{\tilde{b}} = 0,002.$$

Используя вычисленные данные соотношения (9.24) и полагая, что результаты измерений не противоречат нормальному закону распределения, запишем результат измерения в доверительном интервале с вероятностью  $P = 0,95$ :

$$\tilde{\mu} = (0,656 \pm 0,004) \text{ см}^{-1}, \quad \tilde{N}_0 = (9982 \pm 64) \text{ с}^{-1}.$$

### 9.5. Оценивание погрешностей результатов однократных измерений

Однократные измерения — самый распространенный на практике вид измерений. Существуют довольно ответственные однократные измерения, проводимые для событий или процессов, которые невозможно повторить. Это измерения, связанные с определением параметров взрывов, образования короткоживущих радионуклидов, измерения, связанные с различными природными явлениями, с разрушением испытуемого образца, технические измерения на производстве и др.

Основное отличие однократных измерений от многократных состоит в том, что по результату измерения невозможно определить случайную составляющую погрешности, хотя она присутствует в результате измерений. Величина этой погрешности в составе суммарной погрешности должна быть оценена, используя предыдущие или подобные измерения, опыт оператора, позволяющий оценить значимость этой погрешности, и др.

В монографии [76] довольно подробно рассмотрены различные случаи проведения однократных измерений и предложено в зависимости от объема имеющейся информации у оператора условно

различать измерения с *точным оцениванием* погрешности, измерения с *приближенным оцениванием* погрешности и *технические измерения*.

Рекомендации по методам оценивания характеристик погрешности и неопределенности результатов прямых однократных измерений изложены в рекомендациях Р 50.2.038—2004 «ГСИ. Измерения прямые однократные и оценивание погрешностей и неопределенности результатов измерений» (взамен МИ 1552—86). Основные рекомендации при оценивании результатов однократных измерений сводятся к следующему [76, 79].

Результатом измерения считается значение величины, полученное при отдельном измерении. При любых измерениях (однократных или многократных) имеют место методическая, инструментальная и субъективная погрешности. Осуществление однократных измерений и получение при этом достаточно достоверной информации возможно только при соблюдении ряда условий:

за результат однократного измерения принимают значения величины, полученные при измерении;

изучена заранее (априори) модель измерения и установлены все методические погрешности измерения, некоторые из которых устранены;

составляющие погрешности результата измерения должны быть известны до проведения измерения. Предполагается также, что все известные систематические погрешности исключены или частично устранены (внесены соответствующие поправки);

полагают, что распределение случайных погрешностей не противоречит нормальному распределению, а неисключенные систематические погрешности, представленные границами  $\theta_i$ , распределены равномерно;

метрологические характеристики СИ соответствуют требованиям НД на данный вид СИ;

субъективная погрешность является незначительной либо вообще отсутствует.

Оценивание погрешности измерения проводится в соответствии с формулами (8.1) – (8.5) и (9.2) – (9.8) для прямых многократных измерений в соответствии с рекомендациями [79].

Для однократных измерений, когда информации об объекте измерения, или условиях измерения, или СИ недостаточно, характер-

но оценивание погрешностей *на основе нормативных данных о метрологических свойствах используемых СИ данного типа*. Метрологические характеристики индивидуального СИ, как правило, отличаются от нормируемых метрологических характеристик типового СИ, и это составляет одну из основных составляющих погрешности однократного измерения. Подобные оценки правомочны, если установлено, что случайной составляющей погрешности можно пренебречь. К тому же она не может быть получена в результате одиночного измерения.

Если СИ эксплуатируется в нормальных условиях и известно, что методическая составляющая погрешности невелика, то грубая оценка сверху может быть произведена по величине предела *основной погрешности измерения, т.е. по классу точности используемого СИ*. Подобную оценку можно сделать и в рабочих условиях эксплуатации, при которых погрешность СИ, как правило, является определяющей. Для случая с приближенным оцениванием погрешностей характерно использование типовых характеристик СИ.

Особый вид измерений – это *технические измерения*, для которых погрешности известны заранее, и в процессе измерения их не оценивают. Порядок проведения технических измерений, методика их выполнения, а также методика оценивания погрешностей, как правило, представляется в отдельных документах типа: «*Методика выполнения измерений*», «*Методика оценки погрешности измерения*», в технических условиях на СИ, в техническом паспорте или других документах. Важно, что для этого типа измерений *все составляющие погрешности определены заранее* и в сопроводительной документации на СИ могут быть указаны составляющие погрешности в данных условиях применения. Методика выполнения измерений представляет собой технологию проведения технических измерений. Она может включать требования к порядку проведения измерения, использованию дополнительных СИ и вспомогательных устройств, требования к условиям измерения (температура окружающей среды, влажность, механические воздействия и др.), методу измерения, квалификации персонала, подготовительным работам до проведения измерений, обработке и представлению результатов измерения, а также другие требования с целью получения достоверных результатов измерения и безопасного выполнения измерений [78, 128].



В атомной отрасли разработаны ряд ОСТ, посвященных требованиям к МВИ и порядку выполнения МВИ [113-115].

К особенностям оценивания погрешности *технических измерений* можно отнести тот факт, что измерения могут проводиться по всему диапазону изменения ФВ. При этом за погрешность технического измерения иногда принимают погрешность в наиболее неблагоприятной точке диапазона, таким образом, завышая реальную погрешность измерения в других точках диапазона.

Содержание и порядок подготовки МВИ для использования в атомной отрасли подробно представлены в работе [27].

**Пример 9.5.** Дозиметр гамма-излучения предназначен для измерения эквивалентной дозы  $H$  в диапазоне от 1,0 до 100 мкЗв. Предел погрешности измерения в нормальных условиях (температура окружающей среды  $20 \pm 10$  °С) составляет  $\pm(20+8/H)$  % от верхнего предела измерения. Дополнительная температурная погрешность составляет  $0,1$  % / °С. Методика измерения предполагает, что чувствительная поверхность датчика прибора при измерении должна находиться на расстоянии  $10 \pm 0,5$  см от загрязненной поверхности. Измерение дозы, проведенное оператором с помощью дозиметра при температуре окружающей среды  $50$  °С, показало, что загрязненность грунта составляет  $80$  мкЗв.

Определить абсолютную погрешность измерения и поправку, которую необходимо внести в показания дозиметра.

Основная относительная погрешность измерения будет равна  $\pm(20+8/80) = \pm 20,1$  %, а абсолютная —  $\pm 20,1$  мкЗв. Дополнительная погрешность, обусловленная повышенной температурой, в условиях которой производилось измерение, составляет  $0,1 \cdot (50-20) = 3$  %, что соответствует абсолютной погрешности  $1,6$  мкЗв. С учетом поправки и округления результат измерения составит  $78$  мкЗв. Предел погрешности измерения будет равен  $\pm 20$  мкЗв. Погрешность установки дозиметра на измерительную позицию  $\pm 0,5$  см, особенности грунта и др. учтены в пределе погрешности дозиметра, приведенном в его документации.

## Глава 10. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

### 10.1. Общие замечания

В 1997 г. от имени семи авторитетных международных организаций: Международного комитета мер и весов (МКМВ), Международной электротехнической комиссии (МЭК), Международной организации по стандартизации (ИСО), Международной организации по законодательной метрологии (МОЗМ), Международного союза по чистой и прикладной физике (ИЮПАП), Международного союза по чистой и прикладной химии (ИЮПАК), Международной федерации клинической химии (МФХК) — было опубликовано «Руководство по выражению неопределенности измерения» (далее по тексту – Руководство), которое определило новую концепцию оценки точности измерений [71]. В качестве рекомендаций по метрологии в РФ введен в действие документ РМГ 43—2001<sup>42</sup> «Применение Руководства по выражению неопределенности измерений».

Как уже отмечалось выше (см. гл. 6), существуют два подхода к оцениванию точности измерений. Один подход основан на терминах и понятиях, используемых в Руководстве, а другой – на понятиях и терминах, применяемых в основополагающих НД ГСИ в области метрологии.

Можно отметить, что опыт применения этой концепции неопределенности вот уже в течение более 15 лет показал, что она привела к большому положительному эффекту, способствуя обеспечению достоверности количественного представления результатов измерений, проведенных в разных странах и организациях при сертификации продукции, взаимодействии между поставщиками и потребителями, в здравоохранении и др., т.е. в конечном итоге к основной цели метрологии – ОЕИ.

---

<sup>42</sup> Руководство РМГ 43—2001 введено в действие Постановлением Госстандарта РФ от 26 марта 2003 г. с 1 июля 2003 г. Понятие «неопределенность измерений» введено стандартом ГОСТ Р 8.000—2000 «ГСИ. Основные положения». В настоящей главе используются обозначения переменных, принятые в РМГ 43—2001.

Что же явилось причиной перехода к новой концепции, в то время, когда классическая концепция *погрешности измерения* была довольно детально разработана к этому времени?

Разработка новой концепции обусловлена, прежде всего, современной необходимостью достижения ряда целей, изложенных в Руководстве, в том числе:

обеспечение *полной информации* о том, как составлять отчеты о неопределенностях измерений;

предоставления основы для *международного сопоставления* результатов измерений;

предоставление универсального метода<sup>43</sup> для выражения и оценивания неопределенности измерений, применимого *ко всем видам измерений и всем типам данных*, которые используются при измерениях;

*упрощение расчетов*, связанных с обработкой данных измерений.

Концепция неопределенности измерений сформировалась в результате появления целого ряда новых областей метрологической деятельности (переработка газа, нефти, химическая технология и др.), в которых осуществляются практические измерения, не получившие своего обоснования и поддержки в рамках использования концепции погрешности измерения.

В метрологии в основе концепции неопределенности лежит *неполное знание значения измеряемой величины*, которые представлено *оператору* в виде ряда величин, полученных в результате измерительного эксперимента и каким-то образом характеризующих измеряемую величину. При оценке результатов измерений не используются понятия истинного и действительного значений ФВ, а также погрешности измерения. Вводится *понятие неопределенности измерения* [6], которое трактуется как *параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые обоснованно могли бы быть приписаны измеряемой величине*. Так же, как и для классической теории измерения, в качестве характеристик неопределенности используются СКО и

---

<sup>43</sup> С недостатками метода оценки неопределенности, предлагаемого Руководством, в том числе претензии на универсальность, непримиримость к некоторым видам измерений и др., можно ознакомиться в [2].

доверительный интервал, которые в концепции неопределенности называются *стандартная неопределенность* и *расширенная неопределенность*. На них мы остановимся более подробно ниже, а вначале посмотрим: чем же отличаются погрешность и неопределенность?

Погрешность однократных измерений – это разность между результатом измерения  $X_i$  и неизвестным *действительным* значением физической величины  $Q$ , т.е.  $\Delta_i = X_i - Q$ .

Неопределенность однократных измерений ( $n$  отклонений) представляется как разность между однократным измерением и средним арифметическим значением  $L$ , полученным в результате  $n$  измерений, т.е.  $u_i = X_i - L$ .

Случайная погрешность результатов многократных измерений будет равна  $\lambda = L - Q$ , и она уменьшается с увеличением числа измерений. Среднее арифметическое  $L$  стремится к  $Q$  при условии, что устранены все систематические погрешности. При этом разность между  $\Delta_i$  и  $u_i$  будет стремиться к нулю и, следовательно, математические закономерности поведения совокупностей  $\Delta_i$  и  $u_i$  должны быть подобны. Это подтверждают многочисленные эксперименты. Обе концепции дополняют друг друга, позволяя более всесторонне оценить результат измерения, и находят свое определенное место в измерительных процессах.

Следует подчеркнуть, что оператор, осуществляющий измерение, имеет в своем распоряжении только набор одиночных измерений, и он должен, исходя из этого набора, сформировать ожидаемый (оцениваемый) результат измерения относительно измеряемой величины характеристики объекта измерения. Ему неведомы ни истинное, ни действительное значения величины.

## **10.2. Основные положения концепции неопределенности измерений**

Неопределенность измерений, так же как и погрешность измерений, могут быть классифицированы по различным признакам: по месту (источнику) их проявления — на методические, инструментальные и субъективные, по их проявлению на случайные, систематические и грубые, на абсолютные и относительные по способу

их выражения и др. (см. гл. 5). Следует остановиться на классификации, связанной с характером проявления неопределенности. Вводится деление неопределенностей по способу оценивания на два типа:

*неопределенность, оцениваемая по типу А (неопределенность типа А) – неопределенность, которую оценивают статистическими методами;*

*неопределенность, оцениваемая по типу В (неопределенность типа В) – неопределенность, которую оценивают нестатистическими методами.*

При этом предлагаются два метода оценивания неопределенностей А и В:

*для неопределенности типа А – использование известных статистических оценок среднеарифметического и среднего квадратического, используя результаты измерений;*

*для неопределенности типа В – использование априорной нестатистической информации.*

Во многих практических случаях при вычислении неопределенностей результатов измерений делают предположение о нормальности или равномерности распределения возможных значений измеряемых величин.

Подчеркнем еще раз: *деление на систематические и случайные погрешности обусловлено природой их возникновения и проявления в ходе выполнения измерений, а деление на неопределенности, вычисляемые по типу А и по типу В – методами их получения и использования при расчете общей неопределенности.*

В Руководстве используются ряд терминов (табл. 10.1).

*Стандартная неопределенность* – неопределенность, выраженная в виде СКО.

*Расширенная неопределенность* – величина, задающая интервал вокруг результата измерения, в пределах которого, как ожидается, находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могут быть приписаны измеряемой величине.

Расширенная неопределенность является аналогом доверительных границ погрешностей измерений. Причем, каждому значению расширенной неопределенности соответствует *вероятность охвата Р*, которой, по мнению оператора, соответствует расширенная неопределенность результата измерений. Вероятность охвата опре-

деляется с учетом вероятностного закона распределения неопределенности и аналогом ее в классической теории является доверительная вероятность.

Таблица 10.1

**Соответствие между терминами, используемыми в концепции погрешности и неопределенности измерений [5, 6]**

<b>Классическая теория погрешности</b>	<b>Концепция неопределенности</b>
Погрешность результата измерения	Неопределенность результата измерения
Случайная погрешность	Неопределенность, оцениваемая по типу <i>A</i>
Неисключенная систематическая погрешность	Неопределенность, оцениваемая по типу <i>B</i>
СКО погрешности результата измерений	Стандартная неопределенность результата измерения
Доверительные границы результатов измерения	Расширенная неопределенность результата измерения
Доверительная вероятность	Вероятность охвата (покрытия)
Коэффициент (квантиль) распределения погрешности	Коэффициент охвата (покрытия)

*Коэффициент охвата* – коэффициент, зависящий от вида распределения неопределенности результата измерений и вероятности охвата, численно равный отношению расширенной неопределенности, соответствующей заданной вероятности охвата, к стандартной неопределенности. Другими словами, это коэффициент, зависящий от заданной вероятности охвата, который при умножении его на величину суммарной стандартной неопределенности позволяет получить значение (оценку) расширенной неопределенности.

*Число степеней свободы* – параметр статистического распределения, равный числу независимых связей оцениваемой статистической выборки.

### **10.3. Методика оценивания результата измерений и его неопределенности**

Оценивание результата измерений и его неопределенности проводится в следующей последовательности:

составление уравнения измерений;

внесение поправок и вычисление оценок входных величин;  
 определение результата измерений;  
 вычисление стандартных неопределенностей (типа  $A$  и  $B$ );  
 вычисление суммарной стандартной неопределенности;  
 выбор коэффициента охвата;  
 составление бюджета неопределенности<sup>44</sup> – таблица, в которой  
 представлен полный перечень источников неопределенностей измерения с указанием их стандартной неопределенности и вклада в суммарную стандартную неопределенность результата измерений;  
 оценка расширенной неопределенности результата измерений;  
 представление результата измерений.

**Составление уравнения измерения.** В концепции неопределенности под уравнением измерения понимается математическая зависимость между измеряемыми величинами  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , а также другими величинами, влияющими на результат измерения  $X_{k+1}, X_{k+2}, \dots, X_m$ , и результатом измерения  $Y$ :

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k, X_{k+1}, X_{k+2}, \dots, X_m). \quad (10.1)$$

Величины  $X_1, X_2, \dots, X_m$  называются *входными величинами*, используемыми для оценивания неопределенности результата измерения, а результат измерения  $Y$  – *выходной величиной* измерения.

В качестве основы для составления уравнения измерения используется *уравнение связи* (в классическом понимании), т.е. зависимость  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ . Далее, в результате анализа условий измерений и используемых СИ, устанавливаются другие факторы, влияющие на результат измерений. При этом величины  $X_{k+1}, X_{k+2}, \dots, X_m$ , описывающие эти факторы, включают в уравнение (10.1), даже если они незначительно могут повлиять на результат  $Y$ . Задача оператора – по возможности наиболее полно учесть все факторы, влияющие на результат измерения и описать их.

**Внесение поправок и вычисление оценок входных величин.** Внесение поправок – это устранение постоянных и переменных систематических отклонений (погрешностей), влияющих на результат измерений (см. гл. 8). После внесения поправок измеряе-

---

<sup>44</sup> Таблицу бюджета неопределенностей *рекомендуется* составлять для полного и четкого понимания вклада различных составляющих неопределенностей в суммарную неопределенность.

мых величин определяют оценки результатов измерений каждой входной величины  $X_i$ , где  $i = 1, \dots, m$ . Как известно, при нормальном распределении наилучшей оценкой этой величины является среднее арифметическое (8.1):

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}, \quad (10.2)$$

где  $q = 1, \dots, n_i$  – количество измерений  $i$  – входной величины.

Результат измерения определяется как

$$y = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m) \quad (10.3)$$

**Вычисление стандартных неопределенностей.** Стандартную неопределенность типа  $A$  определяют как СКО по формуле (8.3):

$$u_A(\bar{x}_i) = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}, \quad (10.4)$$

т.е. используют ту же формулу, что и для оценивания результата измерения и его рассеивания в классической теории оценки погрешности измерения (см. табл. 8.1).

Для вычисления стандартной неопределенности по типу  $B$  рассматривают и используют различные факторы, которые могут оказать влияние на полную (общую) неопределенность измерений:

данные предыдущих измерений величин, входящих в уравнение измерения;

сведения, имеющиеся в метрологических документах по проверке, калибровке, и сведения изготовителя о приборе;

сведения о предполагаемом вероятностном распределении значений величин, имеющихся в научно-технических отчетах и литературных источниках;

данные, основанные на опыте исследователя или общих знаниях о поведении и свойствах соответствующих (подобных) СИ и материалов;

неопределенность используемых констант и справочных данных;

нормы точности измерений, указанные в технической документации на СИ;

процесс осуществление выборки;

транспортирование, хранение и обработка образцов;

подготовка образцов;



характер окружающих условий при проведении измерений;  
квалификация персонала, выполняющего измерения;  
отклонения от установленной процедуры при проведении измерений;

неопределенность стандартных образцов или мер;  
программное обеспечение;  
неопределенности, связанные с внесением поправок;  
другие сведения об источниках неопределенностей, влияющих на результат измерения.

**Пример 10.1.** Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне  $0 - 962,78$  °С представляет собой комплекс аппаратуры для воспроизведения Международной температурной шкалы МТШ-90 с наивысшей в РФ точностью. При определении характеристик точности этого эталона выделяют следующие неопределенности типа *B* (сайт ВНИИФТРИ: [Temperatures.ru](http://Temperatures.ru)): свойства электроизмерительного оборудования, в том числе нелинейность измерительного моста; градуировка образцовых мер сопротивления; наличие примесей в металле реперной точки; наклон площадки затвердевания вещества реперной точки; нагрев термометра измерительным током; гидростатический эффект (изменение температуры фазового перехода с глубиной погружения термометра); отвод тепла по термометру; отклонение давления в ампуле реперной точки от стандартного давления. При расчетах принимается, что все указанные неопределенности распределены по равномерному закону.

Неопределенности этих данных обычно представляют в виде границ отклонения значения величины от ее оценки. Наиболее распространенный способ формализации неполного знания о значении величины заключается в *постулировании равномерного закона распределения* возможных значений этой величины в указанных границах (нижней  $b_{i-}$  и верхней  $b_{i+}$ ) для  $i$ -й входной величины. При этом стандартную неопределенность по типу *B* определяют по известной формуле для среднеквадратического отклонения результатов измерений, имеющих равномерный закон распределения:

$$u_B(x_i) = \frac{b_{i+} - b_{i-}}{2\sqrt{3}}, \quad (10.5)$$

а для симметричных границ  $|b_{i+}| = |b_{i-}| = b_i$  — по формуле

$$u_B(x_i) = \frac{b_i}{\sqrt{3}}. \quad (10.6)$$

Конечно, в случае других законов распределений входных величин для вычисления неопределенности по типу *B* должны использоваться иные соотношения. Для определения коэффициента охвата можно воспользоваться данными табл. 10.2 [5, 6].

Таблица 10.2

**Значения коэффициента охвата при различных предполагаемых распределениях входной величины**

Предполагаемое распределение входной величины	Вероятность охвата <i>P</i> , которой соответствует <i>U(x<sub>i</sub>)</i>	Коэффициент охвата <i>k</i>
Равномерное распределение	0,99 – 1,0	1,71 - 1,73
	0,95	1,65
Нормальное распределение	1,0 (предел допускаемых значений)	3
	0,997	3
	0,99	2,6
	0,95	2
Неизвестное распределение	-	2

Неопределенности входных величин могут быть коррелированы. Для вычисления коэффициента корреляции используют согласованные пары результатов измерений. Вычисления проводят по формуле (9.14).

**Вычисление суммарной стандартной неопределенности.**

Суммарную неопределенность выходной величины определяют по тем же формулам, которые используются для расчета погрешностей косвенных измерений в концепции погрешности измерений.

В случае некоррелированных оценок входных величин, суммарную стандартную неопределенность  $u_c(y)$  вычисляют по формуле

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2} u^2(x_i), \quad (10.7)$$

где  $\partial f / \partial x_i$  – коэффициенты чувствительности выходной величины по отношению к входной величине  $x_i$ ,  $u(x_i)$  – стандартные отклонения по типу *A* и/или *B*.

**Оценка расширенной неопределенности результата измерений.** Оценка расширенной неопределенности равна произведению стандартной неопределенности  $u_c(y)$  результата измерений на коэффициент охвата  $k$ :

$$U_p(y) = k u_c(y). \quad (10-8)$$

Руководство рекомендует рассматривать все результаты измерений при доверительной вероятности (вероятности охвата)  $P=0,95$ , определяя число степеней свободы по эмпирической формуле Велча-Саттерстейта

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^m \frac{u^4(x_i)}{v_i} \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^4}. \quad (10.9)$$

Используя таблицы распределения Стьюдента, коэффициент охвата при вероятности  $P=0,95$  определяется по формуле  $k = t_{P=0,95}(v_{eff})$  [34].

Формулу для оценки суммарной стандартной неопределенности (10.7) можно записать в более простом виде:

$$u_c(y) = \sqrt{u_A^2(y) + u_B^2(y)}, \quad (10.10)$$

так же как и формулу (10.9) для определения числа степеней свободы

$$v_{eff} = f_{эфф} \cdot \left[ 1 + \frac{u_B^2(y)}{u_A^2(y)} \right]^2, \quad (10.11)$$

где  $f_{эфф} = n - 1$  – число степеней свободы при **прямых измерениях** входной величины,  $n$  – число прямых измерений,  $u_A(y), u_B(y)$  – оценка стандартных неопределенностей типа  $A$  и  $B$ .

При оценке вклада неопределенности по типу  $A$  принимают  $v_i = n_i - 1$ , а по типу  $B$  —  $v_i = \infty$ . При этих условиях можно показать, что если по типу  $A$  оценивается неопределенность *только одной входной величины*, то формула (10.11) упрощается:

$$v_{eff} = (n_A - 1) \cdot \frac{u_C^4(y)}{u_A^4(y)}, \quad (10.12)$$

где  $n_A$  – число повторных измерений входной величины, оцениваемой по типу  $A$ .

**Представление результата измерений.** При представлении результатов измерений Руководство рекомендует приводить достаточное количество информации, чтобы можно было проанализировать и/или повторить весь процесс получения результата измерений и вычисления неопределенностей, а именно:

алгоритм получения результата измерений;

алгоритм расчета всех поправок для исключения систематических погрешностей и их неопределенной;

неопределенности всех используемых данных и способы их получения;

алгоритмы вычисления суммарной и расширенной неопределенностей, включая значение коэффициента охвата  $k$ .

В документации по результатам измерений необходимо представлять:

$u_c$  – суммарную неопределенность;

$U_p(y)$  – расширенную неопределенность при вероятности  $P$ ;

$k$  – коэффициент охвата;

$u_i$  – данные о входных величинах;

$\nu_{eff}$  – эффективное число степеней свободы.

Например, если результатом измерения является длина детали, то в протоколе измерений записывается: «Длина детали составляет 162,2 мм. Расширенная неопределенность результата измерений составляет  $\pm 1,5$  мм при коэффициенте охвата равном 2» или «Измерения показали, что длина детали находится в интервале (163,7 – 160,7) мм при коэффициенте, равном 2». По умолчанию предполагается, что эти результаты соответствуют вероятности охвата 0,95.

#### **10.4. Обсуждение результатов расчетов погрешности и неопределенности и их практического применения**

В прил. 3 приведен пример оценки неопределенности и погрешности измерений силы электрического тока, протекающего через пассивное сопротивление шунта [6].

Сравнение результата вычислений погрешности измерений в доверительном интервале, соответствующем вероятности  $P=0,95$  и расширенной неопределенности с коэффициентом охвата равном

двум, т.е. соответствующем уровню доверия 0,95, совпадают и равны 0,012  $A$  (формулы (ПЗ.6), (ПЗ.7) и табл. ПЗ.2).

Следует отметить, что это не случайно, поскольку в основе расчетов лежат одни и те же измерительные данные и одни те же подходы к распределениям входных величин. Сравнения результатов измерений, определенных с помощью классического подхода и концепции неопределенности, как показано на многочисленных примерах в различных публикациях, дают практически одни и те же окончательные результаты [5, 6].

Результат, полученный в концепции неопределенности, трактуется иначе, чем результат, полученный при применении классического подхода. Как уже упоминалось, в концепции неопределенности не используются понятия истинного и действительного значений измеряемой величины. Результат измерения – вот что считается реальностью, поскольку величину истинного значения никто не знает. Расширенная неопределенность трактуется в Руководстве как интервал, содержащий заданную долю распределения значений, которые могли бы быть обосновано приписаны измеряемой величине.

Расширенная неопределенность в концепции неопределенности не играет той роли, которая отводится в концепции погрешности интервальным оценкам. Считается, что основным результатом оценки является суммарная неопределенность  $u_C$ , а расширенная неопределенность отличается от нее на постоянный коэффициент, который необходим в ряде специальных случаев для иллюстрации надежности оценки. Этот коэффициент может принимать значения от 2 до 3 при уровне доверия от 0,95 до 0,99, а наши незнания об измеряемой величине определяются неопределенностью и группируются около результата измерения.

Отметим также другие особенности применения концепции неопределенности при обработке результатов измерений:

для обработки результатов измерений записывается *уравнение измерения*, в котором аргументами являются как измеряемые прямым методом величины, так и величины, влияющие на результат измерения;

концепция неопределенности измерений применима к различным видам измерений;

неопределенности типа  $A$  и типа  $B$  – равноправны, их дисперсии складываются без каких либо коэффициентов;

при вычислении расширенной неопределенности, учитывающей неопределенности типа  $A$  и  $B$ , используется более простая процедура, чем при вычислении суммарной погрешности;

оценка результатов измерений, использующих концепцию неопределенности, не нашла пока широкого использования в метрологической практике РФ и применяется, в основном, при метрологической аттестации эталонов, международном сличении эталонов, при проведении работ по калибровке (поверке) в аккредитованных испытательных лабораториях; при проведении работ по взаимному признанию результатов измерений и испытаний и др., т.е. там, где необходим контакт, прежде всего, на международном уровне.

Возможность оценки неопределенности измерений наряду с погрешностью измерений в настоящее время предусматривается в ряде отечественных НД.

В атомной отрасли при создании изделий внутреннего использования и оценки измеряемых параметров используются процедуры оценки точности, разработанные в рамках классической теории погрешности измерений. Оценки точности измерений характеристик изделий, полуфабрикатов, веществ и др., поставляемых в другие страны, а также эталонов и СО, выполняется как на основе погрешности измерений, так и на основе неопределенности измерений [79, 89, 92, 93, 100]. В частности, традиционно оценка адекватности моделей систем захоронения радиоактивных отходов их реальным показателям производится на основе характеристик неопределенности.

Следует отметить, что к началу внедрения концепции неопределенности измерений (1993 г.) в России была уже довольно детально разработана ГСИ. Учитывая, что окончательный результат оценки точности для обеих концепций практически совпадает при обработке результатов измерений, перевод всей системы документации на понятия и процедуру неопределенности измерений вряд ли целесообразен в ближайшее время. Тем более, как показано в работах [2, 5, 93], обе концепции дополняют друг друга и в состоянии плодотворно сосуществовать. Тем более, что взлом старой системы может привести к достаточно большим экономическим расходам, а переход от одного принципа обработки и представления измерительных данных (в переходный период) неизбежно будет сопровождаться ошибками при представлении результатов измерений.

В РМГ 91—2009 [93] приводятся примеры и рекомендации по раздельному и совместному использованию понятий неопределен-

ности и погрешности измерений. В основе рекомендаций лежит ряд положений:

в Руководстве [60], подчеркивая различие правильного использования понятий «неопределенность» и «погрешность», не исключается возможность совместного использования этих понятий;

подразумевается, что погрешность имеет всегда определенный знак (положительный или отрицательный), поскольку погрешность вычисляется относительно «истинного значения ФВ», которое, в свою очередь, неизвестно;

возможна замена понятия «опорное значение измеряемой величины» на «истинное значение измеряемой величины» в том смысле, в котором определено «опорное значение»;

значение погрешности вычисляют путем «суммирования» случайных и систематических погрешностей результата измерений конкретного экземпляра СИ, а при оценке «характеристик погрешности» и «доверительных границ погрешности» для типа СИ оперируют множеством возможных значений погрешностей в виртуальных и реальных экспериментах с различными экземплярами СИ данного типа, осуществляя усреднение погрешностей по группе СИ данного типа;

понятия «погрешность измерения» и «неопределенность измерения» следует применять в соответствии с их определениями, не подменяя погрешность оценками параметров и составляющих рассеяния результатов измерений.

Примеры, рассмотренные в [93], охватывают практически все метрологические ситуации: рабочие измерительные процедуры, сличения, прослеживаемость, калибровка и поверка СИ, передача размеров с помощью поверочных схем, работы по МВИ. Ряд указаний по применению неопределенности и погрешности измерений (раздельно или совместно) носят рекомендательный характер. В РМГ на основе анализа рассмотренных выше метрологических ситуаций *предложено общее правило*: результаты измерений в большинстве метрологических ситуаций характеризуются неопределенностью, а нормативы точности СИ, измерительных и контрольных процедур характеризуются погрешностью. Таким образом, понятия «неопределенность» и «погрешность» рекомендуется гармонично использовать без взаимного противопоставления и исключения одного из них.

## Глава 11. ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### 11.1. Единство и прослеживаемость измерений

Единство измерений является сущностью метрологии. Теоретическая и законодательная метрология в основном нацелены на обеспечение единства при практическом проведении измерений. По существу состояние измерений, характеризуемое как единство измерений, должно гарантировать, что измерения какой-либо величины, проведенные в разных местах, в разное время, другими операторами будут одинаковы (в пределах требуемой точности) в течение определенного времени.

Определение понятия единства измерений, как *состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы*, считается в настоящее время декларативным [5]. Действительно, «узаконенные единицы» не являются определяющим фактором обеспечения единства измерений (ОЕИ), поскольку в англоязычных странах, где не используется система SI, единство измерений также обеспечивается. Второе условие также не точно характеризует состояние единства измерений, поскольку всегда существует вероятность выхода погрешности измерений за установленные пределы, хотя бы при одном измерении.

Измерение должно проводиться с помощью СИ, которое «запомнило», или которому «приписали» с какой-то погрешностью (неопределенностью) через систему поверочных схем значение единицы исходного эталона. Поэтому единство измерений должно в первую очередь обеспечивать воспроизведение единицы одним исходным эталоном и последующую передачу от него этого размера всем остальным СИ данной величины. В связи с этим в международной практике принят другой термин — ОЕИ – *прослеживаемость*, под которым понимается, что результат измерения получен путем сравнения размера измеряемой величины с размером единицы, воспроизведенным исходным эталоном данной величины.



Другими словами, результат измерения должен прослеживаться и документально подтверждаться до исходного эталона. При этом создаются условия, при которых измерения вроде бы выполнены одним СИ – исходным эталоном (см. гл. 6, 10). Прежнее определение единства измерений является следствием их прослеживаемости. На *идентичность терминов «единство измерений» и «прослеживаемость»* указывает и тот факт, что оба термина переводятся на английский язык одинаково – *traceability*.

Термин «прослеживаемость» отсутствует в РМГ 29—99, однако введен в новой редакции Федерального закона «*Об обеспечении единства измерений*» (ст. 2, п. 18). В отечественных НД в основном используется термин «единство измерений», и он будет использоваться в дальнейшем изложении в рамках этой книги.

## **11.2. Цели и задачи государственной системы обеспечения единства измерений**

Деятельность по ОЕИ регулируется Федеральным законом [3], другими подзаконными актами и, прежде всего, системой стандартов, образующих государственную систему обеспечения единства измерений ГСИ [80]. В РФ эта система формировалась в последние десятилетия.

В связи с мировыми процессами глобализации экономики, которая существенно затронула в настоящее время и РФ, система ГСИ неизбежно должна вписываться в международную систему ОЕИ. В практическом смысле, единство измерений – это состояние измерений в рамках страны и ряда стран, когда существует доверие и признание результатов измерений, проведенных в разных местах, лабораториях и разным персоналом. Для обеспечения состояния измерений, именуемых единством измерений, необходимо создание организационно-правовой системы с соответствующей технической поддержкой. Эти условия для развития метрологии в стране создают положения Федерального закона [3].

### ***11.2.1. Содержание и особенности Федерального закона***

Поскольку последующее изложение основывается на положениях Федерального закона «*Об обеспечении единства измерений*», приведем краткое содержание этого закона.

Закон состоит из десяти глав, которые наполнены 29 статьями.

*Глава 1. Общие положения.* В этой главе сформулированы цели и сфера действия ФЗ, приводятся основные понятия, применяемые для изложения существа положений статей закона, отношения к законодательству РФ и международным договорам РФ.

*Глава 2. Требования к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений.*

*Глава 3. Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений.* Рассматриваются следующие формы государственного регулирования: утверждение типа СО или типа СИ; поверка СИ; метрологическая экспертиза; государственный метрологический надзор; аттестация методик (методов) измерений; аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области ОЕИ; Федеральный государственный метрологический надзор (права и обязанности).

*Глава 4. Калибровка средств измерений.* Законом устанавливаются сферы использования калибровки СИ, возможные исполнители калибровочных работ и статус калиброванных СИ.

*Глава 5. Аккредитация в области обеспечения единства измерений.* Аккредитация осуществляется в целях признания компетентности юридического лица или индивидуального предпринимателя выполнять работы и (или) оказывать услуги по ОЕИ в соответствии с настоящим ФЗ. В связи с этим в данной главе определяются цели аккредитации и виды работ и (или) услуг в области аккредитации.

*Глава 6. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.* Определяются источники образования Федерального информационного фонда по ОЕИ, федеральный орган, организующий представление сведений, содержащихся в фонде, и федеральный орган, устанавливающий порядок создания и ведения федерального информационного фонда по ОЕИ.

*Глава 7. Организационные основы обеспечения единства измерений.* Приводятся основные задачи, которые стоят перед государственными органами исполнительной власти, государственными региональными центрами метрологии, метрологическими службами и организациями в области ОЕИ.

*Глава 8. Ответственность за нарушение законодательства Российской Федерации об обеспечении единства измерений.* Определяется ответственность участников работ в области ОЕИ, допустивших нарушение законодательства в области ОЕИ или не исполняющие в установленный срок предписаний об устранении выявленных нарушений.

*Глава 9. Финансирование в области обеспечения единства измерений.* Определяются статьи расходов средств федерального бюджета, а также оплата работ и (или) услуг при проведении работ.

*Глава 10. Заключительные положения.* Устанавливается перечень регламентов введения настоящего ФЗ с момента опубликования и до вступления его в силу.

Закон носит рамочный характер, т.е. формирует основные задачи и направления регулирования отношений при ОЕИ в стране. Более детально вопросы регулирования должны быть представлены (подзаконными) правовыми актами Президента РФ, Правительства РФ и федеральных органов исполнительной власти (указы, постановления, приказы и др.). До издания этих актов действуют (в части, не противоречащей настоящему закону) акты, принятые ранее во исполнение Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» (1993 г.). В Министерстве промышленности и торговли РФ приказом от 19 февраля 2009 г. № 73 утвержден «План разработки нормативных правовых актов по реализации Федерального закона от 26 июня 2008 г. «Об обеспечении единства измерений»».

### ***11.2.2. Цели и задачи обеспечения единства измерений***

***Целями государственной системы ОЕИ являются:***

установление правовых основ ОЕИ в РФ;

защита прав и законных интересов граждан, общества и государства в получении объективных 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;

содействию развитию экономики РФ и научно-техническому прогрессу.

Как видно, одной из основных целей ОЕИ является обеспечение безопасности граждан, окружающей среды, животного и растительного мира. Необходимо отметить, что приоритет безопасности является общей доминантой Федеральных законов последнего времени в РФ.

***Основные задачи государственной системы ОЕИ:***

разработка оптимальных принципов управления деятельностью по ОЕИ;

организация и проведение фундаментальных научных исследований с целью создания более совершенных и точных методов и средств воспроизведения единиц и передачи их размеров;

установление системы единиц величин и шкал, допускаемых к применению;

установление основных понятий метрологии, унификация их терминов и определений;

установление экономически рациональной системы государственных эталонов;

создание, утверждение, применение и совершенствование государственных эталонов;

установление систем (по видам измерений) передачи размеров единиц величин от государственных эталонов к СИ, применяемых в стране;

создание и совершенствование вторичных и рабочих эталонов, комплексных поверочных установок и лабораторий;

установление общих метрологических требований к эталонам, СИ, методикам выполнения измерений, методам поверки (калибровки) СИ и других требований, соблюдение которых является необходимым условием ОЕИ;

разработка и экспертиза разделов метрологического обеспечения федеральных и иных государственных программ создания и развития производства оборонной техники;

осуществление государственного регулирования в области ОЕИ в следующих формах: утверждение типа СО или СИ, поверка СИ,

метрологическая экспертиза, государственный метрологический надзор (контроль), аттестация методик (методов) измерений, аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области ОЕИ;

разработка принципов оптимизации материально-технической и кадровой базы органов Государственной метрологической службы; аттестация методик выполнения измерений;

калибровка и сертификация СИ, не входящих в сферу государственного регулирования ОЕИ;

аккредитация метрологических служб и иных юридических и физических лиц по различным видам метрологической деятельности;

аккредитация поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля в составе действующих в РФ систем аккредитации;

участие в работе международных организаций;

разработка совместно с уполномоченными федеральными органами исполнительной власти порядка определения стоимости (цены) метрологических работ и регулирования тарифов на эти работы;

организация подготовки и подготовка кадров метрологов;

информационное обеспечение по вопросам ОЕИ;

совершенствование и развитие ГСИ ОЕИ.

### **11.3. Состав государственной системы обеспечения единства измерений**

#### ***11.3.1. Общая характеристика системы***

ГСИ можно разбить на четыре подсистемы [2, 5, 23]:

правовую подсистему поддержки деятельности практической метрологии;

техническую подсистему, представляющую собой материальную базу;

организационную подсистему, представляющую сеть метрологических институтов, центров и служб;

научную подсистему.

Рассмотрим эти подсистемы немного подробнее.

**Правовая подсистема** – комплекс взаимосвязанных законодательных и подзаконных актов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к объектам деятельности в области ОЕИ, в том числе:

- совокупности узаконенных единиц величин и шкал измерений;
- терминологии в области метрологии;
- воспроизведению и передаче размеров единиц величин и шкал измерений;
- способам и формам представления результатов измерений и характеристик их погрешности;
- методам оценивания погрешности и неопределенности измерений;
- порядку разработки и аттестации методик выполнения измерений;
- комплексам нормируемых метрологических характеристик СИ;
- методам установления и корректировки межповерочных и межкалибровочных интервалов;
- порядку проведения испытаний в целях утверждения типа и сертификации СИ;
- порядку осуществления метрологического надзора и контроля;
- порядку проведения поверки и калибровки СИ;
- типовым задачам, правам и обязанностям метрологических служб федеральных органов исполнительной власти, юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям;
- порядку аттестации метрологических служб по различным направлениям метрологической деятельности;
- порядку аккредитации поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля;
- терминам и определениям по видам измерений;
- государственным поверочным схемам;
- методикам поверки и калибровки;
- методикам выполнения измерений.

Эта подсистема представлена огромным количеством НД (более 3000), постановлениями и распоряжениями Правительства РФ. Общие направления по задачам и содержанию этих документов сформулированы в Федеральном законе «*Об обеспечении единства измерений*». Основу этой системы документов составляет комплекс

государственных стандартов ГСИ, обозначенных классом 8 в системе стандартизации (их свыше 400), рекомендациями метрологических институтов и правилами по метрологии. Основопологающим документом, возглавляющим серию государственных стандартов по системе ОЕИ, является ГОСТ Р 8.000 «ГСИ. Основные положения» [80].

**Техническая подсистема** ОЕИ состоит из:

межгосударственных, государственных эталонов и эталонов единиц величин и шкал измерений;

СО состава и свойств веществ и материалов;

стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;

СИ и испытательного оборудования для проведения метрологического надзора (контроля);

специальных сооружений для проведения высокоточных измерений;

научно-исследовательских, эталонных, испытательных, калибровочных и измерительных лабораторий.

**Организационная подсистема** представлена рядом уровней ОЕИ. Основные функции управления и исполнения работами в этой подсистеме возложены на Росстандарт, входящий в настоящее время в состав Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Деятельность по ОЕИ основывается на законодательстве РФ и осуществляется:

федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию, оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в области ОЕИ и государственному метрологическому надзору (далее по тексту – федеральный орган исполнительной власти);

подведомственными федеральному органу исполнительной власти государственными научными метрологическими институтами (ГНМИ) и государственными региональными центрами метрологии (ГРЦМ);

Государственной службой времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ), Государственной службой стандартных справочных данных о физических константах и свойствах

веществ и материалов (ГСССД), Государственной службой стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО), руководство которыми осуществляет Росстандарт;

метрологическими службами, в том числе аккредитованными в установленном порядке в области ОЕИ юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

**Научная подсистема** представляет собой сеть научных метрологических институтов, научных центров и лабораторий, проводящих научные исследования в области метрологии.

Основные (рамочные) задачи федеральных органов исполнительной власти, государственных научных метрологических институтов, региональных центров по метрологии, Государственных служб и метрологических служб определены ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

### ***11.3.2. Государственные научные метрологические институты и метрологические службы***

В настоящее время в РФ аккредитованы **восемь** государственных научных (национальных) метрологических институтов:

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева (ВНИИМ), г. Санкт-Петербург;

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИИМС), г. Москва;

Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ), г. Менделеево, Московская область;

Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений им. Б.М. Степанова (ВНИОПИ), г. Москва;

Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии (ВНИИР), г. Казань;

Восточносибирский филиал ВНИИФТРИ, г. Екатеринбург;

Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических измерений «Дальстандарт» (ВНИИФТИ «Дальстандарт»), г. Хабаровск;



Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ (ВНИИЦСМВ), г. Москва.

*Основными задачами* метрологических институтов являются:

проведение фундаментальных и прикладных научных исследований, экспериментальных разработок и осуществление научно-технической деятельности в области ОЕИ;

разработка, совершенствование, содержание, сличение и применение государственных первичных эталонов единиц величин; передача единиц величин от государственных первичных эталонов;

участие в разработке проектов НД;

проведение метрологической экспертизы требований, содержащихся в проектах документов к измерениям, СО и СИ;

создание и ведение Федерального информационного фонда по ОЕИ и др.

В настоящее время в РФ функционируют следующие государственные метрологические службы, проводящие большой комплекс научных и практических работ по своим направлениям.

*Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ)*, осуществляющая межрегиональную и межотраслевую координацию работ по ОЕИ времени, частоты и определения параметров вращения Земли.

В состав ГСВЧ входит ряд метрологических организаций Министерства промышленности и торговли, Министерства связи (передающие центры), астрономические лаборатории. Координацию деятельности ГСВЧ осуществляет постоянно действующая Межведомственная комиссия единой службы времени. Возглавляет работу ГСВЧ Главный метрологический центр ГСВЧ, входящий в состав ВНИИФТРИ.

Точное измерение времени имеет в настоящее время большое значение. Основные задачи ГСВЧ: воспроизведение единиц времени и частоты; формирование и хранение национальной шкалы времени; коррекция шкалы атомного времени по шкале всемирного времени; обеспечение международного единства измерений времени и частоты. Данные ГСВЧ используются для извещения населения о текущем значении времени, систем навигации самолетов и судов, управления космическими аппаратами, обеспечения синхронной работы единой энергосистемы страны, регулирования

транспортных потоков, для поддержания эффективной работы ЭВМ в составе автоматических систем управления и др.

*Примечание.* Трудно себе представить, что произойдет в стране в случае отказа или сбоя в работе ГСВЧ. Последствия такого события могут быть очень серьезными с угрозой существенного нарушения безопасности страны. К тому же экономические потери при этом могут быть огромны.

*Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД)* осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по разработке и внедрению стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в науке и технике в целях ОЕИ на основе их применения.

В современной науке и технике используется большое количество различных данных о свойствах материалов и веществ в различных условиях их эксплуатации. Ежегодно во всем мире публикуется более ста тысяч данных об экспериментальных и теоретических исследованиях веществ, материалов и различных физических констант. В настоящее время известно около 4 млн веществ и материалов и более тысячи их свойств, проявляемых при различных внешних воздействиях.

ГСССД организует оперативное получение достоверной информации о свойствах веществ и материалов. ГСССД структурно включает в себя более сотни организаций. Головной методический орган службы – ВНИИЦСМВ.

ГК Росатом характеризуется огромной и динамической номенклатурой конструкционных материалов как промышленной продукции. Их наименования фиксируются в ФГУП «Стандартинформ» (Росстандарт) в соответствии с присвоенными кодами ОКП. Несколько сложнее обстоит дело с *характеристиками* материалов, поскольку контроль качества продукции на всех этапах ЖЦП связан со знанием свойств конструкционных материалов. Статистические данные показывают, что 10 — 15 % деталей машин выходят из строя из-за недостаточной прочности конструкционных материалов, а 80 — 85 % – от их износа.

Приказом от 15.10.2009 г. № 720 «Об утверждении Положения об Отраслевой службе стандартных справочных данных о физи-

*ческих константах и свойствах веществ и материалов и программных средств (кодов)»* на ОАО «Энергопроманилитика» в рамках ГК «Росатом» возложены функции головного отраслевого научного центра стандартных справочных данных и программных средств [81, 82].

Под стандартными данными (в рамках данного приказа) понимаются соответствующие и удовлетворяющие современному уровню науки и техники, данные о свойствах веществ и материалов, у которых точно установлена и правильно представлена степень достоверности значений и величин, и которые официально рекомендованы к использованию.

Следует отметить, что масштабы работ по Отраслевой службе стандартных справочных данных огромны. В настоящее время собрана информация по 2,5 млн химических соединений, причем ежегодно появляется информация о 100 тыс. новых соединений. Кроме того, имеется большое многообразие многокомпонентных систем, применение которых быстро возрастает. Известно примерно тысяча широко используемых в науке и технике характеристик веществ и материалов для всех фазовых состояний веществ (твердое, жидкое, газообразное, плазменное). Значения характеристик необходимы в широких пределах изменений внешних воздействий (температур от 0 до 100 тыс. град. Кельвина, давлений от 0 до  $10^{11}$  н/м (от 0 до  $10^6$  атм.), широкое изменение радиационных и световых полей и др. Особо следует отметить необходимость знания изменений свойств материалов при комплексных воздействиях и со временем.

Для решения проблемы учета и быстрого доступа к хранящимся сведениям необходимо использование мощных программных средств, а также межотраслевая и международная кооперация [111].

*Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО)* осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по разработке и внедрению СО состава и свойств веществ и материалов в отраслях народного хозяйства в целях ОЕИ на основе их применения.

СО представляют собой меры, характеризующие свойства материалов, состав веществ и материалов. Они широко используются в производстве для проведения аттестации, поверки и калибровки.

Задача ГССО – ОЕИ химического состава, физических, физико-химических, эксплуатационных и других свойств веществ и материалов.

СО подвергаются государственным испытаниям комиссией, в состав которой обязательно входит представитель Росстандарта. При положительных результатах испытаний СО аттестуется и регистрируется в *Государственном реестре стандартных образцов России*, являющемся составной частью Государственного реестра СИ. Аттестованные СО снабжают соответствующим свидетельством и/или наносят на образец, если это возможно, клеймо, содержащее значение аттестуемой величины. Сведения об аттестованных СО публикуются в официальных изданиях Росстандарта.

Головной организацией ГССО, обеспечивающей проведение научно-методических работ, исследование общих вопросов измерения химического состава и свойств материалов и веществ с метрологической точки зрения, является Уральский НИИ метрологии (УНИИМ) в Екатеринбурге.

ГСВЧ, ГСССД и ГССО осуществляют также ведение соответствующих разделов Федерального информационного фонда по ОЕИ. Росстандарт осуществляет методическое руководство деятельностью государственных служб.

### ***11.3.3. Государственные региональные центры метрологии и метрологические службы предприятий***

В России в настоящее время имеется более **восьмидесяти** региональных центров метрологии (центров по стандартизации, метрологии и сертификации), осуществляющих поверку СИ в соответствии с установленной областью аккредитации, совершенствования, содержания и применения государственных эталонов единиц величин, используемых для прослеживаемости других эталонов единиц величин и СИ к государственным первичным эталонам единиц величин.

Региональные центры метрологии являются хранителями вторичных и рабочих эталонов, которые получают (подтверждают) свои размеры от эталонов национальных метрологических институтов. Далее центры передают размеры единиц *исходным этало-*

нам различных организаций, осуществляя таким образом передачу размеров единиц в стране.

Метрологические службы предприятий в основном построены по отраслевому признаку. Разные отрасли имеют свои особенности, но в целом задачи этих служб подобны. Отметим главные из них:

обеспечение единства и требуемой точности измерений на предприятиях отрасли;

создание и внедрение современных методов (методик), СИ, СО, эталонов, поверочных схем;

осуществление метрологического контроля и надзора, в том числе совместно с Росстандартом;

повышение уровня метрологического обеспечения на предприятиях отрасли.

В зависимости от объема производства, задач, которые стоят перед производством, и требований к продукции по его метрологическому обеспечению, состав метрологической службы предприятий может быть различен. На небольших предприятиях метрологическая служба может быть представлена одним метрологом, а на других – метрологическими отделами во главе с Главным метрологом предприятия. Главный метролог предприятия, как правило, назначается руководством предприятия по согласованию с Главным метрологом отрасли. Руководящими документами метрологических служб предприятия являются стандарты [82, 86, 87], положения, рекомендации, методические указания и инструкции, определяющие порядок работы служб и метрологов.

#### ***11.3.4. Организация метрологических служб на предприятиях атомной отрасли***

Производственный процесс на предприятиях атомной отрасли, который постоянно поддерживает высокое качество продукции, характеризуется огромным парком измерительной техники (свыше 5 млн единиц СИ). В ГК «Росатом» большое внимание уделяют вопросам организации метрологического обеспечения в соответствии с федеральным законом [3].

Для координации работ в области ОЕИ и требуемой точности измерений в Росатоме создана Метрологическая служба (Приказ Руководителя Росатома № 15 от 19.02.2007 г.) и введено в действие

«Положение о Метрологической службе агентства по атомной энергии» (далее по тексту – Положение), назначен Главный метролог отрасли и определена Центральная головная организация метрологической службы Росатома (ОАО «ВНИИНМ» – Высотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара) [81].

Положение определяет *основные задачи, функции, права и порядок образования и организации работы метрологических служб* на предприятиях и в организациях отрасли.

Метрологическая служба ГК «Росатом» создана **в целях** выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора. Указанные цели направлены на выполнение в ГК «Росатом» достоверных и высококачественных измерений.

Положением определено, что работы по метрологическому обеспечению относятся к *основным видам деятельности*, а подразделения МС предприятий создаются приказами руководителей предприятий как самостоятельные структурные единицы, возглавляемые Главным метрологом (главным прибористом), и относятся к основным производственным (для промышленных предприятий) или к основным тематическим (для научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций) подразделениям.

К основным **задачам** метрологической службы ГК «Росатом» относятся:

обеспечение единства и требуемой точности измерений;

достижение, поддержание и дальнейшее развитие высокого уровня техники измерений;

определение основных направлений деятельности по проблемам метрологического обеспечения исследований, разработки, производства, измерений, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции и объектов атомной техники;

создание и внедрение современных методик и СИ, информационно-измерительных систем и комплексов, эталонов единиц величин, современного поверочного и калибровочного оборудования, СО состава и свойств веществ и материалов, необходимых надежных стандартных и справочных данных о свойствах элементов, веществ и материалов атомной техники, создание и ведение баз данных;

осуществление надзора за состоянием и применением СИ, методик выполнения измерений, проведением анализа, испытаний и контроля, за состоянием и применением СО состава и свойств веществ и материалов, эталонов единиц величин, источников ионизирующих излучений, соблюдением метрологических норм и правил, нормативных документов по ОЕИ;

создание программ по метрологическому обеспечению.

*Организационная структура* метрологической службы ГК «Росатома» (рис. 11.1) включает в себя:

Главного метролога Росатома с возложением обязанностей Главного метролога Росатома на заместителя начальника Управления атомной науки и техники;

службу Главного метролога Росатома включающую, в себя кураторов по вопросам метрологического обеспечения, назначаемых в управлениях, концернах и акционерных обществах, осуществляющих метрологическую деятельность;

Центральную головную организацию метрологической службы Росатома (ЦГОМС) – рабочий орган Главного метролога;

подкомитет ПК-5 «Метрологическое обеспечение в атомной отрасли» технического комитета по стандартизации № 322 «Атомная техника»;

метрологические службы предприятий ядерного энергетического комплекса (МС ЯЭК) Росатома, возглавляемую метрологической службой Высотехнологического научно-исследовательского института неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара (МС ВНИИНМ) – головной организацией МС ЯЭК;

метрологические службы предприятий ядерного оружейного комплекса (МС ЯОК) Росатома, возглавляемую метрологической службой Российского Федерального ядерного центра – Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (МС РФЯЦ-ВНИИЭФ) – головной организацией МС ЯОК;

головные организации метрологических служб по видам деятельности в составе МС ЯЭК;

базовые организации метрологических служб в составе МС ЯЭК и МС ЯОК;

метрологические службы предприятий и организаций, прикрепленные к головным и базовым организациям метрологической службы ГК «Росатом».



Рис. 11.1. Организационная структура метрологической службы ГК «Росатом»

Служба Главного метролога выполняет большой комплекс работ, имеет большие права, в частности, координирует деятельность головных и базовых метрологических организаций, осуществляет контроль за их деятельностью, метрологический контроль и надзор, организует и проводит работы по аккредитации головных и базовых организаций<sup>45</sup>, а также лабораторий радиационного и аналитического контроля и т.д.

Выделение головных и базовых организаций по вопросам метрологического обеспечения отрасли обусловлено сложностью и многофункциональностью почти всех предприятий атомной отрасли. Например, основная задача Электростальского машиностро-

<sup>45</sup> Выделение среди действующих предприятий и организаций *головных* и *базовых* организаций по вопросам метрологического обеспечения атомной отрасли принято также и в других отраслях промышленности РФ в соответствии с ПР 50-732-03 [82].



тельного завода (ОАО МСЗ) заключается в изготовлении топливных сборок для АЭС и транспортных энергетических установок. Однако на МСЗ имеется радиохимический цех по переработке бракованных изделий, производство ряда химических элементов, испытательные стенды и оборудование, система обращения с РАО, огромный парк дозиметрической, радиометрической и спектрометрической аппаратуры и т.д. Эта разнородная деятельность связана со спецификой соответствующего метрологического обеспечения, которое координируется соответствующей головной организацией и поддерживается с помощью базовой организации<sup>46</sup>.

Отличие деятельности *головных* и *базовых* организаций метрологической службы состоит в том, что задача *головной организации* заключается в *выработке и проведении единой технической политики и координации работ* в ОЕИ и требуемой точности измерений в отрасли или иных областях деятельности, на прикрепленных к ней предприятиях, а задача базовой организации – *выполнение работ* по ОЕИ и требуемой точности измерений при проведении исследований, разработок, испытаний в производстве и эксплуатации закрепленных за ней *групп продукции* или закрепленных *областях деятельности* (предприятий) [82].

Метрологические службы многих предприятий и организаций прикреплены к головным и базовым организациям МС Росатома.

Среди головных и базовых организаций выделены ряд организаций, которым, совместно с Росстандартом, предоставлено право аккредитации. Например, СНИИП имеет право совместно с ВНИИФТРИ и ОАО ВНИИМ им. А.А. Бочвара осуществлять функции центра по аккредитации поверочных и калибровочных лабораторий в области измерений ионизирующих излучений.

Метрологическая служба предприятия, научно-исследовательской, проектно-конструкторской, технологической организации и учреждения включает отдел (службу) Главного метролога и (или) другие структурные подразделения, которая создается для выполнения задач по ОЕИ и метрологическому обеспечению исследований, разработки, испытаний и эксплуатации продукции или иных областей деятельности, закрепленных за предпри-

---

<sup>46</sup> Одна и та же организация может быть головной по ряду направлений. Например, Центральный НИИ технологии машиностроения является одновременно головной метрологической организацией, головной материаловедческой и головной технологической организацией в отрасли [105].

ятием. В составе этих служб могут создаваться самостоятельные калибровочные лаборатории, которые осуществляют калибровку СИ для собственных нужд или для других организаций отрасли.

Метрологические службы предприятия проводят свою работу в тесном взаимодействии с основными структурными подразделениями предприятия.

К основным задачам этой службы относятся:

обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение уровня метрологического обеспечения производства;

внедрение в практику современных методов и СИ, направленное на повышение уровня научных исследований, эффективности производства, технического уровня и качества продукции, а также иных работ, выполняемых предприятием;

организация и проведение калибровки и ремонта СИ, находящихся в эксплуатации, своевременное представление СИ на поверку;

проведение метрологической аттестации методик выполнения измерений, а также участие в аттестации средств испытаний и контроля;

проведение метрологической экспертизы технических заданий, проектной, конструкторской и технологической документации, проектов стандартов и других НД;

проведение работ по метрологическому обеспечению подготовки производства;

участие в аттестации испытательных подразделений, в подготовке к аттестации производств и сертификации СК;

осуществление метрологического надзора за состоянием и применением СИ, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами, применяемыми для калибровки СИ, соблюдением НД по ОЕИ.

Предприятие осуществляет свою деятельность в соответствии с «Положением о метрологической службе предприятия», которое разрабатывается на основе Устава предприятия и в соответствии с требованиями «ГСИ. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц (ПР 50-732-93) [82]. Это Положение утверждается руководителем предприятия.

МС предприятия могут быть аккредитованы на право поверки и (или) калибровки СИ.

Метрологическое обеспечение АС в стране регулирует ГОСТ Р 8.565–96 «ГСИ. Метрологическое обеспечение эксплуатации

*атомных станций. Основные положения»,* разработанный на основе ряда стандартов атомной отрасли серии ГОСТ 25804 (1 - 8) [86]. В этом ГОСТ метрологическое обеспечение эксплуатации АС определяется как деятельность, направленная на установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения требуемых единства и точности измерений на АС.

В ГОСТ определяются организационные формы метрологического обеспечения, в целом соответствующие Положению [81].

Метрологическое обеспечение эксплуатации АС должно быть предусмотрено на этапах разработки оборудования, технических средств и процедур для АС; проектирования; строительства; ввода в эксплуатацию; эксплуатации и вывода из эксплуатации АС (п. 5.1 ГОСТ Р 8.565), т.е. на всех этапах жизненного цикла АС и для всех организаций, оказывающих услуги АС на этих этапах. Метрологическое обеспечение должно сопровождаться работами по метрологической экспертизе проектной, конструкторской и технологической документации, связанной с получением или использованием измерительной информации.

Как уже говорилось ранее, как и на любом другом предприятии, в структуре АС должно быть создано самостоятельное подразделение метрологии (отдел, цех, лаборатория) во главе с Главным метрологом АС, который должен осуществлять функции контроля и надзора за состоянием измерений на АС, независимо от руководителей других подразделений АС, подчиняясь непосредственно главному инженеру АС.

**Примечание.** На предприятиях атомной отрасли создаются различные автоматизированные системы, предназначенные для обработки метрологических данных в реальном масштабе времени. Например, на МСЗ успешно функционирует система СУДАК (система автоматизированного управления данными аналитического контроля). Она предназначена для оперативного контроля требований ОСТ 10289 по сходимости, воспроизводимости, погрешности измерений, контролю стабильности измерительного процесса с выдачей корректирующих рекомендаций. Система СУДАК состоит из двух подсистем: 1. «Химанализ, микроструктура, плотность и доспекаемость таблеток»; 2. «Механические испытания и металлография» [105].

Следует, однако, отметить, что в последние годы недостаточно внимания уделялось в отрасли обновлению нормативной базы и технических средств по ОЕИ. Об этом говорили ряд ведущих спе-

циалистов на 5-й отраслевой конференции «Метрологическое обеспечение измерений в ГК «Росатом» [105].

Для решения задач по приведению метрологического обеспечения отрасли в соответствие с современными требованиями по МСС [1, 3, 105, 109], а также в связи со вступлением России в ВТО<sup>47</sup>, в ГК «Росатом» разработана «Программа формирования нормативного обеспечения задач развития метрологического обеспечения отрасли». Параллельно была также разработана программа «Об особенностях деятельности в области использования атомной энергии». Программа содержит перечень документов, необходимых к разработке и/или пересмотру по следующим направлениям деятельности:

- стандартизация в области разработки НД по метрологии;
- система аккредитации ГК «Росатом»;
- метрологическая экспертиза документации;
- отраслевая система калибровки СИ;
- квалификационные требования к персоналу метрологических служб;
- методики измерений, испытаний и контроля;
- СО и эталоны;
- метрологический надзор;
- межлабораторные сравнительные испытания;
- системы измерений в учете и контроле ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов.

В данном перечне направления выстроены по приоритетам и выделены наиболее «больные» места, т.е. направления, где НД, отвечающие современным требованиям, отсутствуют.

**Примечание.** В настоящее время в соответствии с Федеральным законом [109] разрабатывается Постановление Правительства «Об особенностях обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии». На ГК «Росатом» фактически возлагается новая государственная функция: обеспечение единства измерений в области ИАЭ.

Приведем основные особенности ОЕИ при осуществлении деятельности в области ИАЭ, положенные в основу проекта Постановления<sup>48</sup>:

---

<sup>47</sup> Вступление России в ВТО создает новые условия для отрасли, когда технологические ниши отечественного рынка, традиционно заполняемые продукцией Росатома, подвергнутся экспансии иностранных фирм, способных предложить более дешевую и качественную продукцию.

<sup>48</sup> Эти особенности представлены в докладе главного метролога ГК «Росатом».

приоритет ЯРБ объектов ИАЭ и международных обязательств в области ЯРБ; неизвлекаемость ряда СИ, эталонов единиц величин, СО, а также их загрязненность;

дозовые нагрузки на персонал, занятый на объектах ИАЭ, в том числе и при ОЕИ;

применение специфических СИ, методик (методов) измерений, СО и эталонов единиц величин, присущих только объектам ИАЭ;

особый режим учета и обращения ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов;

особый режим охраны и антитеррористической защиты объектов ИАЭ, ограниченный доступ на объекты ИАЭ;

высокотехнологичность и наукоемкость деятельности по использованию атомной энергии;

необходимость международной признаваемости процедур, связанных с ОЕИ в области ИАЭ.

С целью обеспечения качества измерений и приведения измерительных лабораторий отрасли в соответствие с требованиями НД, в ГК «Росатом» разработан и внедрен в 2011 г. Регламент оценки состояния измерений в организациях ГК «Росатом», в котором учтены положения НД государственной и отраслевой систем ОЕИ по оценке состояния в лабораториях [110, 111]. Регламент устанавливает цели, порядок организации и проведения оценки состояния измерений в испытательных и измерительных (в том числе аналитических) подразделениях, лабораториях предприятий и организаций ГК «Росатом» и распространяется на подразделения, выполняющие измерения при:

контроле показателей качества сырья, полуфабрикатов, веществ, материалов и изделий в процессе производства, испытаний, выпуска, приемки, хранения, переработки и утилизации;

контроле параметров технологических процессов;

дореакторных, реакторных и послереакторных исследованиях материалов и изделий;

контроле объектов окружающей среды, охраны труда и промышленной санитарии;

контроле параметров ЯРБ;

контроле за соблюдением требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;

учете и контроле ядерных материалов, радиоактивных веществ и отходов.

Оценка состояния измерений проводится комиссией непосредственно в лаборатории. Содержание работ по оценке состояния из-

мерений и критерии проверки в лабораториях состояния измерений и условий, необходимых для выполнения измерений или подтверждения проведения измерений с требуемой точностью, определяется ОСТ В 95 2593-89 (для ЯОК) и ОСТ 95 10398-2000 (для ЯЭК). Результаты работы комиссии оформляются актом. При положительном заключении комиссии по оценке состояния измерений в лаборатории (подразделении) выдается соответствующее свидетельство, подписанное руководством и Главным метрологом ГК «Росатом».

#### **11.4. Международное сотрудничество в обеспечении единства измерений**

Глобальное проникновение экономики (глобализация) поставила перед всеми странами проблему признания результатов измерений и испытаний. Ранее эта проблема наиболее остро вставала в вопросах признания научных результатов измерений. В настоящее время промышленная продукция в виде полуфабрикатов и деталей, компьютерная продукция, медицинские препараты, продукция сельского хозяйства и т.д. поставляются во многие страны мира и должны соответствовать требованиям технической документации. В этом направлении МКМВ и МБМВ проводят большую работу по координации деятельности различных региональных метрологических организаций:

*Азиатско-тихоокеанская метрологическая программа (АПМ);*

*Евразийское сотрудничество национальных метрологических институтов (КООМЕТ);*

*Межамериканская метрологическая система (СИМ);*

*Южноафриканское сообщество развития сотрудничества в неопределенности измерений (САДКМЕТ).*

Решение международной проблемы ОЕИ связано с созданием сети измерительных и испытательных лабораторий (организаций), которые должны быть аккредитованы на условиях международного признания результатов их измерений. Существуют проблемы *в различии национальных систем организации единства измерений* в разных странах. Поэтому необходимо время и усилия стран и НМИ для их преодоления.

Понятно, что признание результатов измерений не является самоцелью, конечная цель состоит в том, чтобы получили международное признание сертификаты на продукцию, работы и услуги.

Казалось, самым простым решением было бы создание первичных эталонов, от которых размер единицы передается всем национальным эталонам. Однако из-за количества стран и национальных эталонов – это очень дорогой и технически трудно осуществимый путь достижения единства измерений в масштабах планеты. Поэтому в последнее время активно развивается международная система подтверждения *метрологической эквивалентности национальных эталонов, под которой понимается соответствие уровней точности воспроизводимых и (или) хранимых ими единиц.*

Началом создания этой системы можно считать подписание в 1999 г. директорами ведущих мировых НМИ документа *«Договоренность о взаимном признании национальных измерительных эталонов и сертификатов калибровки измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами»* (далее – Договоренность). Этот документ открыт для подписания представителями других стран при выполнении следующих условий:

установление степени метрологической эквивалентности национальных эталонов;

обеспечение взаимного признания сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых НМИ;

обеспечение надежной технической базы в области международной торговли, коммерческой деятельности и стандартизации, в частности договоренности о взаимном признании сертификатов калибровки, измерений и испытаний, выдаваемых аккредитованными лабораториями других стран;

функционирование системы качества в каждом НМИ и подтверждение компетентности НМИ;

успешное участие каждого НМИ в дополнительных сличениях.

Этот процесс заканчивается публикацией заявлений об измерительных возможностях каждого НМИ, которые вводятся в базу данных МБМВ и публикуются в Интернете на сайте МБМВ.

В основу этой системы были положены *ключевые сличения*, проводимые консультативными комитетами по видам измерений МКМВ и Региональными метрологическими организациями. К участию в ключевых сличениях МКМВ приглашаются лаборатории, обладающие наивысшей технической компетенцией и опытом в данном виде измерений. Общие требования к компетенции подоб-

ных лабораторий изложены в международном стандарте ИСО/МЭК 17025:2005 (русский аналог ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006) [83]. В настоящее время разработана и апробирована методика ключевых сличений. *Сущность ключевых сличений* состоит в измерении всеми участниками значения величины, хранимого эталоном сравнения или другой высокостабильной мерой, и сравнения результатов этих измерений. Результатом процедуры ключевых сличений является определение *опорного значения* сличений и его расширенной неопределенности.

Совместно выбранная мера из всех представленных для сличения мер должна обладать наименьшей неопределенностью и в соответствии с вышеприведенным определением может считаться *аналогом действительного значения величины*. Например, в измерениях массы, где по определению единицей является масса международного прототипа килограмма, *опорным значением* единицы является значение, приписанное этому прототипу. В других видах измерений такого прототипа нет, и поэтому в качестве *опорного значения* единицы принимают средневзвешенное арифметическое ряда ее значений, воспроизводимых наиболее точными национальными эталонами, которые хранятся в НМИ – участниками ключевого сличения МКМВ.

*Опорное значение* ключевого сличения МКМВ является исходным в системе сличений. Его принимают за репер при определении *опорных значений* ключевых сличений Региональными метрологическими организациями, которые, в свою очередь, выполняют функцию репера при проведении дополнительных сличений. В итоге складывается иерархическая цепочка сличений национальных эталонов, являющееся аналогом иерархической цепочки «первичный эталон – вторичный эталон – рабочий эталон». По существу в системе сличений национальных эталонов реализована идея централизованного ОЕИ в мире.

Таким образом: *опорное значение ключевого сличения МКМВ является исходным значением не только в системе сличений, но и вообще в мировой системе ОЕИ данного вида.*

*Опорное значение* ключевого сличения МКМВ имеет и другую важную функцию: оно служит для оценки степени эквивалентности национальных эталонов, поскольку (по определению) – это степень с которой значение эталона соответствует *опорному значению* ключевого сличения МКМВ. Если для какого-то национального эталона точность, заявленная НМИ, не подтверждается, то ока-



зывается не выполненным обязательное условие международного признания сертификатов калибровки и измерений, выданных НМИ, и сформулированное в Договоренности.

Это обстоятельство может привести к серьезным последствиям для НМИ и страны, которую он представляет, поскольку отказ в признании сертификатов калибровки и измерений в каком-то виде измерений, выданных данным НМИ, автоматически приводит к правовой несостоятельности сертификатов соответствия результатов всех измерений этого вида, проведенных в стране. Чтобы не допустить этого, часто оценку неопределенности данного эталона пересматривают в сторону увеличения, и информация об его измерительных возможностях публикуется МБМВ с этой увеличенной оценкой неопределенности [5].

В настоящее время система подтверждения измерительных возможностей НМИ посредством ключевых сличений национальных эталонов активно развивается. Сейчас в базе данных МБМВ зарегистрировано около 400 ключевых сличений МКМВ. Положительное влияние этих сличений на уровень ОЕИ отмечается всеми специалистами. Очевидно, что открытие Договоренности для подписания НМИ – крупнейший шаг в ОЕИ в мире, по значимости сравнимый с подписанием Метрической конвенции.

Межлабораторные сличительные испытания для оценки качества измерений на предприятиях ГК «Росатом» проводят на специально подобранных шифрованных образцах в нескольких лабораториях в соответствии с предварительно заданными условиями. Проведению Межлабораторных сличительных испытаний на предприятиях ГК «Росатом» уделяется большое внимание, поскольку это наиболее эффективный и единственный неформальный метод проверки технической компетентности аналитических лабораторий, а также возможность выявления проблем с их метрологическим обеспечением и своевременного осуществления корректирующих мероприятий в целях ОЕИ. Межлабораторные сличительные испытания применяются также для [89]:

определения способности лаборатории проводить специальные арбитражные испытания;

установления и сопоставимости новых методов (методик) испытания и их апробации в условиях разных лабораторий;

обеспечения (подтверждения) дополнительного доверия у заказчиков к лаборатории;

выявления различий между лабораториями;

использования полученных результатов измерений при установлении аттестованных значений СО;  
аттестации МВИ.

Международное бюро мер и весов (МБМВ), Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) и Организация по международному сотрудничеству по аккредитации лабораторий (ИЛАК) 2006 г. подписали совместную декларацию в области торговли, промышленности и законодательной деятельности о содействии НМИ во взаимном признании результатов измерений.

*Примечание.* ИЛАК (ILAC) – международное сообщество по аккредитации. Основной задачей ИЛАК является гармонизация работ по аккредитации калибровочных и испытательных лабораторий по всему миру (около 25 тыс. лабораторий). Постоянные и ассоциативные члены ИЛАК проводят оценку и аккредитацию технической компетентности этих лабораторий и других организаций на соответствие основным требованиям ИСО/МЭК 17025.

В ГК «Росатом» в 2010-2011 гг. проведены отраслевые Межлабораторные сличительные испытания урано- и плутоносодержащих ядерных материалов для оценки качества измерений в системе учета и контроля ядерных материалов.

В 2008-2009 гг. проведены сличения в области измерения активности радионуклидов. Метрологическое обеспечение сличений как комплекс организационных, методических и измерительных процедур, в первую очередь, основывался на прослеживаемости всех измерений, выполненных при подготовке к сличениям, к государственному эталону единицы активности и посредством его участия в ключевых сличениях к национальным эталонам Франции, Германии и США. Это позволило обеспечить достоверность приписанных опорных значений активности радионуклидов, гарантированно подтвердить техническую компетентность персонала предприятий отрасли не только внутри страны, а также обеспечить условия для усиления доверия к результатам деятельности лабораторий и служб отрасли со стороны зарубежных партнеров и международных экологических организаций.

## Глава 12. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### 12.1. Общие вопросы

Что же такое Государственное регулирование ОЕИ?

Государственное регулирование осуществляется с целью поддержания ОЕИ на необходимом уровне при проведении метрологических работ в сфере государственного ОЕИ. Этот уровень определяется требованиями, которые предъявляются к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, СО, СИ, применению СО, СИ, методик (методов) измерений и деятельности по ОЕИ. Эти требования сформулированы в ФЗ «Об обеспечении единства измерений», государственных стандартах, правилах по метрологии и других НД. Важной составляющей государственного регулирования ОЕИ является надзор за выполнением этих требований и применением соответствующих санкций при выявлении фактов недопустимых отклонений от требований НД (ТР).

Регулирование предполагает использование результатов надзора (контроля) для совершенствования нормативной метрологической базы, корректируя необходимость и достаточность существующих требований, гармонизируя их с международными требованиями. Таким образом, *регулирование – это процесс с обратной связью, учитывающий и отслеживающий все положительные тенденции метрологической практики ОЕИ.*

Сферы государственного регулирования ОЕИ определяются и распространяются на измерения, выполняемые при (ст. 1)<sup>49</sup>:

- 1) осуществлении деятельности в области здравоохранения;
- 2) осуществлении ветеринарной деятельности;
- 3) осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды;
- 4) осуществлении деятельности по обеспечению безопасности при чрезвычайных ситуациях;
- 5) выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда;
- 6) осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством РФ требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;
- 7) осуществлении торговли и товарообменных операций, выполнении работ по расфасовке товаров;

---

<sup>49</sup> В дальнейшем тексте ссылки даются на статьи Федерального закона «Об обеспечении измерений» [3].

- 8) выполнении государственных учетных операций;
- 9) оказании услуг почтовой связи и учете объема оказанных услуг электросвязи операторами связи;
- 10) осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства;
- 11) осуществлении геодезической и картографической деятельности;
- 12) осуществлении деятельности в области гидрометеорологии;
- 13) проведении банковских, налоговых и таможенных операций;
- 14) выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством РФ обязательным требованиям;
- 15) проведении официальных спортивных соревнований, обеспечении подготовки спортсменов высокого класса;
- 16) выполнении поручений суда, органов прокуратуры, государственных органов исполнительной власти;
- 17) осуществлении мероприятий государственного контроля (надзора);
- 18) осуществлении деятельности в *области использования атомной энергии*.

Сфера государственного регулирования ОЕИ распространяется также на единицы величин, эталоны единиц величин, СО и СИ, к которым установлены обязательные требования, а также распространяется на измерения, предусмотренные законодательством РФ о техническом регулировании.

Следует подчеркнуть, что первыми в списке сфер деятельности по государственному регулированию ОЕИ стоят работы, связанные с *безопасностью* жизнедеятельности человека и окружающей среды. Как уже отмечалось ранее, все законы и НД последнего времени имеют устойчивую и преобладающую составляющую, направленную на обеспечение интересов человека, его здоровья и его безопасности. Отметим также, что вопросы регулирования ОЕИ в области ИАЭ выделены в законе в отдельную строку (п. 18), и это означает, им уделено особое внимание. Это не случайно, поскольку качество изделий атомной отрасли является определяющим в обеспечении безопасности. В свою очередь, качество в значительной степени является гарантом метрологической надежности и это особенно актуально в условиях глобализации, когда использование изделий, изготавливаемых в разных странах и на разных предприятиях, стало нормой производственного процесса в любой стране.

Государственное регулирование по ОЕИ осуществляется в следующих формах (ст. 11):

- 1) утверждение типа СО или типа СИ;
- 2) поверка СИ;
- 3) метрологическая экспертиза;
- 4) федеральный государственный метрологический надзор;
- 5) аттестация методик (методов) измерений;
- 6) аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области ОЕИ.

**Примечание.** Измерительные системы (ИС) в системе НД России рассматриваются как разновидность СИ. Однако методы решения ряда вопросов государственного регулирования в области ОЕИ имеют некоторые (иногда существенные) особенности (в основном на АЭС), связанные с:

- распределенностью в пространстве узлов и блоков ИС;
- удаленностью датчиков от блоков обработки и управления;
- многоканальностью;
- необходимостью наращивания ИС дополнительными каналами в процессе эксплуатации ИС;
- неизвлекаемостью датчиков системы с позиций эксплуатации;
- комплектацией (сборкой) ИС на месте эксплуатации;
- использование комплектующих блоков, выпускаемых различными изготовителями;
- привязкой ИС к конструкции конкретного объекта;
- обилием вычислительной техники и др.

Следует отметить, что предприятия атомной отрасли насыщены различного рода ИС. Это, прежде всего, относится к АЭС — это системы управления работой атомного реактора, системы контроля за ядерной и радиационной обстановками в различных зонах АЭС, системы контроля доступа к ядерным материалам, системы физической защиты, различные пассивные системы обслуживания работой АЭС и др. Вопросы государственного регулирования ИС: утверждение типа, поверка и калибровка, метрологическая экспертиза, метрологическая аттестация программного обеспечения, а также расчет метрологических характеристик измерительных каналов ИС решается с помощью НД [70, 118, 119], а также НД отрасли и предприятий. Анализ показывает, что в области государственного регулирования в области ОЕИ, связанных с ИС, имеется много проблем нормативно-технического характера, которые требуют безотлагательного решения [105].

## **12.2. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений**

*Тип средств измерений* – совокупность СИ, предназначенных для измерений одних и тех же величин, выраженных в одних и тех

же единицах величин, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации.

*Тип стандартных образцов* – совокупность СО одного и того же назначения, изготавливаемых из одного и того же вещества (материала) по одной и той же технической документации.

*Утверждение типа СО или типа СИ* (далее по тексту: утверждение типа СО/СИ) – документально оформленное в установленном порядке решение о признании соответствия типа СО/СИ метрологическим и техническим требованиям (характеристикам) на основании результатов испытаний СО/СИ в целях утверждения типа.

Тип СО/СИ, применяемых в сфере государственного регулирования ОЕИ, подлежит обязательному утверждению. При утверждении типа СИ устанавливаются показатели точности, интервал между поверками СИ, а также методика поверки данного типа СИ. Утверждение типа СИ производится для вновь выпускаемых марок или СИ, ввозимых по импорту, а также для вновь разработанных и вводимых в эксплуатацию СО.

Решение об утверждении типа СО/СИ принимается на основании положительных результатов испытаний СО/СИ. Эти испытания (в целях утверждения типа) проводятся государственными метрологическими научными (региональными) центрами или другими юридическими лицами, аккредитованными для проведения работ в области ОЕИ. Решением органов Росстандарта в качестве таких юридических лиц могут быть определены специализированные организации, не входящие в систему Росстандарта (СИ или СО медицинского назначения, атомной техники, нефтехимической и газовой отраслей и др.).

Утверждение типа СО/СИ удостоверяется **свидетельством об утверждении типа СО/СИ**, выдаваемым Росстандартом. В течение срока действия свидетельства об утверждении типа СИ интервал между поверками СИ может быть изменен только по согласованию с Росстандартом.

На каждый экземпляр СИ утвержденного типа, на сопроводительные документы к СИ и на сопроводительные документы к СО утвержденного типа наносится **знак утверждения** их типа. Конструкция СИ должна обеспечивать возможность нанесения этого знака в месте, доступном для просмотра. Если особенности конст-

рукции СИ не позволяют нанести этот знак непосредственно на СИ, он наносится только на сопроводительные документы.

**Примечание.** Приказом Минпромторга России от 30 ноября 2009 г. № 1081 определены: порядок проведения испытаний и утверждения типа СО/СИ; порядок выдачи свидетельств об утверждении типа СО/СИ и установления изменения срока действия указанных свидетельств и интервала между поверками СИ; требования к знакам утверждения типа СО/СИ и порядок их нанесения.

Этим же приказом установлено, что срок действия свидетельств об утверждении типа СО составляет пять лет. Для свидетельств об утверждении типа СО единичного производства срок действия свидетельства определяется сроком годности экземпляра СО.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие разработку, выпуск из производства, ввоз на территорию РФ, продажу и использование на территории РФ СО/СИ, *не предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ*, могут в добровольном порядке представлять их на утверждение типа. Это позволяет реализовать предпринимателям дополнительное рекламное оповещение возможных потребителей своей продукции и повысить конкурентоспособность их продукции.

Сведения об утвержденных типах СО/СИ вносятся в *Федеральный информационный фонд по ОЕИ*. Информационное обслуживание заинтересованных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей данными об утвержденных типах СИ осуществляется ВНИИ метрологической службы Росстандарта, а в отношении СО – Уральским НИИ метрологии. Информация об утвержденных типах СО/СИ, а также об отмене решений об утверждении публикуется в журнале *«Измерительная техника»*.

**Примечание.** Наиболее сложным является, на наш взгляд, создание СО веществ (материалов) высокой чистоты или определенного химического состава, а также подтверждение их характеристик. Особенно это относится к урансодержащим материалам, которые характеризуются комплексностью, т.е. присутствием ряда других ценных компонентов, в том числе драгоценных и цветных металлов.

В ГК «Росатом» успешно функционирует система аналитического контроля Испытательного аналитико-сертификационного центра (ИАСЦ) Гиредмета. Этот центр аккредитован в межгосударственной системе ИЛАК. Кроме того, в атомной

отрасли имеются три Центра коллективного пользования<sup>50</sup> (ЦКП): ВНИИНМ, НИИАР и Гиредмет.

Одним из основных аспектов метрологического обеспечения является установление прослеживаемости и контроля правильности измерений. Для этого необходимы реперы – опорные величины высокочистых веществ. В Гиредмете паспортизованы и аттестованы комплекты СО 40 высокочистых веществ, а на их основе изготовлено и аттестовано 40 наноматериалов в соответствии с [120, 121], в том числе: арсенида галлия, оксида алюминия, кадмия, кремния, оксида кремния, меди, неодима, теллура и др. Указанные образцы скомбинированы в виде специальных наборов, с помощью которых можно проводить поверку, калибровку, контроль правильности аналитических измерений и обеспечить их метрологическую прослеживаемость к чистому простому веществу как к прообразу «индивидуального» моля [105].

Вопросы утверждения типа СИ изложены в документах: «Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений» (ПР 50.2.009 – 94 ГСИ); «Порядок разработки и содержание программ испытаний средств измерений для целей утверждения типа» (МИ 2146-98 ГСИ); «Требования к государственным центрам испытаний и порядок их аккредитации» (ПР 50.2.010-94 ГСИ); «Порядок ведения Государственного реестра средств измерений» (ПР 50.2.011- 94 ГСИ).

### 12.3. Поверка средств измерений

*Поверка средств измерений* – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия СИ метрологическим требованиям. Поверка – это *установление пригодности СИ* к применению на основании экспериментальных исследований его погрешностей.

СИ, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации – периодической поверке.

---

<sup>50</sup> Для решения задач анализа широкой номенклатуры веществ и материалов при содержании компонентов от  $10^{-7}$  до 100 % необходимы специализированные лаборатории, располагающие современными методами (методиками) и уникальными СИ, метрологическим обеспечением, высококвалифицированными кадрами и эффективной системой качества. Такие лаборатории используются как ЦКП.



*Примечание.* Определение межповерочных интервалов — довольно сложная оптимизационная задача, которая решается в рамках одного из направлений теоретической метрологии, получившей название «теория метрологической надежности средств измерений». Оптимизации подлежат затраты на поверочные работы и уровень брака, непосредственно связанный с точностью СИ. Область оптимизации примерно соответствует межповерочному интервалу, равному **одному году**. Более подробно с вопросами метрологической надежности СИ можно ознакомиться в работах [2, 5, 68, 102, 104].

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, принимающие СИ в сфере государственного регулирования ОЕИ, обязаны своевременно представлять СИ на поверку, которую могут осуществлять аккредитованные в установленном порядке в области ОЕИ юридические лица и индивидуальные предприниматели. В отличие от процедуры утверждения типа СИ, в которой может участвовать один – типовой представитель данного типа (вида) СИ, *поверке подлежит каждый экземпляр СИ.*

Правительством РФ устанавливается *перечень СИ*, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном порядке в области ОЕИ государственными региональными центрами метрологии. *Согласно законодательству РФ к работе или испытаниям могут быть допущены только поверенные СИ.* Для правильной организации поверочных работ в соответствующих отраслях промышленности составляются методики и (или) правила организации и проведения поверок. Поверка может осуществляться силами самого предприятия, если оно достаточно крупное, либо привлекая специализированные организации.

К поверяемым СИ предъявляется ряд требований и прежде всего: недопустимость применения для измерения СИ, подлежащих государственному регулированию, неуполномоченных СИ или СИ с просроченным сроком очередной поверки;

проведение поверки исключительно органами государственного регулирования или организациями, уполномоченными этими органами;

строгое соблюдение требований методики поверки, утвержденной на государственном уровне, и в рамках установленных межповерочных интервалов.

Результаты поверки СИ должны удостоверяться *знаком поверки и (или) свидетельством о поверке.* Конструкция СИ должна обес-

печивать возможность нанесения знака поверки в месте, доступном для просмотра. Если особенности конструкции или условия эксплуатации СИ не позволяют нанести знак поверки непосредственно на СИ, он наносится на свидетельство о поверке.

Свидетельства о поверке (знаки о поверке) должны содержать информацию, достаточную, чтобы восстановить орган, производивший поверку, даты поверки, срок следующей поверки, знак, идентифицирующий поверителя.

Поверка может быть первичной, периодической, внеочередной и инспекционной.

*Первичной* поверке подвергаются СИ при утверждении их типа, а также при ввозе по импорту.

*Периодической* поверке подлежат СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении. Эта поверка производится в соответствии с графиком межповерочных интервалов для данного типа СИ на данном предприятии.

*Внеочередная* поверка производится, как правило, в случае отклонений от нормальной эксплуатации СИ, связанных с повреждением знака поверки или утери свидетельства о поверке, при длительном (больше поверочного интервала) хранении СИ, при непредвиденном нарушении режима хранения или эксплуатации и др.

*Инспекционная* проверка проводится в случае отклонений в работе СИ и выявления возможных отклонений в качестве продукции, связанных с эксплуатацией данного СИ.

Сведения о результатах поверки СИ, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, передаются в Федеральный информационный фонд по ОЕИ, проводящими поверку СИ юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями. СИ, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, могут подвергаться поверке в добровольном порядке.

Для облегчения метрологических работ с контрольно-измерительными приборами, устройствами и информационно-измерительными системами на предприятиях ГК «Росатом» используются *рабочие места* для поверки, калибровки и ремонта СИ в автоматическом и полуавтоматическом режиме с протоколированием и сохранением всех результатов измерений. Единая база данных СИ предприятия, которая хранит результаты всех испытаний,

позволяет в любой момент восстановить историю поверки (калибровки) любого прибора и на основании протоколов понять, как с течением времени изменялись метрологические характеристики прибора. В соответствии со своим назначением, рабочие места метрологической службы могут использоваться для поверки, калибровки и ремонта СИ давления, электрических величин, температуры, СИ характеристик полей ионизирующего излучения и др.

Вопросы поверки СИ изложены в документах: «Порядок проведения поверки средств измерений» (ПР 50.2006–94 ГСИ); «Типовое положение о контрольно-поверочном пункте территориального органа Росстандарта» (МИ 1837–93 ГСИ); «Документация поверочных лабораторий» (МИ 2284–94 ГСИ); «Поверительные клейма» (ПР 50.2.007–94 ГСИ); «Порядок аттестации поверителей средств измерений» (ПР 50.2.012–94 ГСИ); «Области использования средств измерений, подлежащих поверке» (МИ 2773–93 ГСИ); «Типовые нормы времени на поверку средств измерений» (МИ 2322–99 ГСИ).

#### 12.4. Метрологическая экспертиза

*Метрологическая экспертиза* – анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе. Метрологическая экспертиза проводится в обязательном (обязательная метрологическая экспертиза) или добровольном порядке.

В соответствии с ФЗ *обязательной* метрологической экспертизе подлежат требования к измерениям, СО и СИ, содержащиеся в *проектах нормативных правовых актов* РФ. Эта экспертиза проводится государственными НМИ.

*Обязательная метрологическая экспертиза* стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов проводится также в порядке и случаях, предусмотренных законодательством РФ. Указанную экспертизу проводят *аккредитованные* в установленном порядке в области ОЕИ юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Порядок проведения обязательной метрологической экспертизы, требований к измерениям, СО и СИ, содержащихся в проектах нормативных правовых актов РФ, устанавливается Росстандартом.

В *добровольном* порядке *может* проводиться метрологическая экспертиза продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов, в отношении которых законодательством РФ не предусмотрена обязательная метрологическая экспертиза.

Таким образом, различают метрологическую экспертизу документации (в основном требования, которые закладываются в проекты НД, находящейся в стадии разработки) и различных действующих объектов и продукции.

Метрологическая экспертиза может проводиться как отдельными экспертами, так и рядом экспертов, являющихся представителями разных организаций и ведомств. Заключение экспертизы является основанием для принятия документации к утверждению или для дальнейшей работы над улучшением ее содержания.

## **12.5. Федеральный государственный метрологический надзор**

*Федеральный государственный метрологический надзор* – контрольная деятельность в сфере государственного регулирования ОЕИ, осуществляемая уполномоченными федеральными органами исполнительной власти и заключающаяся в систематической проверке соблюдения установленных законодательством РФ обязательных требований, а также в применении установленных законодательством РФ мер за нарушения, выявленные во время надзорных действий.

Федеральный государственный метрологический надзор осуществляется за:

соблюдением обязательных требований в сфере государственного регулирования ОЕИ к измерениям, единицам величин, а также к эталонам единиц величин, СО, СИ при их выпуске из производства, ввозе на территорию РФ, продаже и применении на территории РФ;

наличием и соблюдением аттестованных методик (методов) измерений.

Федеральный государственный метрологический надзор распространяется на деятельность юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих:

измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования ОЕИ;

выпуск из производства предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ эталонов единиц величин, СО и СИ, а также их ввоз на территорию РФ, продажу и применение на территории РФ;

расфасовку товаров.

*Примечание.* Обязательные требования к отклонениям количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения при их расфасовке устанавливаются ТР. Требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида регламентируется ГОСТ 8.579-2002 «ГСИ. Требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида при их производстве, расфасовке, продаже и импорте».

Фасованные товары в упаковках как объект надзора – это товары, которые упаковывают и опечатывают в отсутствие покупателя. При этом содержимое упаковки не может быть изменено без вскрытия или деформации упаковки, а масса, объем, длина или иные величины, указывающие на номинальное количество потребительского товара, обозначены на упаковке. Существует понятие *фальшивой упаковки* (ГОСТ 8.579-2002) – упаковки, дающей своим внешним видом ложное представление о количестве содержимого, которая более чем на 30 % не заполнена товаром (за исключением подарочных и сувенирных товаров).

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие выпуск из производства эталонов единиц величин, СО и СИ, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, а также их *ввоз на территорию РФ* и продажу, *обязаны уведомлять* о данной деятельности федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по государственному метрологическому надзору.

Порядок осуществления федерального государственного метрологического надзора, взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный метрологический надзор, а также распределение полномочий между ними устанавливается Правительством РФ в пределах их компетенции. При распределении полномочий между федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный метрологический надзор, не допускается одновременное возложение полномочий по проверке соблюдения одних и тех же требований у одного субъекта проверки *на два и более федеральных органа ис-*

*полнительной власти* (требование по исключению дублирования полномочий федеральных органов).

Проверки в рамках метрологического надзора проводят, как правило, должностные лица Росстандарта – государственные инспекторы по ОЕИ РФ (ст. 17).

Государственные инспекторы при предъявлении служебного удостоверения и распоряжения федерального органа исполнительной власти о проведении проверки вправе беспрепятственно посещать объекты (территории и помещения) юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в целях осуществления государственного метрологического надзора во время исполнения служебных обязанностей и получать документы и сведения, необходимые для проведения проверки.

Инспекторы обязаны соблюдать государственную, коммерческую, служебную и иную охраняемую законом тайну.

При выявлении нарушений должностное лицо (государственный инспектор), осуществляющее государственный метрологический надзор, обязано:

запрещать выпуск из производства, ввоз на территорию РФ и продажу предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ СО и СИ, неутвержденных типов или предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, не соответствующих обязательным требованиям. Исключение составляют СО или СИ, предназначенные для проведения испытаний СО/СИ в целях утверждения типа;

запрещать применение СО и СИ неутвержденных типов или не соответствующих обязательным требованиям, а также непроверенных СИ при выполнении измерений, относящихся к сфере государственного регулирования ОЕИ;

наносить на СИ **знак непригодности** в случаях, когда СИ не соответствует обязательным требованиям<sup>51</sup>;

---

<sup>51</sup> Форма знака непригодности СИ и порядок его нанесения устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области ОЕИ.

выдавать обязательные к исполнению предписания и устанавливать сроки устранения нарушений установленных законодательством РФ обязательных требований;

*Примечание.* Предписание – документ, выдаваемый государственным инспектором руководителю предприятия, в котором изложены нарушения требований НД (например, отсутствие отметки об очередной поверке СИ, несоответствие метрологических характеристик СИ требованиям ТР и др.) и установлены сроки устранения этих нарушений. Предписание должно быть завизировано руководителем (главным инженером) предприятия. Это означает, что требования предписания понятны и приняты к исполнению. Если нарушения не позволяют дальнейшую эксплуатацию СИ и нарушают права потребителя, то эксплуатация СИ может быть приостановлена до полного устранения нарушений. Предписанием может быть также наложен штраф на деятельность предприятия в размере, определяемом законодательством РФ.

направлять материалы о нарушениях требований законодательства РФ об ОЕИ в судебные и следственные органы, а также в федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий аккредитацию в области ОЕИ;

применять иные меры в соответствии с законодательством РФ.

Проверки в рамках федерального государственного метрологического надзора могут быть плановыми (периодическими), внеплановыми (внеочередными) и повторными.

*Плановые проверки* проводятся не реже *одного раза в три года* в соответствии с графиком федеральной государственной метрологической службы.

*Внеплановые проверки* проводятся при нарушении правил торговых операций, при инициативе потребителей торговли, браке на производстве и других случаях.

*Повторные проверки*, как правило, связаны с проверкой выполнения предписаний по устранению нарушений, выявленных инспекторами государственного надзора ОЕИ.

Результаты каждой проверки оформляются актом, подписанным всеми участниками проверки, и визируются руководством предприятия (организации). Это фиксирует факт подтверждения об ознакомлении с актом и принятии к его исполнению. Иногда акт имеет форму акта-предписания.

Метрологический надзор осуществляется на основании положений документа «Порядок осуществления государственного метро-

логического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованных методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм» (ПР 50.2.002–94 ГСИ).

## 12.6. Аттестация методик (методов) измерений

*Аттестация методик (методов) измерений* – исследование и подтверждение соответствия методик (методов) измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.

*Метрологические требования* – требования к влияющим на результат и показатели точности измерений характеристикам (параметрам) измерений, эталонов единиц величин, СО, СИ, а также к условиям, при которых эти характеристики (параметры) должны быть обеспечены. В ФЗ выделяются *обязательные метрологические требования* – метрологические требования, установленные *нормативными* правовыми актами РФ и обязательные для соблюдения на территории РФ.

*Методика (метод) измерений* – совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности.

Ранее в практике отечественной метрологии понятия *методика выполнения измерений* и *метод измерения* рассматривались отдельно [4]. *Методика выполнения измерений* (МВИ) – установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым *методом измерений*. МВИ подразумевает подробное описание процесса проведения измерений (технология измерений) с целью получения требуемой точности, и определяющее значение имеет, например, для однократных измерений. *Метод измерений* – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей в соответствии с реализованным *принципом измерения*. Поскольку целью методики измерений и метода измерений является обеспечение результата измерений с требуемой точностью, то в настоящее время их юридический статус в ФЗ совмещен.

Следует различать порядок подтверждения методик (методов) измерений для прямых и других видов измерений.



Методики (методы) измерений, предназначенные для выполнения прямых измерений вносятся в эксплуатационную документацию на СИ. Подтверждение соответствия их обязательным метрологическим требованиям к измерениям осуществляется в процессе утверждения типа данных СИ. В остальных случаях *подтверждение соответствия* методик (методов) измерений обязательным метрологическим требованиям к измерениям осуществляется путем их аттестации. Сведения об аттестованных методиках (методах) измерений передается в Федеральный информационный фонд по ОЕИ.

Аттестацию методик (методов) измерений, относящихся к сфере государственного регулирования ОЕИ, проводят аккредитованные в области ОЕИ юридические лица и индивидуальные предприниматели. Порядок аттестации методик (методов) измерений и их применение устанавливаются органами государственной власти.

Общие требования к разработке, оформлению, аттестации, стандартизации МВИ и их метрологическому обеспечению регламентируют ГОСТ Р 8.563-2009 «ГСИ. Методики выполнения измерений» и методические указания МИ 2377-98 «ГСИ. Разработка и аттестация методик выполнения измерений», а также [112-115].

МВИ, используемые в сфере государственного регулирования ОЕИ, подлежат обязательной аттестации.

Например, в головной метрологической организации ГК «Росатом» (ВНИИНМ) разработаны и аттестованы ряд методик измерений, основанных на цифровой обработке изображений МВИ:

- параметров пористости таблеток;
- параметров размера зерна в топливных таблетках;
- фазового состава топливных таблеток U-Gd топлива;
- сварных соединений в твэлах;
- параметров пористости прутков из сплавов циркония<sup>52</sup> и др.

Наиболее сложными являются работы по аттестации методик количественного химического анализа. Например, аналитическая служба Гиредмета охватывает широкий спектр деятельности, позволяющий определять элементы Периодической системы от лития

---

<sup>52</sup> Из сплава циркония изготавливаются оболочки твэл — трубы длиной до 4 м, толщиной стенки около 0,65 мм и диаметром, соответствующим загружаемому в оболочку таблеткам.

до урана при их содержании от 100 до  $10^{-8}$  % масс. Для этого используется масс-спектрометрия, атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная спектрометрия, рентгенофлуоресцентный анализ и др. При разработке методик количественного химического анализа разрабатываются СО неорганических наноматериалов на основе высококочистых материалов.

Разработка методик количественного химического анализа имеет большое значение при учете и контроле содержания ядерных материалов на различных стадиях обращения с изделиями, содержащими эти материалы (плутоний, уран, нептуний, америций, торий, калифорний, тритий) [90 - 92].

### 12.7. Калибровка средств измерений

*Калибровка средств измерений* – совокупность операций, выполняемых в целях определения *действительных значений* метрологических характеристик СИ.

СИ, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, могут подвергаться калибровке в добровольном порядке. Калибровка СИ выполняется с использованием эталонов единиц величин, прослеживаемых к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, выполняющие калибровку СИ в *добровольном порядке*, могут быть аккредитованы в области ОЕИ. При этом результаты калибровки СИ могут быть использованы при поверке СИ.

В процессе калибровки оценивают и приписывают: мерам – *новые значения*, СИ – *новые калибровочные характеристики*. Калибровочная характеристика фактически является градуировочной характеристикой, поскольку представляет собой зависимость показаний СИ на выходе от измеряемой величины на входе СИ. При калибровке, как правило, устраняются все систематические погрешности. *Калибровочная процедура не ставит своей целью оценки соответствия СИ установленным техническим требованиям, поэтому оно не может быть забраковано*. При калибровке должны

быть восстановлены метрологические свойства СИ, возможно и с другим применением (по желанию заказчика), чем ранее.

Сравним процедуры калибровки и поверки. Калибровке подлежат СИ, не подлежащие поверке. В отличие от поверки калибровка не является обязательной, и она может выполняться только по желанию организации, применяющей СИ. Калибровка осуществляется, прежде всего, для изделий, поставляемых на зарубежные рынки, поскольку зарубежные покупатели предпочитают получать продукцию, проверенную аккредитованными метрологическими организациями.

Калибровка обеспечивает более высокую точность измерений, чем обычная поверка, поскольку при ней *происходит восстановление точности СИ*. При поверке этого не предусматривается. Если СИ признается годным, то после поверки его отправляют в эксплуатацию со всеми присущими ему погрешностями, которые были у СИ до поверки. Однако такой алгоритм поверки не всегда имеет место, особенно на предприятиях, где от высокой точности СИ зависит качество и объем выпускаемой продукции. Например, при операциях отбраковки продукции ошибки первого и второго рода напрямую зависят от точности используемых для этой цели СИ. Поэтому на ряде производств (предприятий) на этапе поверки проводится восстановление начальной точности СИ, т.е. используется методика калибровки.

В РФ в настоящее время сформировалась Российская система калибровки (РСК), которая действует в соответствии с Положением о Российской системе калибровки. В 2007 г. через процедуру калибровки прошло более 100 млн СИ.

Вопросы калибровки СИ изложены в документах: «Положение о Российской системе калибровки» (ПР 50.2.017–95 ГСИ); «Требования к выполнению калибровочных работ» (ПР 50.2.016–96 ГСИ); «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ» (ПР 50.2.018–95 РСК); «Типовое положение о калибровочной лаборатории» (ПР РСК 001–95 ГСИ); «Калибровочные клейма» (ПР РСК 002–95 РСК).

## 12.8. Аккредитация в области обеспечения единства измерений

*Аккредитация в области обеспечения единства измерений* осуществляется в целях официального признания компетентности юридического лица или индивидуального предпринимателя выполнять *работы и (или) оказывать услуги* по ОЕИ в соответствии с ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

**Примечание.** Необходимо различать аккредитацию и лицензирование. *Лицензирование* – это получение разрешения на право осуществления определенных видов деятельности юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем в соответствии с требованиями ТР и (или) НД, распространяющимися на лицензируемые виды деятельности. В частности – это может быть деятельность по оказанию услуг и проведению работ в области ОЕИ. При этом организация должна быть аккредитована в системе аккредитации ОЕИ и иметь соответствующие документы, подтверждающие право заниматься, например, проверкой СИ или утверждением типа СИ и СО и другими работами в области ОЕИ.

К работам и (или) услугам по аккредитации относятся:

- 1) аттестация методик (методов) измерений, относящихся к сфере государственного регулирования ОЕИ;
- 2) испытания СО или СИ в целях утверждения типа;
- 3) поверка СИ;
- 4) обязательная метрологическая экспертиза стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов, проводимая в случаях, предусмотренных законодательством РФ.

Аккредитация в области ОЕИ осуществляется на основе принципов:

- 1) добровольности;
- 2) компетентности и независимости экспертов по аккредитации;
- 3) недопустимости совмещения полномочий по аккредитации с выполнением работ и (или) оказанием услуг, указанных выше;
- 4) применения единых правил аккредитации, их открытости и доступности;
- 5) обеспечения равных условий лицам, претендующим на получение аккредитации;

б) недопустимости незаконного ограничения прав аккредитуемых юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области ОЕИ для всех потребителей (заказчиков) и на всей территории РФ.

Отметим, что *аккредитация* – это *признание* юридического лица (предприятия) или индивидуального предпринимателя осуществлять деятельность по аккредитации в области ОЕИ. *Положение о системе аккредитации*, утверждаемое Правительством РФ, определяет:

федеральный орган исполнительной власти, который осуществляет аккредитацию в области ОЕИ;

структуру системы аккредитации;

порядок аккредитации;

порядок определения критериев аккредитации;

порядок аттестации экспертов, привлекаемых на договорной основе федеральным органом исполнительной власти;

оплаты работ указанных экспертов.

В системе аккредитации аналитических лабораторий (СААЛ) аккредитовано более 30 лабораторий ГК «Росатом», в том числе: 21 лаборатория контроля готовой продукции и 12 – производственно-го экологического и санитарного контроля [106].

*Примечание.* В РФ зарегистрировано несколько систем аккредитации: Российская система аккредитации (РОСА), Система аккредитации аналитических лабораторий (центров) (СААЛ), Система аккредитации лабораторий, осуществляющих санитарно-эпидемиологические испытания, исследования, Единая система оценки соответствия, Система аккредитации органов по оценке риска, Система аккредитации государственных учреждений – таможенные лаборатории, Система аккредитации лабораторий радиационного контроля и др. (<http://www.academs.ru/articles/index.php>).

В РФ работы по созданию национальной Российской системы аккредитации (РОСА) начались в 1995 г.<sup>53</sup> С этой целью был сформирован межведомственный совет из специалистов министерств и

---

<sup>53</sup> С 1992 г. в России аккредитация испытательных лабораторий и органов сертификации проводилась в Системе сертификации ГОСТ Р. Это противоречило международной практике, где, как правило, деятельность по сертификации и аккредитации не совмещалась в рамках одной организации. Это создавало ряд трудностей при экспорте продукции.

ведомств, разработаны стандарты серии ГОСТ Р 51000, гармонизированные с Руководствами ИСО/МЭК в области аккредитации и с европейскими нормами серии EN 45000.

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). Росстандарт в пределах своей компетентности выполняет функции органа по аккредитации, а также разрабатывает общие процедуры по аккредитации, общие требования к объектам аккредитации, экспертам и документам и взаимодействует с международными организациями по аккредитации.

В настоящее время работы по поведению аккредитации в России все еще не отрегулированы надлежащим образом. В соответствии с действующим законодательством [122 – 127] работы по аккредитации проводят различные федеральные органы исполнительной власти. При этом имеет место ведомственная разобщенность, пересечение областей деятельности и применение различных процедур и критериев при проведении работ по аккредитации, совмещение работ по аккредитации и сертификации, отход от рекомендаций международных документов и др.

Более подробно с национальной системой аккредитации, с вопросами аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий, видами (типами) сертификационных испытаний при аккредитации, условиями и порядком их проведения, можно ознакомиться в работе [2].

## Список литературы

1. Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184 «О техническом регулировании» (с изменениями и дополнениями).
2. Сергеев А.Г., Терегера В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Изд-во «Юрайт», 2011.
3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ от 26 июля 2008 г.
4. РМГ 29-99 Метрология. Основные термины и определения. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск: Изд-во стандартов, 2000.
5. Фридман А.Э. Основы метрологии. Современный курс. СПб.: НПО «Профессионал», 2008.
6. РМГ 43-2001. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений», рекомендации по межгосударственной стандартизации, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск: Изд-во стандартов, 2002.
7. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь.
8. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 Системы менеджмента качества. Требования. Дата введения 2009-11-13. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартиформ, 2009 г. (Вместо ГОСТ Р ИСО 9001-2001.)
9. ГОСТ Р ИСО 9004-2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности.
10. ГОСТ Р ИСО 14001-2007. Системы экологического менеджмента. Требования и руководства по применению. Дата введения 2007-10-01. (Вместо ГОСТ Р ИСО 14001-98.)
11. Р.50.601.47 – 2004. Рекомендации по структуре, содержанию и изложению требований технических регламентов.
12. ГОСТ Р 1.0 – 2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения.
13. ГОСТ 1.1-2002. Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения.
14. ГОСТ Р 1.2-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждение, обновление и отмены.

15. ГОСТ Р 1.4-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.
16. ГОСТ Р 1.5-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
17. ГОСТ Р 1.8-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты межгосударственные. Правила проведения в Российской Федерации работ по разработке, применению, обновлению и прекращению применения.
18. ГОСТ Р 1.9.-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Знак соответствия национальным стандартам Российской Федерации. Изображение. Порядок применения.
19. ГОСТ Р 1.12-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.
20. ГОСТ Р ИСО 5725 (части 1-6). Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. 2002.
21. Сорокин Е.П. Стандарты организаций. Стандарты и качество, 2005, №7, с. 18-23.
22. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. М.: ИПК издательство стандартов, 2004.
23. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация. М.: Изд-во "Юрайт", 2009.
24. НП-011-99. Требования к программе обеспечения качества для атомных станций.
25. НП-041-02. Требования к программе обеспечения качества для объектов ядерного топливного цикла.
26. РБ-003-98. Требования к программе обеспечения качества при обращении с радиоактивными отходами. М., 1998.
27. Тимонин А.С. Разработка продукции для атомной энергетики. М.: МИФИ, 2008.
28. Водоводяные реакторы и их топливный цикл за рубежом. Вып.10. Приборы неразрушающего контроля при производстве ядерного топлива и твэлов: Обзорная информация. АИНФ 590 // Авторы: Н.С. Пронкин, Т.С. Александрина, Г.А. Некрасова и др. М.: ЦНИИАтоминформ, 1983.



29. РБ-023-02. Требования по установлению критериев приемлемости кондиционированных радиоактивных отходов для их хранения и захоронения. М., 2002.

30. Бас В.Н., Лосев С.Ю., Такташов В.А. Концептуальные основы контрольно-надзорной деятельности. Стандарты и качество, 2004, № 6.

31. Перечень нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, П-01-01-2009. Раздел II. Государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии. Ядерная и радиационная безопасность, Приложение к приказу ФЭСЭТАН № 178 от 17 марта 2010 (по состоянию на 11 января 2010 г).

32. Основы стандартизации. Учебник для техникумов // Коллектив авторов; Под ред. В.В. Ткаченко. М.: Издательство стандартов, 1986.

33. Берновский Ю.Н. Стандарт организации – нестандартный стандарт. Стандарты и качество. 2007, № 5, с. 32-35.

34. Пронкин Н.С. Основы метрологии динамических измерений. Учебное пособие. М.: Логос, 2002.

35. Берновский Ю.Н. Технические условия в условиях технического регулирования. Стандарты и качество, 2003, № 1, с. 44-46.

36. ГОСТ 2.114-95 (2000) «ЕСКД Технические условия».

37. ГОСТ 1.5–2001 МСС. Стандарты межгосударственные. Правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению.

38. ГОСТ 1.0-92 (с изменениями № 1, 2, 3, принятыми МГС; № 4, 5, 6 (ИУС 10-96), (ИУС 8-98), (ИУС 9-2002)). Межгосударственный стандарт. МСС. Основные положения.

39. ГОСТ 1.2-97 МСС. Стандарты межгосударственные. Правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, обновления и отмены.

40. Положение о Межгосударственном совете по стандартизации, метрологии и сертификации от 22 ноября 2007 года (Приложение к Протоколу о внесении изменений в Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации от 13 марта 1992 г.).

41. Жокин А.М., Агапов А.А., Карпенко Н.А. Система сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения, ее структура в переходный период. Вестник Госатомнадзора России, № 3, 2000, с.8-18.

42. О введении в действие «Номенклатуры оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения, подлежащих обязательной сертификации в системе сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения». Совместный Приказ от 24 апреля 2000 г. Министерства РФ по атомной энергии № 233, Федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности № 28 и Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии № 152.

43. О введении в действие «Номенклатуры оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения, подлежащих обязательной сертификации в системе сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения» (дополнение к документу ОИТ-0013-2000). Совместный Приказ от 21 января 2002 г. Министерства РФ по атомной энергии № 30, Федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности № 5, Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии № 14.

44. Синицына Т.В. Технический комитет по стандартизации 322 «Атомная техника», <http://tk322.ru>. Новости ТК 322.

45. IAEA, Structure of the iaea safety standards and current status. <http://www.ns.iaea.org/downloads/standards/status.pdf>, Vienna, May 2009.

46. IAEA, Fundamental safety principles. Safety Standards Series No. SF-1, IAEA, Vienna, 2006.

47. Букринский А.М. Новая структура стандартов МАГАТЭ по безопасности, 2009 г. [http://www.antiatom.ru/2009\\_7-28.php](http://www.antiatom.ru/2009_7-28.php)

48. Положения о Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 294.

49. Пронкин Н.С. Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла. М.: Логос, 2012.

50. Классификатор ГОСТов. Рубрика КГС. Классификатор государственных стандартов. (Информационная система ГОСТов, стандартов и нормативных документов.) [http://gostbd.ru/c\\_002.html](http://gostbd.ru/c_002.html)

51. Общероссийский классификатор информации об общероссийских классификаторах. ОК 026-95, Комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации ([www.bestpravo.ru/rossijskoje/vr-akty/t3r.htm](http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/vr-akty/t3r.htm)), (<http://linux.nist/fss.ru/hr/doc/okok.htm>).

52. Положение о системе управления качеством Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в области государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии. Политика в области управления качеством государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии (утверждено ФСЭТАН 03 февраля 2012 г. № 80).

53. ГОСТ Р 40.003-2008. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр качества. Порядок сертификации систем качества на соответствие ГОСТ Р 9001 ИСО-2008, 2009.

54. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2008. Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и оценку соответствия.

55. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17030-2007. Общие требования к знакам соответствия проводимой третьей стороной.

56. ГОСТ Р ИСО 10002-2007. Менеджмент организации. Удовлетворенность потребителя. Руководство по управлению претензиями в организациях.

57. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17011-2008. Оценка соответствия. Общие требования к органам по аккредитации, аккредитующим органы по оценке соответствия.

58. ГОСТ Р 19011-2003. Руководящие указания по проведению систем менеджмента качества и/или систем экологического менеджмента.

59. Международный словарь основных и общих терминов в метрологии, ИСО, 1993 (VIM-93).

60. GUM. Руководство по выражению неопределенности измерения. СПб., 1999 (ГП ВНИИНИ им Д.И. Менделеева), перевод под ред. проф. Слаева В.А. (перевод аутентичен оригиналу). Подлин-

ник документа: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. First edition. – ISO, Switzerland, 1993.

61. ГОСТ Р 51000.1-95. Система аккредитации органов по сертификации испытательных и измерительных лабораторий. Общие требования.

62. Международный стандарт ИСО 31-200. Величины и единицы.

63. ГОСТ 8.417-02. ГСИ. Единицы величин.

64. ГОСТ 8.057 Эталоны единиц физических величин.

65. ГОСТ 8.372-80 ГСИ. Эталоны физических величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения.

66. Пронкин Н.С. Основы метрологии. Практикум по метрологии и измерениям. М.: Изд-во "Логос", 2007.

67. ГОСТ 8.315-97 «ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения».

68. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология, учебное пособие. М.: Логос, 2001. (Тарбеев Ю.В. Эталоны России. Измерительная техника. 1995, № 6.)

69. ГОСТ 8.061-80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.

70. ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. Методический материал по применению ГОСТ 8.009-84. «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

71. РД 50-453-84 Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.

72. Пронкин Н.С. Первичные преобразователи радиоизотопной аппаратуры. М.: Энергоатомиздат, 1984.

73. ГОСТ ГСИ. 8.401—80 «Классы точности средств измерений. Общие требования».

74. ГОСТ 8.207-76 «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений».

75. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

76. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978.

77. Климов А.Н., Погрешности измеряемых величин. Учебное пособие. М.: МИФИ, 1977.
78. ГОСТ Р 8.563-96 ГСИ. Методика выполнения измерений.
79. Р 50.2.038-2004. ГСИ. Измерения прямые однократные и оценивание погрешностей и неопределенности результатов измерений (взамен МИ 1552-86).
80. ГОСТ Р 8.000-2000. ГСИ. Основные положения.
81. Положение о Метрологической службе агентства по атомной энергии. (Приказ Руководителя Росатома № 15 от 19.02.2007.)
82. ГСИ. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц (ПР 50-732-93).
83. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
84. Закон Российской Федерации от 7 февраля 1992 г. № 2300-1 «О защите прав потребителей».
85. Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» № 170-ФЗ от 21 ноября 1995 г.
86. ГОСТ Р 8.565-96 ГСИ. Метрологическое обеспечение эксплуатации атомных станций. Основные положения.
87. Обысов Н.А., Карпюк Л.А. Система метрологического обеспечения в Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». Тезисы докладов 4-й конференции по метрологическому обеспечению измерений в Росатоме (г. Сочи, 4-8 октября 2010 г. (ОАО ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара). М., 2010.
88. Исаев А.Н. Обобщенные принципы безопасности. Атомная техника за рубежом. 2007, № 4, с. 3.
89. Тезисы докладов 4-й конференции по метрологическому обеспечению измерений в Росатоме (г. Сочи, 4-8 октября 2010 г. (ОАО ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара). М., 2010.
90. ОСТ 95 10599-2009 Учет и контроль ядерных материалов. Использование стандартных образцов. Порядок присвоения классов.
91. ОСТ 95 10600-2009 Учет и контроль ядерных материалов. Использование стандартных образцов. Аттестация стандартных образцов методом образцов-свидетелей.

92. РМГ 61-2003 ГСИ. Показатели точности, правильности, прецизионности, методик количественного химического анализа. Методы оценки.

93. РМГ 91-2009 Совместное использование понятия «погрешности измерения» и «неопределенности измерения».

94. Р 50.2.058-2007 Рекомендации по метрологии. ГСИ. Оценивание неопределенностей аттестованных значений стандартных образцов.

95. ГОСТ 8.315-97 Стандартные образцы состава и свойства веществ и материалов. Основные положения.

96. РМГ 74-2004 Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений

97. ГОСТ 8.532-2002 ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Межлабораторная метрологическая аттестация. Содержание и порядок проведения работ.

98. ГОСТ 8.531-2002 ГСИ. Образцы состава монолитных и дисперсных материалов. Способы оценивания однородности.

99. Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

100. СТО 1 [1]. 1.01. 0678-2007 Основные правила эксплуатации атомных станций. М.: Изд-во «РепроЦентр», 2008.

101. Стандарты МАГАТЭ по безопасности (для защиты людей и окружающей среды). Применение системы управления установками деятельностью. Руководство по безопасности № GS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена, 2006.

102. Стандарты МАГАТЭ по безопасности (для защиты людей и окружающей среды). Система управления для установок и деятельности. Руководство по безопасности № GS-R-3, МАГАТЭ, Вена, 2008.

103 IAEA Safe. Standards. The Management System for Nuclear Installation. № Safety Guide GS-G-3.5. Vienna, 2009.

104. Положение о системе управления качеством Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в области государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии; утверждено приказом по Ростехнадзору № 80 от 03.02.2012.

105. Тезисы докладов 5-й конференции по метрологическому обеспечению измерений в Росатоме (г. Сочи, 1-5 октября 2012 г. (ЦНИИатомформ). М., 2012.

106. Обысов Н.А. Система метрологического обеспечения ГК «Росатом». Второй московский международный симпозиум метрологов. М., 18-20 мая 2010 г.

107. Р 50.1.046-2003. Рекомендации по выбору форм и схем обязательного подтверждения соответствия продукции при разработке технических регламентов. М.: Госстандарт, 2003.

108. Р 50.1.044-2003. Рекомендации по разработке технических регламентов. М.: Госстандарт, 2003.

109. Федеральный Закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях регулирования безопасности в области использования атомной энергии», ФЗ-347 от 30.11.2011.

110. МИ 2427-97 «ГСОЕИ. Оценка состояния измерений в испытательных и измерительных лабораториях».

111. ОСТ 95 10398-2000 «ОСОЕИ. Оценка состояния измерений в измерительных и испытательных лабораториях».

112. ОСТ В 95 2593-89 «ОСОЕИ. Оценка состояния измерений в испытательных и измерительных лабораториях, аттестация и аккредитация испытательных и измерительных лабораторий».

113. ОСТ 95 10351-2001 «ОСОЕИ. Общие требования к методикам выполнения измерений».

114. ОСТ 95 10340-2003 «ОСОЕИ. Порядок проведения аттестации методик измерений».

115. ОСТ 95 10353-2008 «ОСОЕИ. Алгоритмы оценки метрологических характеристик при аттестации МВИ».

116. ОСТ 95 10289-2005 «ОСОЕИ. Внутренний контроль качества измерений».

117. МИ 2335-2003. «ГСИ. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа».

118. ГОСТ Р 8.596-2002. «ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения».

119. МИ 222-80. Методика расчета метрологических характеристик измерительных каналов информационно-измерительных систем по метрологическим характеристикам компонентов.

120. ГОСТ 8.531-2002 «ГСИ. Образцы состава монолитных и дисперсных материалов. Способы оценивания однородности».

121. ГОСТ 8. 532-2002. «ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Межлабораторная метрологическая аттестация. Содержание и порядок проведения работ».

122. Постановление Правительства РФ от 6 июля 2001 г. № 514 «Об аккредитации организаций, осуществляющих деятельность по оценке соответствия продукции, производственных процессов и услуг установленным требованиям качества и безопасности».

123. ГОСТ Р 51000.1-95 «Система аккредитации органов по сертификации, испытательных и измерительных лабораторий. Общие требования».

124. ГОСТ Р 51000.2-95 «Общие требования к аккредитирующему органу».

125. ГОСТ Р 51000.3-96 «Общие требования к испытательным лабораториям.»

126. ГОСТ Р 51000.4-96 «Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий».

127. ГОСТ Р 51000.5-96 «Общие требования к органам по сертификации продукции и услуг».

128. МИ 2377-98 «Рекомендации. Разработка и аттестация методик выполнения измерений».

129. Аналого-цифровые преобразования / Под ред. Уолта Кестера. М: Техносфера, 2007.

130. Ратхор Т.С. Цифровые измерения АЦП/ЦАП. М: Техносфера, 2006.

131. Удальцев В.В. Законодательная метрология. М.: Изд-во МГТУ им. И.Э. Баумана, 2012.



Основные модули подтверждения соответствия  
и их модификации в странах ЕС

Код	Основной модуль			Модифицированный модуль		
	Условное наименование	Особенности модуля	Код	Условное наименование	Особенности модуля	
1	2	3	4	5	6	
<b>A</b>	Внутренний контроль	Распространяется на стадии проектирования и (или) производства. Не требует привлечения уполномоченного органа (УО)	<b>Aa1</b>	Внутренний контроль и одно или более испытаний специфических характеристик готовой продукции	Участие УО в испытаниях, проводимых изготовителем или от его лица на стадии производства. Применяемые виды испытаний определяются в директиве ЕС. При маркировании знаком СЕ указывается код УО	
<b>B</b>	Подтверждение соответствия ЕС-типа (типового образца)	Распространяется на стадию проектирования. За ним должен следовать модуль, обеспечивающий подтверждение соответствия на стадии производства. УО выдает сертификат ЕС-типа	<b>Aa2</b>	Внутренний контроль и проверка продукции через производственные интервалы времени	Участие УО в проверке продукции на стадии производства. Соответствующие аспекты проверки определяются в директиве ЕС. При маркировании знаком СЕ указывается код УО	

Продолжение табл. П.1.1

Основной модуль		Модифицированный модуль			
Код	Условное наименование	Особенности модуля	Код	Условное наименование	
	2	3	4	5	
<b>1</b>				6	
<b>C</b>	Обеспечение соответствия типу	Распространяется на стадию производства и следует за модулем <b>B</b> . Обеспечивает соответствие типу, описанному в сертификате ЕС-типа, выданном согласно модулю <b>B</b> . Не требует привлечения УО	<b>Cbis1</b>	Внутренний контроль и одно или более испытаний специфических характеристик готовой продукции	Участие УО в испытаниях, проводимых изготовителем или от его лица на стадии производства. Применяемые виды испытаний определяются в директиве ЕС. При маркировании знаком СС указывается код УО
<b>D</b>	Обеспечение качества производства	Распространяется на стадию производства и следует за модулем <b>B</b> . Основан на оценке системы качества по стандарту EN ISO 9002, требует участия УО, который несет ответственность за оценку и инспекционный контроль, внедренный изготовителем системы качества, охватывающей этапы производства, окончательного контроля и испытаний готовой продукции. При маркировании знаком СС указывается код УО	<b>Cbis2</b>	Внутренний контроль и проверка продукции через произвольные интервалы времени	Участие УО в испытаниях, проводимых изготовителем или от его лица на стадии производства. Применяемые виды испытаний определяются в директиве ЕС. При маркировании знаком СС указывается код УО

Продолжение табл. П.1.1

Основной модуль		Модифицированный модуль	
Код	Условное наименование	Код	Условное наименование
1	2	4	5
<b>E</b>	Обеспечение качества продукции	<b>Dbis</b>	Обеспечение качества производства без применения модуля <b>B</b>
	3		6
	Распространяется на стадию производства и следует за модулем <b>B</b> . Основан на оценке системы качества по стандарту EN ISO 9003, требует участия УО, который несет ответственность за оценку и инспекционный контроль внедренной изготовителем системы качества, охватывающий этапы окончательного контроля и испытаний готовой продукции		Не предполагает применение модуля <b>B</b> . При маркировании знаком СС указывается код УО
<b>F</b>	Проверка соответствия продукции	<b>Ebis</b>	Обеспечение качества продукции без применения модуля <b>B</b>
	Распространяется на стадию производства и следует за модулем <b>B</b> . УО контролирует соответствие типу, описанному в сертификате ЕС-типа, выданному согласно модулю <b>B</b> и выдает сертификат соответствия, относящийся к проведенным испытаниям. УО осуществляет контроль каждой единицы продукции или партии продукции на основе выборки. При маркировании знаком СС указывается код УО		Не предполагает применение модуля <b>B</b> . При маркировании знаком СС указывается код УО

Окончание табл. П.1.1

Основной модуль		Модифицированный модуль	
Код	Условное наименование	Код	Условное наименование
<b>Г</b>	Проверка соответствия каждой единицы продукции	<b>Fbis</b>	Проверка соответствия без применения модуля <b>B</b>
	Распространяется на стадии проектирования и производства. Каждая ед. продукции проверяется УО, который по результатам проверки выдает сертификат соответствия, относящийся к проведенным испытаниям. При маркировании знаком СС указывается код УО		Распространяется на стадии производства. УО контролирует соответствие существующим требованиям; осуществляет контроль каждой ед. или партии продукции на основе выборки; выдает сертификат соответствия, относящийся к проведенным испытаниям. При маркировании знаком СС указывается код УО
<b>Н</b>	Полное обеспечение качества	<b>Hbis</b>	Полное обеспечение качества, контроль за проектированием
	Распространяется на стадии проектирования и производства. Основан на оценке системы качества по стандарту ЕН ИСО 9001, требует участия УО, который несет ответственность за оценку и инспекционный контроль внедренно изготовителем системы качества, охватывающей этапы проектирования, производства, окончательного контроля и испытаний готовой продукции. При маркировании знаком СС указывается код УО		Распространяется на стадии проектирования и производства. Основан на оценке системы качества по стандарту ЕН ИСО 9001, требует участия УО, который несет ответственность за оценку и инспекционный контроль внедренной изготовителем системы качества, охватывающей этапы проектирования, производства, окончательного контроля и испытаний готовой продукции. УО анализирует проект, выдает сертификат ЕС о проверке проекта на соответствие установленным требованиям. При маркировании знаком СС указывается код УО

## Общие принципы выбора схем декларирования и схем сертификации [107, 108]

### *1. Схемы декларирования соответствия*

1.1. Установление в ТР схем декларирования рекомендуется осуществлять экспертными методами в следующей последовательности:

выбор конкретной схемы из числа представленных в табл. 5.1;

детализация отдельных операций в рамках выбранных схем с учетом специфики продукции, особенностей сектора потребления и целей ТР.

1.2. Выбор схемы осуществляют с учетом суммарного риска от недостоверной оценки соответствия и ущерба от применения продукции, прошедшей подтверждение соответствия. При этом также учитывают объективность оценки, характеризующую степень независимости исполнителя операции (первая и третья сторона участников сертификации).

При выборе схем учитывают следующие основные факторы:

степень потенциальной опасности продукции;

чувствительность регламентируемых ТР показателей безопасности к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов;

степень сложности конструкции (проекта) (определяется экспертным путем разработчиками ТР);

наличие других механизмов оценки соответствия, например, государственного контроля (надзора) в отношении декларируемой продукции.

1.3. **Схема 1д** рекомендуется для продукции, если:

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.

1.4. 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.

1.5. Для продукции, степень потенциальной опасности которой достаточно высока, рекомендуется использовать схемы **5д, 6д или 7д**. Выбор между ними определяется степенью чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов, а также степенью сложности конструкции (проекта).

1.6. Применение схем (см. табл. 5.1) может быть рекомендовано, если декларацию о соответствии принимает *изготовитель*. Если ее принимает *продавец*, не имеющий возможности собрать собственные доказательства соответствия, то применяются **схемы 5д или 6д**.

1.7. При необходимости схемы, выбранные из числа описанных выше, могут дополняться и детализироваться положениями, учитывающими специфику продукции, особенности ее производства и применения.

## 2. Схемы сертификации

2.1. Установление в ТР схем сертификации рекомендуется осуществлять экспертными методами в следующей последовательности:

выбор конкретной схемы из числа представленных в табл. 5.2;

учет требований международных соглашений (при наличии на данную продукцию международных соглашений, к которым присоединилась Россия);

детализация отдельных операций в рамках выбранных схем с учетом специфики продукции, особенностей сектора потребления и целей ТР.

2.2. Выбор схемы осуществляют 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 ТР показателей безопасности к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов;

статус заявителя (изготовитель или продавец).

2.3. **Схемы 1с – 5с** применяются в отношении серийно выпускаемой заявителем продукции; **схемы 6с, 7с** – в отношении отдельных партий или единиц продукции, выпущенных заводом-изготовителем или реализуемых заявителем-продавцом (не изготовителем).

2.4. **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**.

2.5. **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.

2.6. 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 5д** 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 СК, соответствующей современным требованиям, из-за высокой стоимости сертификации СК.

2.7. **Схемы 6с, 7с** в основном предназначены для продукции, приобретенной продавцами и не имеющей сертификата соответствия, например продукции, купленной за рубежом.

В отдельных случаях **схемы 6с, 7с** могут применяться и изготовителями, например при разовой поставке партии продукции или при выпуске уникального изделия.

**Пример оценки точности измерений на основе концепции погрешности и неопределенности**

*1. Данные, имеющие в распоряжении оператора, задача которого состоит в измерении силы тока с помощью вольтметра и токового шунта [6].*

$$\text{Уравнение измерения } I = \frac{V}{R} = f(V, R, t^{\circ}\text{C}),$$

где  $I$  – сила измеряемого тока,  $V$  – напряжение на шунте, которое измеряется для определения силы тока,  $R$  – сопротивление шунта,  $t^{\circ}\text{C}$  – температура окружающей среды, способная повлиять на результаты измерения силы тока.

Производится многократное ( $n=10$ ) измерение напряжения с помощью вольтметра на сопротивлении шунта при температуре  $t = (23,00 \pm 0,05)^{\circ}\text{C}$ .

Границы неисключенной систематической погрешности вольтметра в милливольтгах определены при его калибровке в виде следующего выражения:

$$\theta_V = 3 \cdot 10^{-4} \cdot V + 0,02. \quad (\text{ПЗ.1})$$

Сопротивление шунта определено при его калибровке для тока величиной  $I=10 \text{ A}$  и температуре  $t=23,00^{\circ}\text{C}$  и равно  $R_0 = 0,010088 \text{ Ом}$ . Относительные границы неисключенной систематической погрешности сопротивления шунта, установленные при его калибровке, равны  $\delta\theta_R = 0,070 \%$ , тогда при  $R=R_0$  получают

$$\theta_R = 7 \cdot 10^{-4} \cdot R_0 = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}. \quad (\text{ПЗ.2})$$

Границы неисключенной систематической составляющей погрешности значения сопротивления шунта, обусловленной погрешностью изменений температуры, определяются зависимостью  $R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$ , где  $R_0$  – значение сопротивления при  $t = t_0$  ( $t_0=23,00^{\circ}\text{C}$ ;  $R_0 = 0,010088 \text{ Ом}$ );  $\alpha$  – температурный коэффициент ( $\alpha=6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ). В случае, когда границы погрешности измерения температуры составляют  $\Delta t$ , границы соответствующей состав-



ляющей погрешности значения сопротивления равны  $\theta_{t,R} = \alpha \cdot \Delta t \cdot R$ . При  $\Delta t = 0,05^\circ \text{C}$  получаем  $\theta_{t,R} = 3,0 \cdot 10^{-9}$  Ом.

**2. Нахождение результата измерений.** В результате серии из  $n=10$  измерений получают ряд значений  $V_i$  в милливольтмах:

100,68; 100,83; 100,79; 100,64; 100,63; 100,94; 100,60; 100,68; 100,76; 100,65.

Среднее арифметическое вычисляют по формуле (10.2):

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = 100,72 \text{ мВ.}$$

Результат измерения силы тока получают по формуле

$$I = \frac{\bar{V}}{R_0} = 9,984 \text{ Ом.} \quad (\text{ПЗ.3})$$

**3. Анализ источников погрешности результата измерений.** СКО, характеризующее случайную составляющую погрешности при измерениях напряжения  $S_{\bar{V}}$ , вычисляют по формуле (10.4):

$$S_{\bar{V}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2} = 3,4 \cdot 10^{-2}. \quad (\text{ПЗ.4})$$

Границы неисключенной систематической погрешности вольтметра при  $V = \bar{V} = 100,72 \text{ мВ}$  в соответствии с формулой (ПЗ.1) будут равны

$$\theta_V = 3 \cdot 10^{-4} \cdot \bar{V} + 0,02 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ мВ.}$$

Границы неисключенной систематической погрешности сопротивления шунта, в соответствии с (ПЗ.2), установленные при его калибровке, равны

$$\theta_R = 7 \cdot 10^{-4} \cdot R_0 = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

Границы неисключенной систематической составляющей погрешности значения сопротивления шунта, обусловленной погрешностью измерений температуры, равны  $\theta_{t,R} = 3,0 \cdot 10^{-9}$  Ом или  $\delta \theta_{t,R} = 3,0 \cdot 10^{-5} \%$ . Эту составляющую в виду ее малости по сравнению с другими составляющими можно не учитывать.

**4. Вычисление характеристик погрешности результата измерений.** Для вычисления результирующей погрешности измере-

ния, состоящей из случайной и суммы неисключенных систематических погрешностей, используется формула для косвенных измерений:

$$\Delta_p = \frac{t_p(f_{eff}) \cdot S + \theta(p)}{S + S_0} S_{\Sigma}, \quad (\text{ПЗ.5})$$

где все составляющие погрешности определены при одной и той же доверительной вероятности  $P$ . В числителе сумма доверительных границ случайной и суммарной неисключенной погрешности, в знаменателе – сумма СКО случайной и СКО суммарной неисключенной систематической погрешности, а  $S_{\Sigma} = \sqrt{S^2 + S_0^2}$  – СКО суммарной погрешности измерения,

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 S^2(\bar{V})}, \quad S_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \frac{\theta_i^2}{3}},$$

$$\theta(p) = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \theta_i^2},$$

где  $k=1,1$  при  $P=0,95$  и  $k=1,4$  при  $P=0,99$  и  $m > 4$ . Для других значений  $P$  и  $m$  значения коэффициента  $k$  можно найти в [66].

Ниже приводится вычисление всех составляющих погрешностей, входящих в формулу (ПЗ.5).

Делается предположение о равномерном распределении неисключенных систематических составляющих погрешности результата измерений внутри их границ  $\theta_V$  и  $\theta_R$ . При этом СКО суммарной неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений силы тока  $S_0$  определяют по формуле

$$S_0 = \sqrt{\left( \frac{\partial f}{\partial V} \right)^2 \cdot \frac{\theta_V^2}{3} + \left( \frac{\partial f}{\partial R} \right)^2 \cdot \frac{\theta_R^2}{3}} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}.$$

В этой формуле учтено, что коэффициенты влияния  $\frac{\partial f}{\partial V} = \frac{1}{R}$ ,  $\frac{\partial f}{\partial R} = -\frac{V}{R^2}$ .

Доверительные границы суммарной неисключенной систематической погрешности результата измерений силы тока  $\theta(p)$  при доверительной вероятности  $P=0,95$  оценивают по формуле

$$\theta(p) = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2} \theta_i = 1,1 \sqrt{\left( \frac{1}{R} \right)^2 \theta_V^2 + \left( \frac{V}{R^2} \right)^2 \theta_R^2} = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ A}.$$

СКО случайной составляющей погрешности результата измерений силы тока  $S$  определяется по формуле

$$S = \frac{\partial f}{\partial V} \cdot S(\bar{V}) = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A}.$$

Тогда СКО суммарной погрешности результата измерений силы тока будет равно

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S^2 + S_0^2} = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}.$$

Вычисление отношения  $\theta(P)/S$  показывает, что оно равно 2,8, поэтому вычисление суммарной погрешности производится по формуле (П3.5).

Доверительные границы погрешности результата измерений силы тока при доверительной вероятности 0,95 и эффективном числе степеней свободы  $f_{\text{эфф}} = n - 1 = 9$ , вычисленные по формуле (П3.5), будут равны

$$\Delta_P = 0,95 = 0,012 \text{ A}. \quad (\text{П3.6})$$

**5. Вычисление неопределенности измерений.** По типу **A** вычисляют стандартную неопределенность, обусловленную источниками неопределенности, имеющими случайный характер:

$$u_A(\bar{V}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2} = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ мВ}.$$

Стандартную неопределенность силы тока, обусловленную источниками неопределенности, имеющими случайный характер, определяют по формуле

$$u_A = \frac{\partial f}{\partial V} \cdot u_A(\bar{V}) = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A}.$$

По типу **B** вычисляют стандартные неопределенности, обусловленные источниками неопределенности, имеющими систематиче-

ский характер. Закон распределения величин внутри границ считают равномерным.

Стандартную неопределенность  $u_{B,V}$  вычисляют по формуле

$$u_{B,V} = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot V + 0,02}{\sqrt{3}} = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ мВ}.$$

Границы, внутри которых лежит значение сопротивления шунта, определены при калибровке шунта и равны  $7 \cdot 10^{-4} \cdot R$ . Соответствующую стандартную неопределенность при  $R=R_0$  вычисляют по формуле (10.6):

$$u_{B,R} = \frac{7 \cdot 10^{-4} \cdot R_0}{\sqrt{3}} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

Границы изменения значения сопротивления шунта, обусловленного изменением температуры, равны  $\alpha \cdot \Delta t \cdot R_0$ . Соответствующую стандартную неопределенность вычисляют также по формуле (10.6):

$$u_{B,t} = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot R}{\sqrt{3}} = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}.$$

В дальнейшем этой составляющей неопределенности ввиду ее малости по сравнению с другими составляющими пренебрегают.

Таблица П3.1

**Бюджет неопределенности измерений силы электрического тока**

Величина	Оценка	Стандартная неопределенность	Закон распределения	Коэффициент чувствительности (по модулю)	Вклад в сум. стандартную неопределенность
$V$	100,72 мВ	$3,4 \cdot 10^{-2}$ мВ	А (норм.)	$\frac{\partial f}{\partial V} = \frac{1}{R} = 10 \text{ В}^{-1}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$ А
$\theta_V$	$5,0 \cdot 10^{-2}$ мВ	$2,9 \cdot 10^{-2}$ мВ	В (равн.)	То же	$5,0 \cdot 10^{-3}$ А
$\theta_R$	$7,1 \cdot 10^{-6}$ Ом	$4,0 \cdot 10^{-6}$ Ом	В (равн.)	$\frac{\partial f}{\partial R} = \frac{V}{R^2} = 10^3 \text{ В} \cdot \text{Ом}^{-2}$	$2,66 \cdot 10^{-3}$ А

Величина	Оценка	Стандартная неопределенность	Закон распределения	Коэффициент чувствительности (по модулю)	Вклад в сум. стандартную неопределенность
$\Theta_{t,R}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$ Ом	Не учитывается в дальнейших расчетах ввиду малости по сравнению с другими составляющими			
$I$	$I=f(V,R)$	$u_A = 3,4 \cdot 10^{-3}$ А $u_B = 5,0 \cdot 10^{-3}$ А			$6,0 \cdot 10^{-3}$ А

Суммарную стандартную неопределенность  $u_B$  определяют по формуле

$$u_B = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial V}\right)^2 u_{B,V}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial R}\right)^2 u_{B,R}^2} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ А},$$

а суммарную стандартную неопределенность  $u_C$  – по формуле

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ А}.$$

В табл. ПЗ.1 приведен бюджет неопределенности этого измерения.

Эффективное число степеней свободы  $\nu_{eff}$  рассчитывают по формуле (10.9):

$$\nu_{eff} = \frac{u_C^4}{\frac{\left(\frac{1}{R} \cdot u_A\right)^4}{n-1} + \frac{\left(\frac{1}{R} \cdot u_{B,V}\right)^4}{\infty} + \frac{\left(\frac{1}{R^2} \cdot u_{B,R}\right)^4}{\infty}} = 87.$$

Коэффициент охвата  $k$  находят по табл. Стьюдента при  $P = 0,95$ :

$$k = t_{0,95}(\nu_{eff}) = 1,96.$$

Затем определяют расширенную неопределенность  $U_{0,95}$  по формуле (10.10):

$$U_{0,95} = k \cdot u_C = 0,012 \text{ А}.$$

(ПЗ.7)

Таблица П3.2

## Сравнительный анализ процедур оценивания результатов измерения

<i>Оценка точности на основе концепции погрешности измерения</i>		<i>Оценка точности на основе концепции неопределенности измерения</i>	
<i>Характеристика</i>	<i>Величина</i>	<i>Характеристика</i>	<i>Величина</i>
Оценка результата измерения (ток)	$I=9,983 \text{ A}$	Оценка результата измерения (ток)	$I=9,983 \text{ A}$
СКО	$S=3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A}$	Стандартная неопределенность типа А	$u_A=3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A}$
Доверительные границы для НСП	$\theta(p)=\theta(0,95)=9,5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$	–	–
Суммарное СКО для НСП	$S_0=5,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$	Стандартная неопределенность типа В	$u_B=5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$
СКО суммарной погрешности	$S_\Sigma=6,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$	Суммарная стандартная неопределенность	$u_C=6,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$
Эффективное число степеней свободы	$f_{\text{эфф}} = 9$	Эффективное число степеней свободы	$\nu_{\text{эфф}} = 87$
Квантиль распределения Стьюдента	$t_p(f_{\text{эфф}}) = 2,262$	Квантиль распределения Стьюдента	$t_p(\nu_{\text{эфф}})=1,99$
-	–	Коэффициент охвата	$k = 1,99$
Доверительные границы при доверятности $p$	$\Delta_p = 0,012 \text{ A}$	Расширенная неопределенность для уровня доверия $p$	$U_p = k \cdot u_C = 0,012 \text{ A}$

Николай Степанович Пронкин  
*Валерий Михайлович Немчинов*

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ  
В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

Монография

Под общей редакцией В.М. Немчинова

Редактор Е.Е. Шумакова

Подписано в печать 20.11.2014. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>

Печ. л. 23,5. Уч.-изд. л. 23,5. Тираж 60 экз.

Изд. № 029-2. Заказ № 11.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31.

ООО «Клуб Принт».

127018, Москва, Марьиной Рощи 3-й проезд, д. 40, корп. 1.

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**