Учебник для вузов

Ю. В. Димов

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

2-е издание

Допущено Министерством образования РФ

ПИТЕР

300

Краткое содержание

Введение 9

1. Основы стандартизации 13

2. Основы взаимозаменяемости 97

3. Основы метрологии 197

4. Технические измерения 282

5. Основы сертификации 354

Приложение 1. Условные обозначения 414

Приложение 2. Основные законы и нормативные документы 418

Приложение 3. Системы сертификации 425

Список литературы 430

Содержание

Введение 9

1. Основы стандартизации 13
1.1. Роль стандартизации в народном хозяйстве 13
1.2. Краткие сведения из истории развития стандартизации 15
1.3. Государственная система стандартизации (ГСС) 18
1.3.1. Задачи стандартизации 19
1.3.2. Основные понятия и определения в системе стандартизации 20
1.3.3. Органы и службы стандартизации 22
1.3.4. Нормативные документы по стандартизации 24
1.3.5. Виды стандартов 36
1.3.6. Порядок разработки государственных стандартов 38
1.3.7. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов 40
1.3.8. Нормализационный контроль технической документации 45
1.4. Методические основы стандартизации 46
1.4.1. Система предпочтительных чисел 46
1.4.2. Принципы стандартизации 48
1.4.3. Методы стандартизации 51
1.4.4. Комплексная стандартизация 57
1.4.5. Опережающая стандартизация 58
1.5. Межотраслевые системы (комплексы) стандартов 59
1.5.1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД) 61
1.5.2. Единая система технологической документации (ЕСТД) 62
1.5.3. Комплексы стандартов по безопасности жизнедеятельности 63
1.5.4. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП) . . 67
1.5.5. Единая система программных документов (ЕСПД) 69
1.6. Межгосударственная система стандартизации (МГСС) 70
1.6.1. Общая характеристика системы 70
1.6.2. Порядок разработки межгосударственных стандартов 73
1.7. Международная, региональная и национальная стандартизация 77
1.7.1. Международная организация по стандартизации (ИСО) 77

1.7.2. Международная электротехническая комиссия (МЭК) 80
1.7.3. Международные организации, участвующие в работах по стандартизации, метрологии и сертификации 82
1.7.4. Региональные организации по стандартизации, метрологии и сертификации 87
1.7.5. Национальные организации по стандартизации зарубежных стран 92
1.8. Экономическая эффективность стандартизации 92
1.9. Направления развития стандартизации в РФ 94

2. Основы взаимозаменяемости 97
2.1. Основные понятия и определения 99
2.2. Взаимозаменяемость гладких цилиндрических деталей 103
2.2.1. Общие положения 103
2.2.2. Обозначение полей допусков, предельных отклонений и посадок на чертежах 108
2.2.3. Неуказанные предельные отклонения размеров 109
2.2.4. Расчет и выбор посадок 110
2.3. Шероховатость поверхности 119
2.4. Точность формы и расположения 124
2.4.1. Общие термины и определения 124
2.4.2. Отклонения и допуски формы 127
2.4.3. Отклонения и допуски расположения 128
2.4.4. Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей 130
2.4.5. Зависимый и независимый допуски формы и расположения 132
2.4.6. Обозначение на чертежах допусков формы и расположения 133
2.4.7. Неуказанные допуски формы и расположения 134
2.5. Волнистость поверхности 139
2.6. Система допусков и посадок для подшипников качения 140
2.7. Допуски на угловые размеры. Взаимозаменяемость конических соединений . . 145
2.7.1. Допуски угловых размеров 145
2.7.2. Система допусков и посадок для конических соединений 146
2.8. Взаимозаменяемость резьбовых соединений 148
2.8.1. Основные параметры метрической крепежной резьбы 149
2.8.2. Общие принципы взаимозаменяемости цилиндрических резьб 150
2.8.3. Допуски и посадки резьб с зазором 153
2.8.4. Допуски резьб с натягом и с переходными посадками 156
2.8.5. Стандартные резьбы общего и специального назначения 157
2.9. Допуски зубчатых и червячных передач 159
2.9.1. Система допусков для цилиндрических зубчатых передач 159
2.9.2. Допуски зубчатых конических и гипоидных передач 174
2.9.3. Допуски червячных цилиндрических передач 175

2.10. Взаимозаменяемость шлицевых соединений 176
2.10.1. Допуски и посадки соединений с прямобочным профилем зубьев 177
2.10.2. Допуски и посадки шлицевых соединений с эвольвентным профилем зубьев 178
2.10.3. Контроль точности шлицевых соединений 181
2.11. Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи 181
2.11.1. Основные термины и определения, классификация размерных цепей . 181
2.11.2. Метод расчета размерных цепей, обеспечивающий полную взаимозаменяемость 185
2.11.3. Теоретико-вероятностный метод расчета размерных цепей 189
2.11.4. Метод групповой взаимозаменяемости при селективной сборке 192
2.11.5. Метод регулирования и пригонки 194
2.11.6. Расчет плоских и пространственных размерных цепей 195

3. Основы метрологии 197
3.1. Краткая история развития метрологии 198
3.2. Правовые основы метрологической деятельности в Российской Федерации . . 199
3.2.1. Законодательная база метрологии 199
3.2.2. Юридическая ответственность за нарушение нормативных требований по метрологии 201
3.3. Объекты и методы измерений, виды контроля 202
3.3.1. Измеряемые величины 202
3.3.2. Международная система единиц физических величин 205
3.3.3. Виды и методы измерений 207
3.3.4. Виды контроля 210
3.3.5. Методика выполнения измерений 212
3.4. Средства измерений 213
3.4.1. Виды средств измерений 213
3.4.2. Измерительные сигналы 216
3.4.3. Метрологические показатели средств измерений 218
3.4.4. Метрологические характеристики средств измерений 218
3.4.5. Классы точности средств измерений 220
3.4.6. Метрологическая надежность средств измерения 221
3.4.7. Метрологическая аттестация средств измерений 222
3.5. Погрешность измерений 223
3.5.1. Систематические и случайные погрешности 224
3.5.2. Причины возникновения погрешностей измерения 226
3.5.3. Критерии качества измерений 228
3.5.4. Планирование измерений 229
3.6. Выбор измерительного средства 229
3.6.1. Подготовка и выполнение измерительного эксперимента 229

3.6.2. Обработка результатов наблюдений и оценивание погрешностей измерений . . . 234
3.6.3. Выбор измерительных средств по допустимой погрешности измерения . 240
3.7. Обеспечение единства измерений . . . 249
3.7.1. Единство измерений . . . 249
3.7.2. Поверка средств измерений . . . 252
3.7.3. Калибровка средств измерений . . . 254
3.7.4. Методы поверки (калибровки) и поверочные схемы . . . 256
3.7.5. Сертификация средств измерений . . . 258
3.8. Государственная метрологическая служба РФ . . . 258
3.8.1. Метрологические службы . . . 258
3.8.2. Государственный метрологический контроль и надзор . . . 261
3.8.3. Права и обязанности государственных инспекторов по обеспечению единства измерений . . . 266
3.9. Основы квалиметрии . . . 267
3.10. Общие характеристики измерительных приборов . . . 270
3.10.1. Аналоговые измерительные приборы . . . 270
3.10.2. Цифровые измерительные приборы . . . 276
3.11. Расчет точности кинематических цепей . . . 277

4. Технические измерения . . . 282

4.1. Линейные измерения . . . 282
4.2. Угловые измерения . . . 294
4.3. Альтернативный метод контроля изделий . . . 301
4.3.1. Калибры для гладких цилиндрических деталей . . . 302
4.3.2. Контроль размеров высоты и глубины . . . 307
4.3.3. Контроль конусов и углов . . . 309
4.4. Измерения формы и расположения поверхностей . . . 310
4.5. Контроль и измерение шероховатости . . . 312
4.6. Контроль и измерение резьбы . . . 315
4.6.1. Контроль резьбы калибрами . . . 315
4.6.2. Дифференцированный (поэлементный) контроль параметров резьбы . . 317
4.7. Измерение и контроль зубчатых колес и передач . . . 319
4.8. Измерения с помощью цифровых измерительных приборов . . . 324
4.9. Измерение электрических и магнитных величин . . . 326
4.9.1. Электромеханические измерительные приборы . . . 328
4.9.2. Электротермические измерительные приборы . . . 329
4.10. Информационно-измерительные системы и измерительно-вычислительные комплексы . . . 330
4.11. Автоматизация системы контроля и управления сбором данных . . . 332
4.11.1. Задачи и разновидности автоматизированных систем контроля . . . 332
4.11.2. Измерительные преобразователи . . . 334
4.11.3. Измерительные роботы . . . 342

4.12. Измерение температуры 343
4.12.1. Температурные шкалы и единицы тепловых величин 344
4.12.2. Механические контактные термометры 346
4.12.3. Электрические контактные термометры 347
4.12.4. Пирометры излучения 348

5. Основы сертификации 354
5.1. Основные понятия, цели и объекты сертификации 354
5.2. История развития сертификации 356
5.3. Правовое обеспечение сертификации 357
5.4. Роль сертификации в повышении качества продукции 358
5.5. Качество и конкурентоспособность продукции 359
5.5.1. Общие сведения о конкурентоспособности продукции 359
5.5.2. Основные понятия и определения в области качества продукции 363
5.5.3. Управление качеством продукции 373
5.5.4. Сертификация систем качества 386
5.6. Качество продукции и защита потребителей 387
5.7. Аудит качества 388
5.8. Системы сертификации 390
5.8.1. Обязательное подтверждение соответствия 390
5.8.2. Добровольная сертификация 391
5.9. Схемы сертификации 392
5.10. Органы сертификации, испытательные лаборатории и центры сертификации 396
5.11. Правила и порядок проведения сертификации 399
5.12. Аккредитация органов по сертификации и испытательных (измерительных) лабораторий 402
5.13. Развитие сертификации на международном, региональном и национальном уровнях 405
5.13.1. Международная сертификация 405
5.13.2. Региональная сертификация 408
5.13.3. Национальные организации по сертификации в зарубежных странах . . 410

Приложение 1. Условные обозначения 414

Приложение 2. Основные законы и нормативные документы 418

Приложение 3. Системы сертификации 425

Список литературы 430

Введение

В современной рыночной экономике конкурентоспособность выпускаемой предприятием продукции определяет жизнеспособность данного предприятия. Одним из главных факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции, работ и услуг, является их качество.

Стандартизация, взаимозаменяемость, метрология, технические измерения и сертификация продукции, работ и услуг являются инструментами обеспечения качества. Поэтому в настоящем учебнике они рассмотрены во взаимосвязи с качеством и конкурентоспособностью продукции.

На основе стандартизации сформированы принципы и нормативные акты взаимозаменяемости, метрологии, технических измерений, систем управления качеством и сертификации.

Проблема качества является важнейшим фактором повышения уровня жизни, экономической, социальной и экологической безопасности. Качество — комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии, организация производства, маркетинг и др. Важнейшей составляющей всей системы качества является качество продукции. В современной литературе и практике существуют различные трактовки понятия качества. Международная организация по стандартизации определяет качество (стандарт ИСО-8402) как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности. Требования к качеству на международном уровне определены стандартами ИСО серии 9000. Эти стандарты вторглись непосредственно в производственные процессы, сферу управления и установили четкие требования к системам обеспечения качества, положили начало сертификации систем качества. Возникло самостоятельное направление науки об управлении — *менеджмент качества*. В настоящее время ученые и практики за рубежом связывают современные методы менеджмента качества с методологией TQM (total quality management) — всеобщим (всеохватывающим, тотальным) менеджментом качества.

Стандарты ИСО серии 9000 установили единый признанный в мире подход к договорным условиям по оценке систем качества и одновременно регламентировали отношения между производителями и потребителями продукции.

В 1990-е гг. появились стандарты ИСО серии 14000, устанавливающие требования к системам менеджмента с точки зрения защиты окружающей среды и безопасности продукции.

Соответствие стандартам ИСО 14000 становится не менее популярным, чем соответствие стандартам ИСО 9000. Существенно возросло влияние гуманистической составляющей качества. Усиливается внимание руководителей предприятий к удовлетворению потребностей своего персонала.

В 1993 г. принята новая редакция комплекса государственных основополагающих стандартов «*Государственная система стандартизации Российской Федерации (ГСС)*». Изменения и дополнения к ней приближают организацию стандартизации в РФ к международным правилам и учитывают реалии рыночной экономики. Полностью обновлены положения ГСС, касающиеся государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований стандартов и правил сертификации. Определенные изменения в соответствии с рекомендациями ИСО/МЭК внесены и в терминологию. Приближение правил отечественной стандартизации к международным отражено также в трактовке требований государственного стандарта (они разделены на обязательные для выполнения и рекомендательные). Исключены правила по установлению в стандартах требований к изготовителям о предоставлении гарантии. Следуя международному опыту, их относят к коммерческим, не подлежащим стандартизации, а оговариваемым в договорных отношениях.

Новая система стандартизации дает возможность участвовать в процессе создания стандарта всем заинтересованным сторонам: изготовителям продукции, потребителям, разработчикам проектов, представителям общественных организаций, отдельным специалистам и т. д.

В настоящее время принята новая концепция стандартизации [14], которая направлена на еще большее приближение России к возможности вступления в ВТО.

Взаимозаменяемость выражается в том, что при сборке нет необходимости в подгонке соединяемых деталей и комплектующих изделий, а конечная продукция имеет заданные технические характеристики. Например, станки обеспечивают установленную точность обработки, автомобили имеют заданную скорость и т. д.

В машино- и приборостроении широко используют стандартные нормативно-технические документы, стандартные детали, а также комплектующие изделия, изготовленные на специализированных предприятиях, поэтому *взаимозаменяемость базируется на стандартизации и способствует ее развитию*, а также развитию специализаций и кооперированию в промышленности.

Одним из основных условий осуществления взаимозаменяемости является точность деталей, узлов и комплектующих изделий по геометрическим параметрам, к которым относятся: точность размеров или нормированные допуски; характер соединения деталей при сборке (посадка); точность формы и расположения поверхностей; шероховатость и волнистость поверхностей.

Точность размеров, формы и расположения поверхностей, а также шероховатость поверхностей в настоящее время оцениваются долями микрометров. Поэтому способы определения действительных значений этих параметров или методы технических измерений весьма трудоемки и требуют соответствующих измерительных средств.

Вопросами теории и практики обеспечения единства измерений занимается *метрология.*

Ускорение научно-технического прогресса, темпов роста производительности труда, повышение качества продукции (надежности, экономичности, технологичности изделий) неразрывно связаны с увеличением объема экспериментальных работ и, соответственно, с объемом получаемой и перерабатываемой измерительной информации. Повышаются требования к экспериментальным исследованиям: необходимо сокращать сроки проведения опытных разработок, добиваться высокой точности измерений и результатов научно-исследовательских работ.

Измерения количественно характеризуют окружающий материальный мир. Известный русский ученый Б. Я. Якоби образно высказался о значении измерений для человека: «Искусство измерения является могущественным оружием, созданным человеческим разумом для проникновения в законы природы и подчинения ее сил нашему господству».

Измерение может осуществляться при наличии соответствующих технических средств и отработанной техники проведения измерений. В интересах всех стран измерения, где бы они ни выполнялись, должны быть согласованы, чтобы результаты измерений одинаковых величин, полученные в разных местах и с помощью различных измерительных средств, были бы воспроизводимы на уровне требуемой точности. Эти требования способна обеспечить стандартизация на международном, региональном и национальном уровнях.

Технический контроль является неотъемлемым видом метрологической практики. Часто контроль принято осуществлять по количественным и качественным показателям. Однако при любых обстоятельствах *контроль нельзя рассматривать вне связи с измерением.*

Для полноценного функционирования любого предприятия требуется соответствующее его профилю деятельности метрологическое обеспечение.

Метрологическое обеспечение (МО) — установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

В перечень основных задач метрологического обеспечения в технике входят:

- определение путей наиболее эффективного использования научных и технических достижений в области метрологии и автометрии, к которой относятся теоретические основы проектирования автоматических измерительных и контрольных и измерительно-информационных систем;
- стандартизация основных правил, положений, требований и норм метрологического обеспечения;
- определение рациональной номенклатуры измеряемых параметров, установление оптимальных норм точности измерений, порядка выбора и назначений средств измерений;
- организация и проведение метрологической экспертизы на стадиях разработки, производства и испытаний изделий;

- разработка и применение прогрессивных методов измерений, методик и средств измерений;
- автоматизация сбора, хранения и обработки измерительной информации;
- осуществление ведомственного контроля за состоянием и применением на предприятиях отрасли образцовых, рабочих и нестандартизованных средств измерений;
- проведение обязательных государственной или ведомственной поверок средств измерений, их ремонта;
- обеспечение постоянной готовности к проведению измерений;
- развитие метрологической службы отрасли и др.

Значимость метрологического обеспечения для народного хозяйства очевидна, так как в нашей стране ежегодно выполняется свыше 20 млрд измерений, являющихся неотъемлемой частью трудовых процессов. На основе измерений получают информацию о свойствах сырья, материалов, орудий производства, о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Оценка качества продукции, соответствие изготовленных изделий требованиям технической документации, механизация и автоматизация технологических процессов, процессов регулирования и управления неизбежно связаны с измерениями и измерительной техникой.

Взаимозаменяемость деталей и элементов конструкций, имеющая огромное значение в промышленном производстве, возможна только при условии широкого применения СИ и обеспечения единства измерений при необходимой их точности.

Измерения проводят при учете материальных ценностей, энергетических ресурсов, для охраны окружающей среды и обеспечения безопасности труда.

Сертификация продукции, работ и услуг заключается в подтверждении соответствия продукции установленным требованиям и напрямую связана с качеством. Некачественная продукция не может быть сертифицирована.

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

Система оценки и подтверждения соответствия является одним из механизмов контроля качества и безопасности продукции, работы и услуги и потому должна гармонично сочетаться с другими формами контроля — государственным контролем и надзором, лицензированием, добровольной сертификацией.

Перспективы развития сертификации в России изложены в «Концепции совершенствования действующей в стране сертификации продукции и услуг и перехода к механизму — „оценка и подтверждения соответствия“» [15].

1 Основы стандартизации

Стандартизация (в соответствии с законом «О техническом регулировании») — это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

Стандартизация осуществляется в целях:

- повышения уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного или муниципального имущества, экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений и содействия соблюдению требований технических регламентов;
- повышения уровня безопасности объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- обеспечения научно-технического прогресса;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг;
- рационального использования ресурсов;
- технической и информационной совместимости;
- сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных;
- взаимозаменяемости продукции.

Стандартизация направлена на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного применения в отношении реально существующих или потенциальных задач.

1.1. Роль стандартизации в народном хозяйстве

В развитом обществе стандартизация является одним из инструментов управления народным хозяйством. Она непосредственно влияет на повышение эффективности общественного производства, представляя собой научный метод оптимального упорядочения в масштабах государства номенклатуры и качества выпускаемой продукции. Стандарт и качество неотделимы друг от друга. Госу-

дарственный стандарт предназначен концентрировать передовой промышленный опыт и новейшие достижения науки и техники, связывая их с перспективами развития народного хозяйства. Тем самым стандарт превращается в норму общественно необходимых требований к качеству продукции.

Стандартизацию следует рассматривать как практическую деятельность, как систему управления и как науку [43].

Стандартизация *как практическая деятельность* заключается в установлении нормативных документов по стандартизации и применению правил, норм и требований, обеспечивающих оптимальное решение повторяющихся задач в сферах общественного производства и социальной жизни. Эта деятельность направлена на:

- комплексное нормативно-техническое обеспечение всестороннего совершенствования управления народным хозяйством;
- интенсификацию общественного производства и повышение его эффективности;
- ускорение научно-технического прогресса и улучшение качества продукции;
- рациональное и экономное использование ресурсов.

Стандартизация как *система управления* практической деятельностью осуществляется в Российской Федерации на основе Государственной системы стандартизации (ГСС), являющейся системой планового управления практической деятельностью по стандартизации. Она опирается на комплекс нормативно-технических документов, устанавливающих взаимоувязанные требования по организации и методике выполнения практических работ по стандартизации.

Стандартизация *как наука* о методах и средствах стандартизации выявляет, обобщает и формулирует закономерности деятельности по стандартизации в целом и по ее отдельным направлениям. Развитие стандартизации как науки помогает улучшать систему организации этой деятельности и способствует совершенствованию практических работ в этой области.

Объектом стандартизации являются продукция, работа (процесс), услуга, подлежащие или подвергшиеся стандартизации, которые в равной степени относятся к любому материалу, компоненту, оборудованию, системе, их совместимости, правилу, процедуре, функции, методу или деятельности. При этом услуга как объект стандартизации охватывает как услуги для населения, так и производственные услуги для предприятий и организаций.

Продукция производственно-технического назначения и товары народного потребления являются наиболее традиционными объектами стандартизации, на которые разработано наибольшее количество стандартов. Объектами стандартизации являются также типовые технологические процессы, формы и методы организации труда и производства, правила выполнения производственных и контрольных операций, правила транспортировки и хранения продукции и т. п.

В социальной жизни объектами стандартизации являются охрана труда и здоровья населения, охрана и улучшение природной среды обитания человека, рациональное использование природных ресурсов, средства информации и взаимопонимания людей и т. п.

1.2. Краткие сведения из истории развития стандартизации

Стандартизацией человек занимается с древнейших времен. Например, письменность насчитывает по меньшей мере 6 тысяч лет и возникла согласно последним находкам в Шумере или Египте. Знаки, пиктограммы и другие формы письма можно рассматривать как ранние примеры стандартизации. Цифры появились, по крайней мере, у вавилонян около 4 тыс. лет назад. Нотная запись также является, можно сказать, древним нормализованным языком, она появилась в Греции, вероятнее всего, около 200 г. до н. э.

Карты, содержащие символические обозначения городов и деревень, известны в Китае с 206 г. до н. э.

Печатание отмечено в 1700–1600 гг. до н. э. на глиняных табличках из дворца в Фесте.

Император Китая Цинь Шихуанди (около 2200 лет назад) для упрощения сбора налогов сделал все гири, меры и монеты одинаковыми. Он унифицировал написание иероглифов и даже установил одинаковыми длины осей у телег для обеспечения единой колеи на дорогах.

Искусство измерения было известно в Древнем Египте примерно 7 тысяч лет назад. В египетских гробницах были найдены эталоны длины, на строительстве пирамид применялся «царский локоть» длиной около 52,6 см. В XVIII веке до н. э. царь Хаммурапи издал закон, в котором были установлены и стандартизованы веса и меры.

Со временем развитие мер и весов сильно расширилось. Чем сложнее становились сделки и чем больше появлялось поддельных мер и гирь, тем всестороннее становились законы. Об этом говорилось и в Библии: «Да не преступишь ты закона с помощью неверного локтя, неверной гири, неверной меры. Верные весы, верные гири, верные сосуды, верные меры да будут с тобой». Упоминание о ранних системах весов мы находим и в скандинавской истории.

Множество примеров показывают, что меры объема также были нормализованы рано. Например, римляне пользовались стандартной мерой *конгиус*, равняющейся шести *секстариям* (один секстарий приблизительно равен *пинте*). Восемь конгиусов составляли одну *амфору*.

Измерение времени дает очень ранние примеры стандартизации и восходит по меньшей мере к вавилонянам. В Китае уже в V веке до н.э. был принят календарь, насчитывающий 365,25 дня. Наш календарь прослеживается до эпохи Цезаря (45 г. до н. э.), уточнен и исправлен в 1581 г. при правлении римского папы Григория XIII.

В строительстве города Чатал-Гуют (6500–5700 гг. до н. э.) были использованы кирпичи со стандартными размерами (8 × 16 × 32 см).

В эпоху Возрождения в результате развития экономических связей между государствами начинают широко использоваться различные методы стандартизации. Так, в связи с необходимостью строительства большого количества судов в Ве-

нении галеры начинают собирать из заранее изготовленных деталей и узлов (был использован метод унификации).

В период перехода к машинному производству имели место такие впечатляющие достижения стандартизации, как создание французом Лебланом в 1785 г. 50 оружейных замков, каждый из которых был пригоден для любого из одновременно изготовленных ружей без предварительной подгонки (пример достижения взаимозаменяемости и совместимости); с целью перехода к массовому производству в Германии на королевском оружейном заводе был установлен стандарт на ружья, по которому калибр последних был определен 13,9 мм; в 1845 г. в Англии была введена система крепежных резьб; тогда же в Германии была стандартизирована ширина железнодорожной колеи.

Началом международной стандартизации можно считать принятие в 1875 г. представителями 19 государств Международной метрической конвенции и учреждение Международного бюро мер и весов.

Первые упоминания о стандартах в России отмечены во времена правления Ивана Грозного, когда были введены для измерения пушечных ядер стандартные калибры — *кружала*. Петр I, стремясь к расширению торговли с другими странами, не только ввел технические условия, учитывающие повышенные требования иностранных рынков к качеству отечественных товаров, но и организовал правительственные бракеражные комиссии в Петербурге и Архангельске. В обязанность этих комиссий входила тщательная проверка качества экспортируемого Россией сырья (древесины, льна, пеньки и др.).

Развитие государственной стандартизации началось только при Советской власти. В 1918 г. Лениным был подписан декрет Совета Народных Комиссаров РСФСР «О введении Международной метрической системы мер и весов». В 1923 г. создано Бюро по стандартизации при Народном комиссариате рабоче-крестьянской инспекции (НКРКИ) для подготовки предложений по созданию руководящего органа по стандартизации. В 1925 г. был организован Комитет по стандартизации при Совете Труда и Обороны СССР и введена государственная стандартизация в СССР. Первым председателем комитета был назначен В. В. Куйбышев.

В 1926 г. утвержден первый общесоюзный стандарт «Пшеница. Селективные сорта зерна. Номенклатура». В последующие три года Комитет по стандартизации при СТО утвердил более 300 стандартов. В 1930 г. решением XVI съезда ВКП(б) была установлена ответственность за качество продукции.

За период 1929–1932 гг. было утверждено более 4500 стандартов, главным образом на продукцию тяжелой промышленности. В 1940 г. постановлением СНК СССР введена категория государственных стандартов (ГОСТ). С начала второй пятилетки и до 1941 г. было разработано и утверждено 8600 ГОСТов, что подготовило промышленность страны к работе в военных условиях. Стандарты периода войны и послевоенных пятилеток (1945–1965 гг.) предусматривали сокращение типов, марок, видов, размеров изделий, что обусловило ускорение выпуска продукции для фронта и процесс восстановления народного хозяйства. Только за один год войны было утверждено 2200 новых стандартов, которые позволили мобилизовать ресурсы страны.

В 1954 г. создан Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. С этого момента руководство стандартизацией и метрологией в стране стало единым.

В 1970 г. Комитет стандартов мер и измерительных приборов Совета Министров СССР был преобразован в Государственный комитет Совета Министров СССР по стандартам (Госстандарт).

В 1968 г. был разработан и утвержден комплекс государственных стандартов «Государственная система стандартизации» (ГСС). Согласно ГОСТ 1.0–68 были введены четыре категории стандартов: государственный стандарт СССР (ГОСТ), республиканский стандарт (РСТ), отраслевой стандарт (ОСТ), стандарт предприятия (СТП).

Значительный вклад в развитие стандартизации был внесен Советом Экономической Взаимопомощи. В 1962 г. были созданы Постоянная комиссия СЭВ по стандартизации (ПКС СЭВ) и Институт СЭВ по стандартизации.

Создание ПКС явилось поворотным моментом в проведении работ по стандартизации в странах-членах СЭВ, который был вызван углублением экономических и научно-технических связей в рамках СЭВ. Была создана постоянная организационная основа для многостороннего сотрудничества по стандартизации и метрологии как важнейшего элемента программы социалистической интеграции стран — членов СЭВ.

21 июня 1974 г. сессия СЭВ на своем заседании утвердила положение о стандарте Совета Экономической Взаимопомощи. В первые годы после утверждения Положения о СТ СЭВ основное внимание было уделено созданию систем общетехнических базовых СТ СЭВ. Так были созданы и внедрены Единая система проектно-конструкторской документации СЭВ (ЕСКД СЭВ), Единая система допусков и посадок (ЕСДП СЭВ) и др.

Создание систем общетехнических СТ СЭВ явилось необходимой основой для разработки предметных СТ СЭВ. К ним относятся объекты судостроения и сельскохозяйственного машиностроения, контейнерно-транспортные системы, средства механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ, сосуды высокого давления, топливные насосы, кованые трубы и др.

На 1 января 1985 г. было утверждено более 5000 СТ СЭВ, в том числе около 800 стандартов общетехнического характера, более 1100 стандартов на изделия машиностроения, 450 стандартов на продукцию химической и нефтеперерабатывающей промышленности, около 400 стандартов на изделия электротехники, около 200 стандартов на продукцию легкой и пищевой промышленности и др.

В 1974 г. заинтересованными странами — членами СЭВ была принята Конвенция об обязательности применении СТ СЭВ.

При стандартизации в рамках СЭВ большое значение придавалось комплексной стандартизации, под которой понималось целенаправленное и планомерное установление в стандартах СЭВ взаимосвязанных требований как к самому объекту комплексной стандартизации в целом, так и к его основным элементам.

Правительства государств — участников СНГ, признавая необходимость проведения в области стандартизации согласованной технической политики, подписали

13 марта 1992 г. Соглашение о политике в области стандартизации, метрологии и сертификации. В соответствии с Соглашением был создан Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, в задачу которого входила организация работ по стандартизации (а также метрологии и сертификации) на межгосударственном уровне. Для Российской Федерации это послужило началом формирования российской системы стандартизации.

В 1993 г. был принят Закон РФ «О стандартизации», который определил меры государственной защиты интересов потребителей посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации.

1.3. Государственная система стандартизации (ГСС)

ГСС устанавливает общие организационно-технические правила системы стандартизации в Российской Федерации.

Положения стандартов ГСС применяют государственные органы управления, субъекты хозяйственной деятельности, научно-технические, инженерные общества и другие общественные объединения, в том числе технические комитеты (ТК) по стандартизации.

ГСС изложена в следующих нормативных документах:

- ГОСТ Р 1.0–92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения;
- ГОСТ Р 1.2–92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов;
- ГОСТ Р 1.4–93. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения;
- ГОСТ Р 1.5 -92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов;
- ГОСТ Р 1.8–95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки и применения межгосударственных стандартов;
- ГОСТ Р 1.9–95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок маркирования продукции и услуг знаком соответствия государственным стандартам;
- ГОСТ Р 1.10–95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки, принятия, регистрации правил и рекомендаций по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации и информации о них;
- ИСО/МЭК 2. Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности;
- ПР 50–688–92. Временное типовое положение о техническом комитете по стандартизации;

- Р 50–605–79–93. Рекомендации по разработке положения о службе стандартизации предприятия;
- ПР 50–734–93. Порядок разработки общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации;
- ПР 50–718–94. Правила заполнения и представления каталожных листов продукции;
- Р 50.1.004–95. Порядок подготовки в Госстандарте России межгосударственных стандартов для принятия в Российской Федерации;
- Положение об организации и осуществлении государственного контроля и надзора в области стандартизации, обеспечении единства измерений и обязательной сертификации. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 16 мая 2003 г. № 287;
- Правила по стандартизации. Порядок проведения Государственным комитетом РФ по стандартизации и метрологии государственного контроля и надзора. Утверждены Постановлением Госстандарта России от 23 сентября 2002 г. № 91.

Правовые основы стандартизации в Российской Федерации устанавливает Закон РФ «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184–ФЗ. Он обязателен для всех государственных органов управления, а также предприятий и предпринимателей, общественных объединений. В нем отражены меры государственной защиты интересов потребителей и государства путем разработки и применения нормативных документов по стандартизации.

1.3.1. Задачи стандартизации

Основными задачами стандартизации являются:

- обеспечение взаимопонимания между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями (заказчиками);
- установление оптимальных требований к номенклатуре и качеству продукции в интересах потребителя и государства, в том числе обеспечивающих ее безопасность для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- установление требований по совместимости (конструктивной, электрической, электромагнитной, информационной, программной и др.), а также взаимозаменяемости продукции;
- согласование и увязка показателей и характеристик продукции, ее элементов, комплектующих изделий, сырья и материалов;
- унификация на основе установления и применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, конструктивно-унифицированных блочно-модульных составных частей изделий; установление метрологических норм, правил, положений и требований;
- нормативно-техническое обеспечение контроля (испытаний, анализа, измерений), сертификации и оценки качества продукции;
- установление требований к технологическим процессам, в том числе для снижения материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости, для обеспечения применения малоотходных технологий;

- создание и ведение систем классификации и кодирования технико-экономической информации;
- нормативное обеспечение межгосударственных и государственных социально-экономических и научно-технических программ (проектов) и инфраструктурных комплексов (транспорт, связь, оборона, охрана окружающей среды, контроль среды обитания, безопасность населения и т. д.);
- создание системы каталогизации для обеспечения потребителей информацией о номенклатуре и основных показателях продукции;
- содействие выполнению законодательства Российской Федерации методами и средствами стандартизации.

1.3.2. Основные понятия и определения в системе стандартизации

Нормативный документ — документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов. Нормативный документ охватывает такие понятия, как стандарты и иные нормативные документы по стандартизации, нормы, правила, своды правил, регламенты и другие документы, соответствующие основному определению.

Стандарт — документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт также может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения;

Международный стандарт — стандарт, принятый международной организацией;

Национальный стандарт — стандарт, утвержденный национальным органом Российской Федерации по стандартизации;

Комплекс стандартов — совокупность взаимосвязанных стандартов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к взаимосвязанным объектам стандартизации.

Регламент — документ, содержащий обязательные правовые нормы и принятый органами власти.

Техническое регулирование — правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Технический регламент — документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к

объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Международная стандартизация — стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов всех стран.

Региональная стандартизация — стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов стран только одного географического или экономического региона мира.

Национальная стандартизация — стандартизация, которая проводится на уровне одной страны.

Безопасность — отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба.

Охрана здоровья людей — защита здоровья людей от неблагоприятного воздействия продукции, работ (процессов) и услуг, окружающей среды.

Охрана окружающей среды — защита окружающей среды от неблагоприятного воздействия продукции, работ (процессов) и услуг.

Совместимость — пригодность продукции, процессов и услуг к совместному, не вызывающему нежелательных взаимодействий, использованию при заданных условиях для выполнения установленных требований.

Взаимозаменяемость — пригодность одного изделия, процесса, услуги для использования вместо другого изделия, процесса, услуги в целях выполнения одних и тех же требований.

Унификация — выбор оптимального числа разновидностей продукции, процессов и услуг, значений их параметров и размеров.

Применение стандарта — использование стандарта его пользователями с выполнением требований, установленных в стандарте, в соответствии с областью его распространения и сферой действия.

Пользователь стандарта — юридическое или физическое лицо, применяющее стандарт в своей производственной, научно-исследовательской, опытно-конструкторской, технологической, учебно-педагогической и других видах деятельности.

Отрасль — совокупность субъектов хозяйственной деятельности независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, разрабатывающих и (или) производящих продукцию (выполняющих работы и оказывающих услуги) определенных видов, которые имеют однородное потребительное или функциональное назначение.

Правила (ПР) — документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, устанавливающий обязательные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также *обязательные* требования к оформлению результатов этих работ.

Рекомендации (Р) — документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, содержащий *добровольные* для применения организа-

ционно-технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также рекомендуемые правила оформления результатов этих работ.

Соответствие государственному стандарту (государственным стандартам) — соблюдение изготовителем всех установленных в государственном стандарте (государственных стандартах) требований к продукции.

Контроль (*надзор*) за соблюдением требований технических регламентов -проверка выполнения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований технических регламентов к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации и принятие мер по результатам проверки.

1.3.3. Органы и службы стандартизации

Государственное управление стандартизацией в Российской Федерации осуществляет Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии (Госстандарт России). Работы по стандартизации в области строительства организует Государственный комитет по жилищной и строительной политике (Госстрой России).

По закону «О техническом регулировании» Госстандарт России в области стандартизации решает следующие вопросы:

- утверждает национальные стандарты;
- принимает программу разработки национальных стандартов;
- организует экспертизу проектов национальных стандартов;
- обеспечивает соответствие национальной системы стандартизации интересам национальной экономики, состоянию материально-технической базы и научно-техническому прогрессу;
- осуществляет учет национальных стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций в этой области и обеспечивает их доступность заинтересованным лицам;
- создает технические комитеты по стандартизации и координирует их деятельность;
- организует опубликование национальных стандартов и их распространение;
- участвует в соответствии с уставами международных организаций в разработке международных стандартов и обеспечивает учет интересов Российской Федерации при их принятии;
- утверждает изображение знака соответствия национальным стандартам;
- представляет Российскую Федерацию в международных организациях, осуществляющих деятельность в области стандартизации.

Работы по стандартизации в области строительства организует Госстрой России.

Для организации и осуществления работ по стандартизации определенных видов продукции и технологии или видов деятельности, а также проведения по указанным объектам работ по международной (региональной) стандартизации создают технические комитеты (ТК) по стандартизации.

К работе в ТК привлекаются на добровольной основе полномочные представители заинтересованных предприятий и организаций. К работе в технических комитетах должны привлекаться ведущие ученые и специалисты. ТК создаются на базе предприятий (организаций), специализирующихся по определенным видам продукции и технологий или видам деятельности и обладающих в данной области наиболее высоким научно-техническим потенциалом, в том числе на базе организаций Госстандарта России или Госстроя России.

Госстандарт осуществляет свои функции непосредственно и через созданные им органы. К территориальным органам Госстандарта относятся центры стандартизации и метрологии (ЦСМ), которых на территории РФ более 100 (например, в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Иркутске и в других центрах экономических районов).

К российским службам стандартизации относятся научно-исследовательские институты Госстандарта России (20 институтов) и технические комитеты по стандартизации.

К *научно-исследовательским институтам* Госстандарта, например, относятся: НИИ стандартизации (ВНИИстандарт) — головной институт в области Государственной 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.

Деятельность по стандартизации осуществляется и другими федеральными органами исполнительной власти в пределах их компетенции. Эти органы в своих стандартах могут устанавливать обязательные требования к качеству продукции (работ, услуг), то есть создавать технические регламенты. В частности, роль технических регламентов выполняют санитарные нормы и правила (СанНиП), вводимые Минздравом России; строительные нормы и правила (СНиП) Госстроя России, государственные образовательные стандарты Министерства образования Российской Федерации и др.

Для организации и координации работ по стандартизации в отраслях экономики и иных сферах деятельности государственные органы управления в пределах их компетенции создают при необходимости подразделения (службы) стандартизации и (или) назначают головные организации по стандартизации.

Субъекты хозяйственной деятельности также организуют и проводят работы по стандартизации. Их подразделения (службы) стандартизации (конструкторско-технологические и научно-исследовательские отделы, лаборатории, бюро) выполняют научно-исследовательские, опытно-конструкторские и другие работы по стандартизации, участвуют в выполнении работ по стандартизации, проводимых другими подразделениями предприятия, а также осуществляют организаци-

онно-методическое и научно-техническое руководство работами по стандартизации на предприятии.

Руководители предприятий несут ответственность за организацию и состояние выполняемых работ по стандартизации на этих предприятиях.

1.3.4. Нормативные документы по стандартизации

Нормативные документы по стандартизации применяются государственными органами управления, субъектами хозяйственной деятельности на стадиях разработки, подготовки продукции к производству, ее изготовления, реализации (поставки, продажи), использования (эксплуатации), хранения, транспортирования и утилизации, при выполнении работ и оказании услуг, при разработке технической документации (конструкторской, технологической, проектной), в том числе технических условий, каталожных листов на поставляемую продукцию (оказываемые услуги).

Перечень нормативных документов по стандартизации, действующих в Российской Федерации, приведен в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Нормативные документы по стандартизации

Наименование документа	Определение	Обозначение	Сфера действия
Государственный стандарт РФ	Стандарт, принятый Госстандартом России или Госстроем России	ГОСТ Р	Российская Федерация
Региональный стандарт	Стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации	ГОСТ, СТ СЭВ	Страны — члены региона
Межгосударственный стандарт (является стандартом регионального типа)	Стандарт, принятый Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации или Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве	ГОСТ	Страны — члены Межгосударственного совета (МГС) и (или) Межгосударственной научно-технической комиссии (МНТКС)
Международный стандарт	Стандарт, принятый международной организацией по стандартизации	ИСО, МЭК, ИСО/МЭК	Страны — члены и члены-корреспонденты ИСО и МЭК
Общероссийский классификатор технико-экономической информации	Документ, принятый Госстандартом России или Госстроем России	ОК	Российская Федерация

Наименование документа	Определение	Обозначение	Сфера действия
Стандарт отрасли	Стандарт, принятый государственным органом управления в пределах его компетенции применительно к продукции, работам и услугам отраслевого значения	ОСТ	В одной или нескольких отраслях
Стандарт предприятия	Стандарт, принятый предприятием применительно к внутренним продукции, работам и услугам.	СТП	На данном предприятии
Стандарт научно-технического, инженерного общества	Стандарт, принятый научно-техническим, инженерным обществом или другим общественным объединением	СТО	На принципиально новые виды продукции, процессы, услуги, методы испытаний
Технические условия	Документ, разработанный на конкретную продукцию (изделие, материал, вещество)	ТУ	На конкретное изделие, материал, вещество
Правила	Документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, устанавливающий обязательные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также обязательные требования к оформлению результатов этих работ	ПР	Российская Федерация
Рекомендации	Документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, содержащий добровольные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также рекомендуемые правила оформления результатов этих работ	Р	Российская Федерация

Продолжение

Таблица 1.1. Продолжение

Наименование документа	Определение	Обозначение	Сфера действия
Правила по межгосударственной стандартизации	См. «Правила»	ПМГ	Страны — члены МГС и (или) МНКТС
Рекомендации по межгосударственной стандартизации	См. «Рекомендации»	РМГ	Страны — члены МГС и (или) МНКТС
Регламент	Документ, содержащий обязательные правовые нормы и принятый органами власти		Сфера действия регламента

Все действующие в Российской Федерации государственные, межгосударственные, региональные, национальные стандарты других стран вносятся в ежегодно переиздаваемый указатель «Государственные стандарты».

Государственные стандарты (ГОСТ Р) разрабатываются на продукцию, работы и услуги, имеющие межотраслевое значение, и не должны противоречить законодательству Российской Федерации.

Государственные стандарты должны содержать:

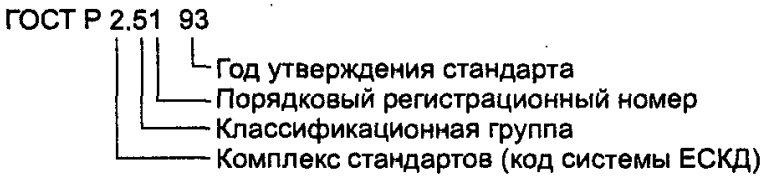
- требования к продукции, работам и услугам по их безопасности для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, требования техники безопасности и производственной санитарии;
- требования по технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- основные потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции, методы их контроля, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению, применению и утилизации продукции;
- правила и нормы, обеспечивающие техническое и информационное единство при разработке, производстве, использовании (эксплуатации) продукции, выполнении работ и оказании услуг, в том числе правила оформления технической документации, допуски и посадки, общие правила обеспечения качества продукции, работ и услуг, сохранения и рационального использования всех видов ресурсов, термины и их определения, условные обозначения, метрологические и другие общетехнические и организационно-технические правила и нормы.

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

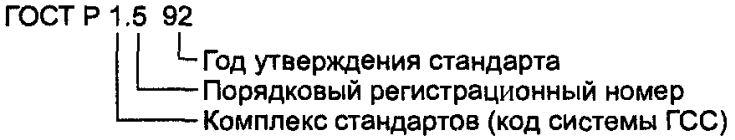
К обязательным относятся: требования по обеспечению безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, по обеспечению технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости продукции, единства методов их контроля и единства маркировки, а также иные требования, установленные законодательством Российской Федерации.

К требованиям безопасности в стандартах относят: электробезопасность, пожаробезопасность, взрывобезопасность, радиационную безопасность, предельно допустимые концентрации химических и загрязняющих веществ, безопасность при обслуживании машин и оборудования.

Примеры условного обозначения государственных стандартов:



В случае отсутствия в структуре обозначения стандарта классификационной группы порядковый регистрационный номер проставляется непосредственно после кода системы:



В обозначение стандартов на изделия, используемые только в атомной энергетике, добавляется буква А, проставляемая после двух последних цифр года утверждения стандарта.

Международные и региональные стандарты (при условии присоединения к ним Российской Федерации), а также национальные стандарты других стран (при наличии соответствующих соглашений с этими странами) применяют на территории Российской Федерации в качестве государственных стандартов. При этом они представляют собой:

- аутентичный текст на русском языке соответствующего документа;
- или аутентичный текст на русском языке соответствующего документа с дополнительными требованиями, отражающими специфику потребностей народного хозяйства.

Государственный стандарт, оформленный на основе применения аутентичного текста международного или регионального стандарта (например, ИСО/МЭК 2593: 1993) и не содержащий дополнительных требований, обозначается как

ГОСТ Р ИСО/МЭК 2593–98.

Если в государственном стандарте имеются дополнительные требования по сравнению с международным (региональным) стандартом, то в скобках приводится обозначение международного стандарта, например

ГОСТ Р 51295–99 (ИСО 2965–97).

Региональные стандарты для российских условий — это межгосударственные стандарты (ГОСТ) и стандарты бывшего Совета Экономической Взаимопомощи (СТ СЭВ). До сих пор в странах СНГ (в том числе и в Российской Федерации) применяются стандарты СЭВ, действующие в качестве межгосударственных.

Межгосударственные стандарты (ГОСТ) действуют, как региональные стандарты в странах СНГ. Основу Межгосударственной системы стандартизации (МГС

составили государственные стандарты бывшего Союза ССР. В Российской Федерации государственные стандарты бывшего Союза ССР применяются постольку, поскольку они не противоречат законодательству Российской Федерации.

Межгосударственные стандарты принимаются Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) или Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС). Решение об отмене того или иного стандарта СССР на территории Российской Федерации принимают Госстандарт или Госстрой России.

Условные обозначения межгосударственных стандартов аналогичны обозначениям государственных стандартов Российской Федерации.

Межгосударственный стандарт, оформленный на основе применения аутентичного международного стандарта (например, ИСО 9591: 1992), обозначается как

ГОСТ ИСО 9591–93.

Если в межгосударственном стандарте имеются дополнительные требования по сравнению с международным стандартом, то в скобках приводится обозначение международного стандарта, например

ГОСТ 20231–92 (ИСО 7173–89).

Международные стандарты (ИСО, МЭК, ИСО/МЭК) наиболее широко используются во всем мире; представляют собой тщательно отработанный вариант технических требований к продукции (услуге), что значительно облегчает обмен товарами, услугами и идеями между всеми странами мира.

Крупнейший партнер ИСО — Международная электротехническая комиссия (МЭК). Они поддерживают тесное сотрудничество с Европейским комитетом по стандартизации (СЕН). В целом эти три организации охватывают международной стандартизацией все области техники; кроме того, они стабильно взаимодействуют в области информационных технологий и телекоммуникации.

Международные стандарты ИСО, МЭК и ИСО/МЭК не имеют статуса обязательных для всех стран-участниц. Любая страна мира вправе применять или не применять их. Решение вопроса о применении международного стандарта связано в основном со степенью участия страны в международном разделении труда и состоянием ее внешней торговли.

По своему содержанию стандарты ИСО в меньшей мере касаются требований к конкретной продукции. Основная же масса нормативных документов касается требований безопасности, взаимозаменяемости, технической совместимости, методов испытаний продукции, а также других общих и методических вопросов. Таким образом, использование большинства международных стандартов ИСО предполагает, что конкретные технические требования к товару устанавливаются в договорных отношениях.

По содержанию стандарты МЭК отличаются от стандартов ИСО большей конкретикой: в них изложены технические требования к продукции и методам ее испытаний, а также требования по безопасности, что актуально не только для объектов стандартизации МЭК, но и для важнейшего аспекта подтверждения

соответствия — сертификации на соответствие требованиям стандартов по безопасности. Для обеспечения этой области, имеющей актуальное значение в международной торговле, МЭК разрабатывает специальные международные стандарты на безопасность конкретных товаров.

ИСО и МЭК совместно разрабатывают стандарты ИСО/МЭК, руководства ИСО/МЭК и директивы ИСО/МЭК по актуальным вопросам стандартизации, сертификации, аккредитации испытательных лабораторий и методическим аспектам.

Международные, региональные стандарты, документы ЕЭК ООН и других международных, региональных организаций и национальные стандарты других стран могут применяться в качестве стандартов отраслей, стандартов предприятий и стандартов научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений до их принятия в качестве государственных стандартов Российской Федерации.

Допускаются изготовление и поставка продукции на экспорт в соответствии с требованиями международных, региональных и национальных стандартов других стран и стандартов фирм зарубежных стран по предложению потребителя (заказчика) этих стран на договорной (контрактной) основе.

Общероссийские классификаторы технико-экономической информации создаются в рамках Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК ТЭСИ), в которую входят общероссийские классификаторы, средства их ведения, нормативные и методические документы по их разработке, ведению и применению.

Основные положения по системе ЕСКК изложены в следующих документах:

- ПР 50–733–93. Основные положения Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации и унифицированных систем документации Российской Федерации;
- ПР 50–734–93. Порядок разработки общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации;
- ПР 50–735–93. Положение о ведении общероссийских классификаторов на базе информационно — вычислительной сети Госкомстата России. (Примечание. С 1999 г. Госкомстат России преобразован в Российское статистическое агентство.)

Объектами классификации и кодирования в ЕСКК выступают: статистическая информация, макроэкономическая финансовая и правоохранительная деятельность, банковское дело, бухгалтерский учет, стандартизация, сертификация, производство продукции, предоставление услуг, таможенное дело, торговля и внешнеэкономическая деятельность.

Общее руководство и координацию работ по созданию ЕСКК осуществляют Госстандарт РФ и Росстатагентство. Научная часть этой работы ведется Всероссийским научно-исследовательским институтом классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству (ВНИИКИ).

Действующие общероссийские классификаторы

1. Общероссийский классификатор предприятий и организаций (ОКПО).

2. Общероссийский классификатор органов государственной власти и управления (ОКОГУ).
3. Общероссийский классификатор экономических районов (ОКЭР).
4. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, продукции и услуг (ОКДП).
5. Общероссийский классификатор специальностей по образованию (ОКСО).
6. Общероссийский классификатор занятий (ОКЗ).
7. Общероссийский классификатор управленческой документации (ОКУД).
8. Общероссийский классификатор продукции (ОКП).
9. Общероссийский классификатор информации по социальной защите населения (ОКИСЗН).
10. Общероссийский классификатор услуг населению (ОКУН).
11. Общероссийский классификатор стандартов (ОКС).
12. Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов (ОКПДТР).
13. Общероссийский классификатор основных фондов (ОКОФ).
14. Общероссийский классификатор валют (ОКВ).
15. Общероссийский классификатор изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (классификатор ЕСКД).
16. Общероссийский классификатор единиц измерения (ОКЕИ).
17. Общероссийский классификатор специальностей высшей научной квалификации (ОКСВНК).

Основные потоки информации, используемой в управлении хозяйством, связаны с промышленной и сельскохозяйственной продукцией. Общероссийский классификатор ОКП включает 98 классов промышленной и сельскохозяйственной продукции. В связи с тем, что в России выпускается более 200 миллионов наименований различной продукции, в производстве и распределении которой задействовано более 500 тысяч субъектов хозяйственной деятельности, планирование, учет и распределение продукции ведутся с использованием автоматической системы управления.

Одновременно с ОКП с 1991 г. в России действует внешнеторговый классификатор — Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД), которая является основой таможенного тарифа. Для увязки этих классификаторов используются переводные таблицы.

Составной частью ЕСКК ТЭСИ является *каталогизация продукции*. Она предусматривает составление перечней производимой, экспортируемой и импортируемой продукции с ее описанием (идентификацией). Каталогизация требуется специалистам всех уровней для обоснованного принятия управленческих, коммерческих и технических решений.

Формируемая в настоящее время Федеральная система каталогизации продукции для государственных нужд (ФСК) решает следующие задачи: однозначная идентификация предметов снабжения за счет единых стандартных правил опи-

сания; сбор, регистрация и хранение информации; выявление взаимозаменяемых, дублирующих и устаревших видов продукции; информационное обслуживание пользователей ФСК.

Источником информации для каталогизации являются *каталожные листы* (КЛ), представляемые в Центры метрологии и стандартизации при регистрации предприятием-изготовителем ТУ на продукцию.

В настоящее время ведется большая работа по созданию взаимосвязанных между собой классификаторов, что даст возможность обеспечивать достоверной информацией федеральные органы государственной власти России, а также иметь сопоставимую информацию при обмене ею между государствами.

Стандарты отраслей (ОСТ) могут разрабатываться и приниматься государственными органами управления в пределах их компетенции применительно к продукции, работам и услугам отраслевого значения по процедурам, установленным этими органами. В частности, стандарты отраслей разрабатывают на организационно-технические и общетехнические объекты, продукцию, работы (процессы) и услуги, применяемые в отрасли, в том числе организацию проведения работ по отраслевой стандартизации, типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий отраслевого применения (специфический крепеж, инструмент и др.), организацию работ по метрологическому обеспечению в отрасли.

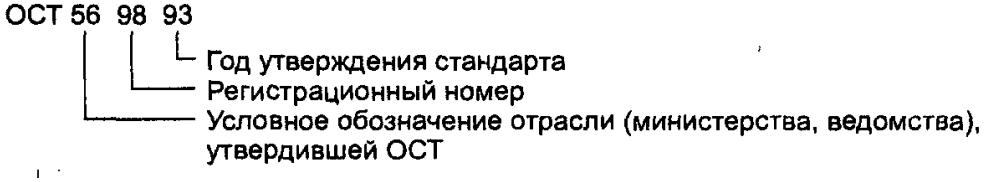
Стандарты отраслей не должны нарушать обязательные требования государственных стандартов, а также правила и нормы безопасности, установленные государственными надзорными органами по вопросам, отнесенным к их компетенции. Требования стандартов отраслей подлежат своевременному приведению в соответствие с достижениями науки, техники и технологии, а также требованиями государственных стандартов.

Стандарт отрасли применяют на территории Российской Федерации предприятия, подведомственные государственному органу управления, принявшему данный стандарт. Иные субъекты хозяйственной деятельности применяют стандарты отраслей на добровольной основе.

Требования стандартов отраслей к продукции, работам (процессам) и услугам подлежат обязательному соблюдению субъектами хозяйственной деятельности, если об этом указывается в технической документации изготовителя (поставщика) продукции, исполнителя работ и услуг или в договоре.

Ответственность за соответствие требований стандартов отраслей обязательным требованиям государственных стандартов несут принявшие их государственные органы управления.

Пример условного обозначения отраслевого стандарта



(56 — условное обозначение Федеральной службы лесного хозяйства).

Система регистрационной нумерации разрабатывается отраслью и согласовывается с Госстандартом России.

Стандарты предприятий (СТП) могут разрабатываться и утверждаться предприятиями самостоятельно, исходя из необходимости их применения в целях совершенствования организации и управления производством. При этом стандарты предприятий не должны нарушать обязательные требования государственных стандартов.

Требования стандартов предприятий подлежат обязательному соблюдению другими субъектами хозяйственной деятельности, если в договоре на разработку, производство и поставку продукции, на выполнение работ и оказание услуг сделана ссылка на эти стандарты.

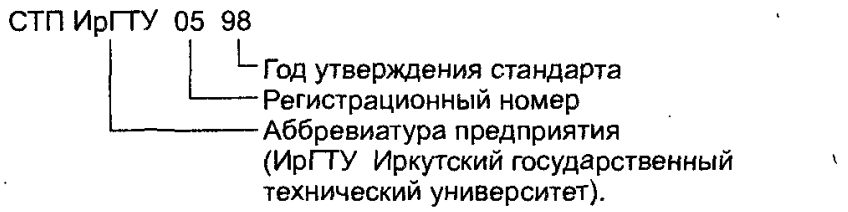
В соответствии с ГОСТ Р 1.4–93 стандарты предприятий могут разрабатываться субъектами хозяйственной деятельности в следующих случаях:

1. Для обеспечения применения на предприятии государственных стандартов, стандартов отраслей, международных, региональных и национальных стандартов других стран, стандартов научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений.
2. На создаваемые и применяемые на данном предприятии продукцию, процессы и услуги, в том числе:
   1) составные части продукции, технологическую оснастку и инструмент;
   2) технологические процессы, а также общие технологические нормы и требования к ним с учетом обеспечения безопасности для окружающей среды, жизни и здоровья;
   3) услуги, оказываемые внутри предприятия;
   4) процессы организации и управления производством.

Основным назначением СТП является решение внутренних задач, широко применяются они и в системах управления качеством.

Некоторые отечественные и зарубежные фирмы в своих стандартах задают более жесткие требования, чем государственные, поскольку только в превосходстве требований к качеству продукции залог их успеха в конкурентной борьбе.

Пример условного обозначения стандарта предприятия:



Стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (СТО) разрабатываются и принимаются этими общественными объединениями для динамичного распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов фундаментальных и прикладных исследований и разработок. Их разрабатывают, как правило, на принципиально новые виды продукции, процессы и услуги, методы испытаний, в том числе на

нетрадиционные технологии, принципы организации и управления производством или других видов деятельности.

СТО не должны нарушать обязательные требования государственных стандартов и подлежат согласованию с соответствующими органами государственного контроля и надзора, если устанавливаемые в них положения затрагивают безопасность для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества.

Необходимость применения этих стандартов субъекты хозяйственной деятельности определяют самостоятельно при разработке и подготовке продукции к производству, организации работ (процессов) и услуг, а также при разработке технической документации, нормативных документов по стандартизации.

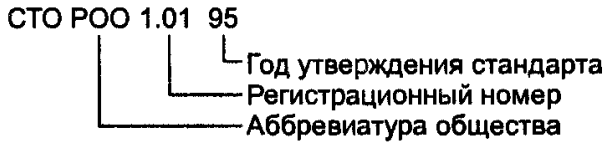
При получении новых результатов исследований и применения СТО в субъектах хозяйственной деятельности они пересматриваются или в них вносятся изменения.

По мере апробации СТО происходит отработка требований к объектам стандартизации и на их базе могут разрабатываться государственные стандарты. Так, например, на основе СТО РОО (Российского общества оценщиков) разработан комплекс государственных стандартов по оценке имущества.

Научно-технические и инженерные общества функционируют и за рубежом. В США, например, работают: Американское общество по испытаниям и материалам (ASTM), состоящее из индивидуальных членов, компаний, научно-исследовательских институтов, учебных заведений; Американское общество инженеров транспорта (SAE); Американское общество инженеров-механиков; Американское общество инженеров-строителей.

Последние два общества своих стандартов не выпускают, но активно участвуют в разработке национальных стандартов.

Пример условного обозначения СТО:



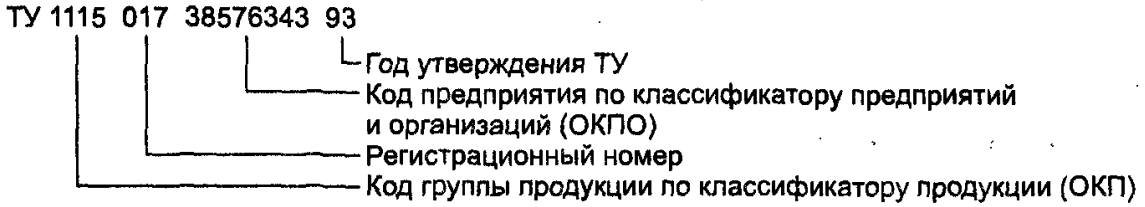
Система регистрационной нумерации разрабатывается обществом и согласовывается с Госстандартом России.

Технические условия (ТУ) изготовителей на поставляемую продукцию используют не только как технические документы, но и в роли нормативных документов, если на них делается ссылка в договорах между изготовителем и потребителем на изготовление и поставку продукции. Этот документ разрабатывается на одно или несколько конкретных изделий, материалов, веществ и т. п. и подлежит согласованию с заказчиком (потребителем) или с приемочной комиссией при постановке продукции на производство. Подписание акта приемки опытного образца (опытной партии) продукции членами приемочной комиссии означает согласование ТУ.

Требования, установленные ТУ, не должны противоречить обязательным требованиям государственных стандартов, относящихся к данной продукции.

Содержание и оформление ТУ регламентируется ГОСТ 2.114–95. ТУ утверждается разработчиком документации на продукцию.

Пример условного обозначения ТУ:



Правила (*ПР*), (*ПМГ*) *и рекомендации* (Р), (РМГ). В соответствии с ГОСТ Р 1.10–95 правила устанавливают *обязательные* для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также *обязательные* требования к оформлению результатов этих работ. Их разрабатывают при необходимости детализации обязательных требований соответствующих основополагающих организационно-технических и (или) общетехнических стандартов, при отсутствии таких стандартов, а также при нецелесообразности разработки и принятия в обоснованных случаях соответствующих стандартов.

Рекомендации содержат *добровольные* для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также *рекомендуемые* правила оформления результатов этих работ. Их разрабатывают при целесообразности предварительной проверки на практике не устоявшихся, еще не ставших типовыми организационно-технических и (или) общетехнических положений, порядков (правил процедуры), методов (способов, приемов) выполнения работ определенных видов, а также правил оформления результатов этих работ, то есть до разработки и принятия соответствующих правил или стандартов.

Правила и рекомендации не должны дублировать обязательные требования действующих государственных, а также межгосударственных стандартов, принятых для применения в Российской Федерации, или противоречить этим требованиям.

Обозначение правил и рекомендаций по стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации состоит из индекса ПР (для правил) или Р (для рекомендаций), кода Госстандарта России (50), условного цифрового обозначения соответственно стандартизации — 1, метрологии — 2, сертификации — 3, аккредитации — 4, регистрационного номера и года утверждения (две последние цифры).

Примеры обозначений:

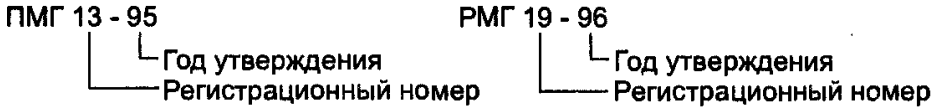
- Правила по стандартизации ПР 50.1.005–95.
- Рекомендации по метрологии Р 50.2.006–95.
- Правила по сертификации ПР 50.3.007–95.
- Правила по аккредитации ПР 50.4.008–95.

Правила, имеющие межотраслевую (межведомственную) область применения, принимаются и вводятся в действие постановлением Госстандарта России, а при необходимости регистрируются в Министерстве юстиции России.

Рекомендации принимают и вводят в действие решением руководства Госстандарта России (постановлением, приказом, распоряжением, личной подписью).

Порядок разработки правил (ПР) и рекомендаций (Р), их принятие Госстандартом России, а также регистрация в Минюсте России и во ВНИИКе изложены в ГОСТ Р 1.10–95.

Межгосударственные правила и рекомендации обозначаются следующим образом:



Информация о принятых ПР, ПМГ, Р и РМГ издательство стандартов публикует в ежемесячном информационном указателе «Государственные стандарты» (ИУС).

Проверку соблюдения обязательных требований правил осуществляют в порядке государственного контроля и надзора территориальными органами (центрами стандартизации и метрологии (ЦСМ)) Госстандарта России, а также их разработчиками в порядке авторского надзора.

Технический регламент. По закону «О техническом регулировании» технические регламенты принимаются в целях:

- защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного и муниципального имущества;
- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Технические регламенты с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие:

- безопасность излучений;
- биологическую, механическую, пожарную, промышленную, термическую, химическую, электрическую, ядерную радиационную безопасность;
- взрывобезопасность;
- электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования;
- единство измерений.

В Российской Федерации действуют *общие* и *специальные* технические регламенты. Требования *общего* технического регламента обязательны для применения и соблюдения в отношении любых видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. Требованиями *специального* технического регламента учитываются технологические и иные особенности отдельных видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Порядок разработки технического регламента изложен в законе «О техническом регулировании» и принимается федеральным законом после публичного обсуждения. В исключительных случаях Президент РФ вправе издать технический регламент без его публичного обсуждения. До вступления в силу федерального закона Правительство РФ вправе издать постановление о соответствующем техническом регламенте при положительном решении соответствующей экспертной комиссии Госстандарта России.

1.3.5. Виды стандартов

В зависимости от специфики объекта стандартизации и содержания устанавливаемых к нему требований разрабатывают стандарты следующих видов: основополагающие; на продукцию (услуги); на работы (процессы); методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

Основополагающие стандарты устанавливают общие организационно-технические положения для определенной области деятельности, а также общетехнические требования, нормы и правила, обеспечивающие:

- общие требования в процессах создания и использования продукции, охране окружающей среды, безопасности продукции, процессов и услуг для жизни, здоровья, имущества;
- взаимосвязь процессов управления в различных областях деятельности (науке, технике, производстве);
- информационную совместимость и однозначность понимания объекта стандартизации;
- установление общих методов проектирования, подготовки производства, хранения, транспортирования, эксплуатации и ремонта продукции.

Основополагающие стандарты, как правило, образуют определенные системы (комплексы), которые состоят из государственных (межгосударственных, международных) стандартов и отраслевых, дополняющих государственные с учетом специфики отраслей. К таким стандартам относятся: основные (общие) положения, порядок (правила), термины и определения, общие требования или нормы, методы, допуски, типовые технологические методы.

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

В этих стандартах устанавливаются:

- всесторонние требования к разработке и производству продукции;
- типоразмерные и параметрические ряды, обеспечивающие унификацию и взаимозаменяемость продукции;
- условия обеспечения сохранности свойств продукции при ее транспортировании и обращении.

Стандарты и технические условия на продукцию образуют совокупность взаимоувязанных стандартов и технических условий, регламентирующих информационную, конструктивную, метрологическую, эргономическую, технологическую, эксплуатационную и надежностную совместимость и обеспечивающих высокий научно-технический уровень продукции на всех стадиях ее жизненного цикла.

Технические условия на конкретную продукцию должны, как правило, разрабатываться на основе и в строгом соответствии (взаимодействии) со стандартами, разработанными на группу однородной продукции, в которую входит эта конкретная продукция.

К таким стандартам относятся: основные параметры и (или) размеры, типы, марки, сортамент, конструкция и размеры, общие технические требования, маркировка, упаковка, транспортирование, хранение, эксплуатация, ремонт, общие технические условия, технические условия.

Стандарты на работы (процессы) устанавливают основные требования к методам (способам, приемам, режимам, нормам) выполнения различного рода работ в технологических процессах разработки, изготовления, хранения, транспортирования, эксплуатации, ремонта и утилизации продукции.

Большую роль в оперативном освоении новой продукции играют стандарты системы автоматического проектирования (САПР), модульного конструирования и по принципиальным схемам технологического процесса изготовления изделий. Типичным объектом стандартов на работы являются типовые технологические процессы.

Стандарты на работы (процессы) должны содержать требования безопасности для жизни и здоровья населения и охраны окружающей природной среды при проведении технологических операций. Эти воздействия могут иметь химический (выброс вредных химикатов), физический (радиационное излучение), биологический (заражение микроорганизмами) и механический характер.

На современном этапе большое значение приобретают стандарты на управленческие процессы в рамках систем обеспечения качества продукции (услуг).

Стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа) устанавливают методы (способы, приемы, методики и др.) проведения испытаний, измерений, анализа продукции при ее создании, сертификации и использовании. Такие стандарты должны в наибольшей степени обеспечивать объективность, точность и воспроизводимость результатов оценки обязательных требований к качеству продукции (услуги). Выполнение этих условий в значительной степени зависит от наличия в стандарте сведений о погрешности измерений.

Несмотря на многообразие методик, приемов и способов контроля, можно выделить и общие положения, подлежащие стандартизации. К ним относятся: средства контроля и вспомогательные устройства; порядок подготовки и проведения контроля; правила обработки и оформления результатов; допустимая погрешность испытания.

Чтобы результаты были достоверны и сопоставимы, в стандартах даются рекомендации относительно способа и места отбора пробы от партии товара с ее количественными характеристиками, схемами испытательных установок, правилами, определяющими последовательность проводимых операций и обработку полученных результатов.

Возможны и смешанные стандарты, например в стандартах на продукцию (услуги) оговариваются и методы контроля.

1.3.6. Порядок разработки государственных стандартов

По ГОСТ Р 1.2–92 разработку государственных стандартов Российской Федерации осуществляют технические комитеты по стандартизации (ТК), а также предприятия, общественные объединения в соответствии с планами государственной стандартизации Российской Федерации, программами (планами) работ ТК и договорами на разработку стандартов или в инициативном порядке.

При разработке стандартов используют научно-технические результаты научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических, проектных работ, результаты патентных исследований, международные, региональные стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации, прогрессивные национальные стандарты других стран и иную информацию о современных достижениях отечественной и зарубежной науки, техники и технологии.

Предусмотрен следующий порядок разработки стандарта:

- 1-я стадия — организация разработки стандарта;
- 2-я стадия — разработка проекта стандарта (первая редакция);
- 3-я стадия — разработка проекта стандарта (окончательная редакция) и представление его для принятия;
- 4-я стадия — принятие и государственная регистрация стандарта;
- 5-я стадия — издание стандарта.

Построение, изложение, оформление, содержание и обозначение стандартов — по ГОСТ Р 1.5–92.

Организация разработки стандарта заключается в подготовке и представлении заявки на разработку стандарта в технический комитет (ТК), которую могут подавать ТК, научно-технические, инженерные общества и другие общественные объединения, государственные органы управления Российской Федерации, предприятия и предприниматели.

На разработку стандарта с разработчиком заключается договор, к которому в качестве приложения или в виде самостоятельного документа разрабатывается техническое задание.

Технический комитет (ТК) определяет подкомитет (ПК), в котором будет разрабатываться стандарт, и формирует рабочую группу (РГ) или определяет предприятие для разработки стандарта.

Разработка проекта стандарта (первой редакции) производится в соответствии с законодательством Российской Федерации, международными, региональными стандартами, правилами, нормами и рекомендациями по стандартизации, а также прогрессивными национальными стандартами других стран.

Подготовленный проект стандарта проверяет секретариат ТК (ПК) и рассылает его членам ТК (ПК) на отзыв, с учетом которых затем подготавливает первую редакцию и направляет ее заказчику стандарта и в соответствующую научно-исследовательскую организацию Госстандарта России (Госстроя России). Кроме того, этот проект рассылается заинтересованным предприятиям и специалистам на отзыв.

Разработку проекта (окончательной редакции) и представление его для принятия осуществляет ТК (ПК) с учетом поступивших отзывов. Заключение по этому проекту дают члены ТК (ПК), органы государственного контроля и надзора и научно-исследовательская организация Госстандарта России (Госстроя России).

Согласование и принятие решения по проекту стандарта проводится по процедуре, изложенной в ГОСТ Р 1.2–92.

Принятие и государственная регистрация стандарта, а также введение в действие производится Госстандартом России (Госстроем России) после проверки проекта стандарта на соответствие законодательству Российской Федерации, требованиям государственных стандартов, метрологическим правилам и нормам, применяемой терминологии, правилам построения, изложения и оформления стандартов.

Издание стандарта и распространение его осуществляет Госстандарт России (Госстрой России) в установленном им порядке.

Обновление (изменение, пересмотр) стандарта производится по инициативе членов ТК, других предприятий, предпринимателей, общественных объединений, государственных органов управления.

Изменение к стандарту на продукцию разрабатывают при введении в него новых, более прогрессивных требований, которые не влекут за собой нарушение взаимозаменяемости и совместимости новой продукции с продукцией, изготовляемой по действующему стандарту.

Такого характера изменение включают в изменение, обусловленное заменой (добавлением, исключением) требований к качеству продукции (услуг), а также в изменение, связанное с применением международных (региональных) стандартов, правил, норм и рекомендаций по стандартизации или прогрессивных национальных стандартов других стран.

При пересмотре стандарта разрабатывают новый стандарт взамен действующего. При этом действующий стандарт отменяют, а в новом указывают, взамен какого стандарта он разработан. Новому стандарту присваивают обозначение старого стандарта с заменой двух последних цифр года принятия.

Пересмотр стандарта на продукцию осуществляют при установлении новых, более прогрессивных требований, если они приводят к нарушению взаимозаменяемости новой продукции с продукцией, изготовляемой по действующему стандарту, и (или) изменению основных показателей качества продукции.

Отмена стандарта производится Госстандартом России (Госстроем России):

- в связи с прекращением выпуска продукции или проведения работ (оказания услуг), осуществлявшихся по данному стандарту;
- при разработке взамен данного стандарта другого нормативного документа;
- в других обоснованных случаях.

Информация о принятых стандартах, изменениях, пересмотре и отмене стандартов публикуется в ежемесячном информационном указателе «Государственные стандарты Российской Федерации»

1.3.7. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов

Государственный контроль и надзор проводится в целях предупреждения, выявления и пресечения нарушений обязательных требований в области стандартизации, подтверждения соответствия (сертификации), качества и безопасности продукции (товаров), работ и услуг.

Государственный контроль и надзор проводится:

- у юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих разработку, изготовление, реализацию (поставку, продажу), использование (эксплуатацию), транспортирование, хранение и утилизацию продукции; выполняющих работы и оказывающих услуги;
- в органах по сертификации, осуществляющих деятельность по подтверждению соответствия;
- в испытательных лабораториях (центрах), осуществляющих испытания продукции, работ и услуг для целей подтверждения соответствия.

По содержанию контроль и надзор идентичны. Различие заключается в полномочиях субъектов, их осуществляющих. В отличие от контроля надзор осуществляется в отношении объектов, не находящихся в ведомственном подчинении органам, которые его осуществляют. Например, должностные лица Госстандарта могут осуществлять в пределах своей компетенции надзор на любом промышленном предприятии или предприятии сферы услуг. Это же касается других государственных органов, которым дано право административного надзора в определенной области деятельности, — комитетов, федеральных служб, инспекций в области экологии, противопожарной безопасности, охраны труда, лекарственных веществ, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, горного дела и промышленности, воздушных, морских и речных судов, архитектуры и строительства, торговли, ветеринарии и др.

В современных условиях государственный контроль приобретает социально-экономическую ориентацию, поскольку основные его усилия направлены на проверку строгого соблюдения всеми хозяйственными субъектами обязательных норм и правил, обеспечивающих интересы и права потребителя, защиту здоровья и имущества людей и среды обитания. Одной из его основных задач следует считать предупреждение и пресечение нарушений обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации.

Правовой основой Государственного контроля и надзора за соблюдением требований государственных стандартов (далее — Госнадзор) являются законы Российской Федерации: «О техническом регулировании», «Об обеспечении единства измерений», «О защите прав потребителей», «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля и надзора».

Государственный контроль и надзор в области стандартизации, обеспечения единства измерений и обязательной сертификации включает в себя:

1. Государственный контроль и надзор за соблюдением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями обязательных требований государственных стандартов к продукции (товарам), работам и услугам.
2. Государственный контроль и надзор за соблюдением проверяемыми субъектами правил обязательной сертификации и за сертифицированной продукцией.
3. Государственный надзор за соблюдением законодательства Российской Федерации при аккредитации организаций, осуществляющих оценку соответствия продукции, производственных процессов и услуг установленным требованиям качества и безопасности.
4. Государственный метрологический надзор за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм, количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций, количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.
5. Государственный метрологический контроль, включающий утверждение типа средств измерений, поверку средств измерений, в том числе эталонов, лицензирование деятельности по изготовлению и ремонту средств измерений.

При проведении государственного контроля и надзора проверке подлежат:

- продукция или товары (далее — продукция), выполняемые работы и оказываемые услуги;
- техническая (конструкторская, технологическая, эксплуатационная, ремонтная и пр.) документация на продукцию, работы и услуги;
- системы управления качеством;
- работы по подтверждению соответствия (сертификации) продукции, работ и услуг органами по сертификации и испытательными лабораториями (центрами).

Государственный контроль и надзор осуществляется за соблюдением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями:

- обязательных требований на стадиях разработки, подготовки продукции к производству, ее изготовления, реализации (поставки, продажи), использования (эксплуатации), хранения, транспортирования и утилизации, а также при выполнении работ и оказании услуг;
- правил обязательной сертификации;
- правил подтверждения соответствия продукции, работ и услуг обязательным требованиям путем принятия декларации о соответствии.

Государственный контроль и надзор осуществляется в порядке, определяемом Госстандартом России с учетом положений Федерального закона «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора)», следующими органами и организациями, составляющими систему государственного контроля:

1. Госстандартом России в лице структурного подразделения, в сферу ведения которого входят вопросы организации и проведения государственного контроля и надзора.

2. Федеральными государственными учреждениями, находящимися в ведении Госстандарта России (центры стандартизации, метрологии и сертификации).
3. Организациями со статусом государственного научного метрологического центра, находящимися в ведении) Госстандарта России и осуществляющими государственный метрологический контроль (государственные научные метрологические центры).

Должностными лицами, уполномоченными осуществлять государственный контроль и надзор от имени органов стандартизации, метрологии и сертификации, являются:

1. Председатель Госстандарта России — главный государственный инспектор Российской Федерации по надзору за государственными стандартами и обеспечению единства измерений.
2. Заместитель председателя Госстандарта России и руководитель структурного подразделения, в обязанности которых входят вопросы организации и осуществления государственного контроля и надзора (заместители главного государственного инспектора Российской Федерации).
3. Руководители центров стандартизации, метрологии и сертификации — главные государственные инспекторы субъектов (регионов) Российской Федерации и их заместители, назначаемые и освобождаемые от должности председателем) Госстандарта России.
4. Работники указанного структурного подразделения Госстандарта России — государственные инспекторы.
5. Работники структурных подразделений центров стандартизации, метрологии и сертификации — государственные инспекторы субъектов (регионов) Российской Федерации.

Госнадзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и за сертифицированной продукцией осуществляют *государственный инспектор* или *комиссия, им возглавляемая.* Госнадзор за соблюдением правил обязательной сертификации осуществляет *комиссия, состав которой определяет председатель Госстандарта.*

Госстандарт России координирует деятельность федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих в соответствии с Законом Российской Федерации «О защите прав потребителей» контроль и надзор за качеством и безопасностью товаров (работ, услуг).

К таким органам относятся, например,

- Государственная инспекция по торговле, качеству товаров и защите прав потребителей (Госторгинспекция) проводит контроль за качеством и безопасностью потребительских товаров;
- Государственный комитет РФ по охране окружающей среды осуществляет государственный экологический контроль;
- Государственная санитарно-эпидемиологическая служба осуществляет надзор за соблюдением санитарного законодательства при разработке, производстве, применении всех видов продукции, в том числе и импортируемой.

Государственный контроль и надзор осуществляется в соответствии с планами, утверждаемыми главным государственным инспектором Российской Федерации, главными государственными инспекторами субъектов (регионов) Российской Федерации.

Государственный контроль и надзор проводится посредством выборочных проверок.

Плановые мероприятия по государственному контролю и надзору проводятся не более чем один раз в два года в отношении одного юридического лица или индивидуального предпринимателя.

Внеплановые мероприятия по государственному контролю и надзору проводятся в случаях:

- проверки исполнения выданных юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям предписаний по результатам государственного контроля и надзора;
- получения информации от юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, органов государственной власти о несоблюдении обязательных требований, предъявляемых к продукции, работам и услугам, об изменениях или о нарушениях технологических процессов, которые могут непосредственно причинить вред жизни, здоровью людей, окружающей среде и имуществу граждан, юридических лиц и индивидуальных предпринимателей;
- возникновения угрозы здоровью и жизни граждан, загрязнения окружающей среды, повреждения имущества, в том числе в отношении однородных товаров (работ, услуг) других юридических лиц и (или) индивидуальных предпринимателей;
- обращения граждан, юридических лиц и индивидуальных предпринимателей с жалобами на нарушения их прав, связанные с невыполнением обязательных требований, а также получения иной информации, подтверждаемой документами и иными доказательствами, свидетельствующими о наличии признаков таких нарушений. Обращения, не позволяющие установить обратившееся с жалобой лицо, не могут служить основанием для проведения внеплановой проверки.

Государственные инспектора имеют право:

- доступа в служебные и производственные помещения юридического лица или индивидуального предпринимателя с соблюдением установленного законодательством порядка;
- получать от юридического лица или индивидуального предпринимателя документы, необходимые для проведения государственного контроля и надзора;
- использовать технические средства и привлекать специалистов юридического лица или индивидуального предпринимателя при проведении государственного контроля и надзора;
- проводить в соответствии с нормативными документами по стандартизации отбор проб (образцов) продукции, работ и услуг для контроля соответствия их обязательным требованиям;

- получать копии документов, необходимых для проведения государственного контроля и надзора и оформления его результатов.

Руководитель (иное должностное лицо) юридического лица или индивидуальный предприниматель обеспечивает государственным инспекторам необходимые условия для проведения государственного контроля и надзора в соответствии с действующим законодательством.

При проведении государственного контроля и надзора проводятся:

- отбор образцов (проб) продукции и (или) документов; технический осмотр продукции, работ и услуг;
- исследования (испытания), экспертизы и другие виды контроля продукции, работ и услуг, обеспечивающие достоверность и объективность результатов проверки;
- проверка наличия системы качества и данные о сертификации этой системы;
- оценка соответствия продукции, работ и услуг обязательным требованиям;
- проверка наличия каталожных листов на продукцию, прошедших учетную регистрацию.

Отбор образцов (проб) из партии продукции, предназначенной для мероприятий по контролю и надзору, осуществляет государственный инспектор в присутствии представителей юридического лица или индивидуального предпринимателя и участников проверки и оформляет акт отбора образцов.

Технический осмотр продукции, работ и услуг проводится непосредственно государственным инспектором с привлечением специалистов юридического лица или индивидуального предпринимателя. Результаты технического осмотра оформляют протоколом установленной формы.

Необходимость проведения испытаний определяет государственный инспектор (руководитель проверки). Испытания проводятся на испытательной базе юридического лица или индивидуального предпринимателя в присутствии государственного инспектора либо в аккредитованной испытательной лаборатории. Испытания продукции проводятся в соответствии с установленными в стандартах и других нормативных документах требованиями на методы контроля и испытаний продукции. Испытания образцов (проб) продукции оформляются протоколом по форме, принятой в испытательной лаборатории (центре). Результаты испытаний отобранных образцов (проб) распространяют на проверяемую партию продукции.

По результатам проверки главные государственные инспектора и государственные инспектора в пределах предоставленной им законодательством компетенции выдают обязательные для исполнения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями предписания.

В случае выявления нарушений обязательных требований, правил обязательной сертификации государственным инспектором составляется протокол об административном правонарушении на юридическое лицо, руководителя юридического лица, иное должностное лицо юридического лица или индивидуального предпринимателя в порядке, установленном законодательством Российской Федерации об административных правонарушениях.

1.3.8. Нормализационный контроль технической документации

Нормализационный контроль технической документации (нормоконтроль) проводится с целью повышение качества нормативно-технической документации и обеспечения внедрения требований стандартов на предприятии. Порядок проведения нормализационного контроля установлен ГОСТ 2.111–68, 3.1116–79 и 21.002–81. Нормоконтролю подлежит комплексная нормативно-техническая документация на изделия основного и вспомогательного производств, разрабатываемая самим предприятием и получаемая со стороны. Нормоконтроль осуществляется специалистами-нормоконтролерами, имеющими большой опыт работы в соответствующей области.

Задачей нормоконтроля является проверка:

- комплектности представленной на контроль документации;
- соблюдения конструктивной и технологической преемственности;
- необходимости разработки специальных чертежей и технологий;
- соответствия разработанной документации требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС);
- использования стандартных и унифицированных элементов конструкций, изготовляемых специализированными заводами;
- соблюдения в разрабатываемых изделиях норм, правил, установленных государственными, отраслевыми стандартами, стандартами предприятий и другой нормативно-технической документации (НТД);
- соответствия оформления технической документации требованиям, установленным стандартами;
- использования установленных ограничительных номенклатур стандартизованных изделий (крепежных деталей, винтов, болтов, гаек, шайб, типов контровок, резьб, шлицевых соединений, допусков и посадок), марок материалов, профилей проката, вспомогательных материалов;
- соблюдения действующей системы классификации и кодирования.

Необходимость повышения качества нормализационного контроля налагает на нормоконтролера определенные обязанности и предоставляет ему достаточные права.

Нормоконтролер обязан выпускать в производство только ту документацию, которая полностью отвечает требованиям стандартов; руководствоваться только действующими в момент проведения контроля стандартами и другими нормативно-техническими документами; давать консультации по вопросам применения стандартов и другой НТД; вести работу по улучшению системы нормоконтроля, повышению его эффективности; систематически представлять сведения о качестве контролируемой документации; повышать свою квалификацию; знать [illegible] стандарты, срок их действия.

Нормоконтролер имеет право:

- возвращать конструкторскую документацию разработчику без рассмотрения в случаях нарушения установленной комплектности, отсутствия обязательных подписей, небрежного выполнения;
- требовать от разработчиков конструкторской документации разъяснений и дополнительных материалов по вопросам, возникшим при проверке.

Изменения и исправления, указанные нормоконтролером и связанные с нарушением действующих стандартов и других нормативно-технических документов, обязательны для внесения в конструкторские документы.

Нормоконтролер несет ответственность за соблюдение в конструкторской и технологической документации требований действующих стандартов и других нормативно-технических документов наравне с разработчиками этой документации

Нормоконтроль — ответственная и трудоемкая работа. Им занято около 30% специалистов от общего числа работников служб стандартизации предприятия (организации). Поэтому нормализационный контроль необходимо постоянно совершенствовать и снижать затраты на его проведение за счет широкой профилактики отступлений от требований стандартов.

1.4. Методические основы стандартизации

1.4.1. Система предпочтительных чисел

Теоретической базой современной стандартизации является система предпочтительных чисел. Предпочтительными называются числа, которые рекомендуется выбирать преимущественно перед всеми другими при назначении величин параметров для вновь создаваемых изделий.

В науке и технике широко применяются ряды предпочтительных чисел, на основе которых выбирают предпочтительные размеры. Ряды предпочтительных чисел нормированы ГОСТ 8032–84, который разработан на основе рекомендаций ИСО. По этому стандарту установлено четыре основных десятичных ряда предпочтительных чисел (*R*5, *R*10, *R*20, *R*40) и два дополнительных (*R*80, *R*160), применение которых допускается только в отдельных, технически обоснованных случаях. Эти ряды построены в геометрической прогрессии со знаменателем φ, равным:

- $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1{,}6$ для ряда *R*5 (1,00; 1,60; 2,50; 4,00 ...),
- $\varphi = \sqrt[10]{10} \approx 1{,}25$ для ряда *R*10 (1,00; 1,25; 1,60; 2,00 ...),
- $\varphi = \sqrt[20]{10} \approx 1{,}12$ для ряда *R*20 (1,00; 1,12; 1,25; 140; ...),
- $\varphi = \sqrt[40]{10} \approx 1{,}06$ для ряда *R*40 (1,00; 1,06; 1,12; 1,18 ...),
- $\varphi = \sqrt[80]{10} \approx 1{,}03$ для ряда *R*80 (1,00; 1,03; 1.06; 1,09 ...),
- $\varphi = \sqrt[160]{10} \approx 1{,}015$ для ряда *R*160 (1,00; 1,015; 1,03; 1,045 ...).

Они являются бесконечными как в сторону малых, так и в сторону больших значений, то есть допускают неограниченное развитие параметров или размеров в направлении увеличения или уменьшения.

Номер ряда предпочтительных чисел указывает на количество членов ряда в десятичном интервале (от 1 до 10). При этом число 1,00 не входит в десятичный интервал как завершающее число предыдущего десятичного интервала (от 0,10 до 1,00).

Допускается образование специальных рядов путем отбора каждого второго, третьего или *n*-го числа из существующего ряда. Так образуется ряд *R*10/3, состоящий из каждого третьего значения основного ряда, причем начинаться он может с первого, второго или третьего значения, например:

*R*10 1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10,00; 12,50;

*R*10/3 1,00; 2,00; 4,00; 8,00;

*R*10/3 1,25; 2,50; 5,00; 10,00;

*R*10/3 1,60; 3,15; 6,30; 12,50.

Можно составлять специальные ряды с разными знаменателями геометрической прогрессии φ в различных интервалах ряда. Геометрическая прогрессия имеет ряд полезных свойств, используемых в стандартизации.

1. Относительная разность между любыми соседними членами ряда постоянна. Это свойство вытекает из самой природы геометрической прогрессии. Например, в ряде 1–2–4–8–16–32–64 – ... с φ = 2 любой член прогрессии больше предыдущего на 100%.
2. Произведение или частное любых членов прогрессии является членом той же прогрессии. Это свойство используется при увязке между собой стандартизованных параметров в пределах одного ряда предпочтительных чисел. Согласованность параметров является важным критерием качественной разработки стандартов. Геометрические прогрессии позволяют согласовывать между собой параметры, связанные не только линейной, но также квадратичной, кубичной и другими зависимостями.

По ГОСТ 8032–84 допускается в технически обоснованных случаях производить округление предпочтительных чисел путем применения рядов *R'* и *R''* вместо основных рядов *R*. В ряду *R'* отдельные предпочтительные числа заменены величинами первой степени округления, а в ряду *R''* – второй степени округления.

В радиоэлектронике часто применяют предпочтительные числа, построенные по рядам *E*. Они установлены Международной электротехнической комиссией (МЭК) и имеют следующие значения знаменателя геометрической прогрессии:

- для ряда *E*3 $\varphi = \sqrt[3]{10} \approx 2{,}2$; для ряда *E*6 $\varphi = \sqrt[6]{10} \approx 1{,}5$;
- для ряда *E*12 $\varphi = \sqrt[12]{10} \approx 1{,}2$; для ряда *E*24 $\varphi = \sqrt[24]{10} \approx 1{,}1$.

При стандартизации иногда применяют ряды предпочтительных чисел, построенные по арифметической прогрессии. Арифметическая прогрессия положена в основу образования рядов размеров в строительных стандартах, при установлении размеров изделий в обувной и швейной промышленности и т. п. Иногда используют ступенчато-арифметические прогрессии с неодинаковыми разностями прогрессии. Такую прогрессию образуют, например, монеты достоинством **1–2–3–5–10–15–20 коп.**

Для выбора номинальных линейных размеров изделий (диаметров, длин, высот и т. п.) на основе рядов предпочтительных чисел разработан ГОСТ 6636–69 «Нормальные линейные размеры» для размеров от 0,001 до 100000 мм. Ряды в этом стандарте обозначены как *Ra*5, *Ra*10, *Ra*20, *Ra*40 и *Ra*80.

Государственный стандарт на предпочтительные числа имеет общепромышленное значение, и его необходимо применять во всех отраслях народного хозяйства при установлении параметров, числовых характеристик и количественных показателей всех видов продукции. Использование предпочтительных чисел способствует ускорению процесса разработки новых изделий, так как упрощает расчеты и облегчает выбор рациональных параметров и числовых характеристик в процессе проектирования.

1.4.2. Принципы стандартизации

Стандартизация развивается с учетом достижений науки, техники, отечественного и зарубежного опыта в этой области и определяет основу не только настоящего, но и будущего развития общества и должна осуществляться неразрывно с научно-техническим прогрессом.

Можно выделить следующие основные принципы стандартизации:

1. *Сбалансированность интересов сторон.* Стандартизация должна основываться на взаимном стремлении всех заинтересованных сторон, разрабатывающих, изготавливающих и потребляющих продукцию, к достижению согласия с учетом мнения каждой из сторон по управлению многообразием продукции, ее качеству, экономичности, применимости, совместимости и взаимозаменяемости, ее безопасности для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, а также другим вопросам, представляющим взаимный интерес.
2. *Принцип системности.* Под системой понимают совокупность взаимосвязанных элементов, функционирование которых приводит к выполнению поставленной цели с максимальной эффективностью и наименьшими затратами. Количественные связи элементов системы могут быть детерминированными или случайными. Совокупность взаимосвязанных элементов, входящих в систему, образуют структуру, позволяющую строить иерархическую зависимость их на различных уровнях.

   Оптимизация требований стандартов обычно связана с оптимизацией параметров объектов стандартизации (ПОС). Важность проведения оптимизации определила целесообразность выделения ее в отдельную систему — систему оптимизации параметров объектов стандартизации (СОПОС). Эффективность системы обеспечивается на основе функционирования СОПОС Госстандарта и СОПОС отраслей (предприятий). Научно-методическое обеспечение системы заключается в разработке методов оптимизации, их унификации и совершенствовании, а также в разработке комплекса унифицированных нормативно-технических и методических документов. Организационно-методическое обеспечение системы включает распределение функций по разработке и функционированию СОПОС между исполнителями, установление ее связи с различными системами.

   Оптимизация ПОС заключается в установлении значений параметров и такого их изменения во времени, при которых достигается максимальная эффек-

тивность. СОПОС должна последовательно обеспечить сочетание между эффектом и затратами, определяемое с позиций обоснованных целей с учетом действующих ограничений и предстоящих изменений во времени. Основные требования к СОПОС дифференцируются на требования к результатам, методам и методологии оптимизации.

Для установления параметров объектов стандартизации используют набор разнообразных теоретических методов оптимизации в соответствии с учетом различных условий оптимизации и требований к методам оптимизации. Набор этих методов включает метод оптимизации с формализацией (ГОСТ 18.101–82) или без формализации цели и ограничений. Исходными для оптимизации ПОС служат пять групп зависимостей, составляющих или входящих в математическую модель оптимизации (ГОСТ 18.101–82).

Прогнозирование при оптимизации ПОС производится для определения будущей ситуации с целью оптимизации принимаемых решений. Требования к результатам прогноза зависят от того, для принятия каких решений они используются.

3. *Перспективность работ* обеспечивается выпуском опережающих стандартов, устанавливающих повышенные по отношению к достигнутому уровню нормы и требования к объектам стандартизации, которые будут оптимальными в будущем. Базой опережающей стандартизации служат научно-технические прогнозы.

   Перспективные стандарты обеспечивают наиболее полный учет научно и экономически обоснованных требований заказчика, использование результатов поисковых, фундаментальных, прикладных НИР, прогнозирования, открытий, изобретений, установление дифференцированных значений основных показателей технического уровня и качества групп однородной продукции. Перспективные стандарты способствуют разработке, постановке на производство и выпуску новой (модернизированной) техники, снятию с производства устаревших изделий.

   Стандарты с перспективными требованиями должны предусматривать ограниченную номенклатуру основных показателей технического уровня и качества и в то же время достаточно характеризовать изделие. Для машиностроительной продукции, например, такими показателями могут быть один-два показателя, наиболее полно характеризующие ее потребительские свойства:

   - эффективность производства и эксплуатации (грузоподъемность, технологичность, скорость и т. п.);
   - надежность (безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость, долговечность);
   - экономичность (удельный расход топлива, горюче-смазочных материалов, коэффициент полезного действия, себестоимость и т. п.);
   - показатели комфортности и безопасности.

4. *Динамичность стандартизации* обеспечивается периодической проверкой стандартов, внесением в них изменений, а также своевременным пересмотром или их отменой.

Действующие стандарты подлежат проверке в соответствии со сроками их действия. При проверке определяется их научно-технический уровень и при необходимости разрабатываются предложения по обновлению устаревших показателей, норм, характеристик, требований, терминов, определений, обозначений. Результаты проверки могут служить основанием для пересмотра стандарта.

5. *Оптимизация при стандартизации* заключается в определении наивыгоднейших параметров объектов стандартизации, а также в разработке методов оптимизации, их унификации и совершенствовании с отражением результатов в нормативно-технических и методических документах.

   Для широкого и эффективного внедрения наиболее совершенных методов оптимизации в работы по стандартизации, а также для обеспечения повышения качества результатов и технологичности процесса оптимизации (в первую очередь, технологичности процесса разработки оптимизационных моделей) научных работ разработан новый конструктивный подход к проблеме оптимизации требований стандартов.

   Сущность этого подхода заключается в создании и внедрении *Системы оптимизации параметров объектов стандартизации* (СОПОС), которая объединяет все известные методы, сосредоточивает разработку (адаптацию к конкретным задачам, унификацию и стандартизацию) методов оптимизации качества продукции и требований стандартов и снабжает этими методами потребителей.

   Научно-методические положения СОПОС позволяют обеспечить постановку процесса оптимизации качества продукции на индустриальную основу, снабжать методами оптимизации потребителей, находящихся во взаимодействии с СОПОС, и решать конкретные задачи оптимизации, что достигается путем реализации следующих основных принципов создания и функционирования СОПОС:

   - объединение в единую систему методов математической теории оптимизации, прогнозирования, теории принятия решений, экспериментальных методов оптимизации, а также принципов, методов и процедур, применяемых при разработке продукции и стандартов;
   - упрощение работ по оптимизации требований стандартов и качества продукции;
   - упрощение работ по оптимизации путем использования предварительно выполненных работ меньшим числом сотрудников, работающих, как правило, на более высоких уровнях управления. Это в первую очередь относится к разработке математических моделей оптимизации;
   - унификация и стандартизация методов оптимизации, включая процесс их разработки, который является наиболее трудоемкой и ответственной частью всего процесса оптимизации.

6. *Приоритетность разработки стандартов*, способствующих обеспечению безопасности, совместимости и взаимозаменяемости продукции (услуг). Эти показатели имеют общегосударственное значение и поэтому их стандартиза-

ция, контроль за их выполнением и сертификация товаров, процессов и услуг в этих областях обязательны.

Стандарты, содержащие четко выделенные по тексту обязательные требования и методы их объективной проверки, являются «обязательными стандартами» и отвечают указанному требованию.

7. *Принцип гармонизации* предусматривает разработку гармонизированных (взаимоувязанных) стандартов. Обеспечение идентичности документов, относящихся к одному и тому же объекту, но принятых как организациями по стандартизации нашей страны, так и международными (региональными) организациями, позволяет разработать стандарты, которые не создают препятствий в международной торговле.
8. *Четкость формулировок положений стандарта.* В стандартах не допускается двусмысленность толкования норм и требований.
9. *Эффективность стандартизации* достигается за счет экономического и социального эффекта. Экономический эффект дают стандарты, обеспечивающие экономию ресурсов, повышение надежности, минимального удельного расхода материалов, техническую и информационную совместимость. Социальный эффект создают стандарты, направленные на обеспечение безопасности жизни и здоровья людей, окружающей среды.

1.4.3. Методы стандартизации

При стандартизации широкое применение получили следующие методы: упрощение (симплификация); упорядочение (систематизация и классификация) объектов стандартизации; параметрическая стандартизация; унификация; агрегатирование; типизация.

Симплификация — это метод стандартизации, который заключается в сокращении типов изделий в рамках определенной номенклатуры до такого числа, которое является достаточным для удовлетворения существующей потребности на данное время.

Упорядочение объектов стандартизации является универсальным методом в области стандартизации продукции, процессов и услуг. Упорядочение как управление многообразием связано прежде всего с сокращением этого многообразия. В него входят систематизация и классификация.

Систематизация заключается в расположении в определенном порядке и последовательности, удобной для пользования. Наиболее простой формой систематизации является расположение систематизируемого материала в алфавитном порядке (в справочниках, библиографиях и т. п.). В технике широко применяют цифровую систематизацию по порядку номеров или в хронологической последовательности. Например, в стандарт помимо номера вводят цифры, указывающие год его утверждения.

Классификация заключается в расположении предметов и понятий по классам и размерам в зависимости от их общих признаков. В качестве международной системы принята универсальная десятичная система (УДК). Ее используют в публикациях, журналах, библиографических каталогах и т. п.

Для классификации промышленной и сельскохозяйственной продукции используют Единую десятичную систему классификации продукции (ЕДСКП). Все множество продукции делят на 100 классов в соответствии с отраслями производства и конкретизируют ее по свойствам и назначению. Затем каждый класс делят на 10 подклассов, каждый подкласс на 10 групп, каждую группу на 10 подгрупп и каждую подгруппу на 10 видов. Каждый вид может включать 9999 конкретных наименований продукции.

Параметрическая стандартизация применяется для установления рациональной номенклатуры изготавливаемых изделий с целью унификации, повышения серийности и развития специализации их производства. Для этого разрабатывают стандарты на параметрические ряды этих изделий.

Параметрическим рядом называют закономерно построенную в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра машин (или других изделий) одного функционального назначения и аналогичных по кинематике или рабочему процессу.

Из всех параметров, характеризующих изделие, выделяют главный и основные параметры.

Главным называют параметр, который определяет важнейший эксплуатационный показатель машины (или другого изделия) и не зависит от технических усовершенствований изделия и технологии изготовления. Например, для металлорежущего оборудования — это точность обработки, мощность, пределы скоростей резания, производительность; для измерительных приборов — погрешность измерения, цена деления шкалы, измерительная сила и др.

Разновидностью параметрического ряда является типоразмерный (или просто размерный) ряд, его главный параметр — размеры изделий.

На базе параметрических (типоразмерных) рядов создают конструктивные ряды конкретных типов (моделей) машин одинаковой конструкции и одного функционального назначения. В большинстве случаев числовые значения параметров выбирают из рядов предпочтительных чисел, особенно при равномерной насыщенности ряда во всех его частях. В машиностроении наиболее часто используют ряд $R10$.

Общая методика построения параметрического ряда предусматривает следующие виды работ:

- выбор границ ряда;
- выбор характера градации ряда;
- определение числа членов ряда, то есть числа типоразмеров изделий.

Наибольшее и наименьшее значения главного параметра, а также частоту (градацию) ряда следует устанавливать не только на основе текущей потребности, но и с учетом перспективы развития народного хозяйства, достижений науки и техники, тенденций развития машин, для которых определяют параметрические (размерные) ряды.

Унификация согласно определению, данному комитетом ИСО/СТАКО, — это форма стандартизации, заключающаяся в объединении одного, двух и более

документов (технических условий) в одном с таким расчетом, чтобы регламентируемые этим документом изделия были взаимозаменяемыми.

Унификация (от лат. unio — единство и facare — делать, то есть приведение чего-либо к единообразию, к единой форме или системе) — это приведение объектов одинакового функционального назначения к единообразию (например, к оптимальной конструкции) по установленному признаку и рациональное сокращение числа этих объектов на основе данных об их эффективной применяемости.

В основе унификации рядов деталей, узлов, агрегатов, машин и приборов лежит их конструктивное подобие, которое определяется общностью рабочего процесса, условий работы изделий, то есть общностью эксплуатационных требований.

Различают следующие виды унификации: типоразмерную, внутриразмерную и межтиповую.

Типоразмерная унификация применяется в изделиях одинакового функционального назначения, отличающихся друг от друга числовым значением главного параметра.

Внутритиповая унификация осуществляется в изделиях одного и того же функционального назначения, имеющих одинаковое числовое значение главного параметра, но отличающихся конструктивным исполнением составных частей.

Межтиповая унификация проводится в изделиях различного типа и различного конструктивного исполнения (например, унификация продольно-фрезерных, строгальных, шлифовальных станков между собой).

Работы по унификации могут проводиться на следующих уровнях: заводском, отраслевом, межотраслевом и международном.

Уровень унификации изделий или их составных частей определяется с помощью системы показателей, из которых обязательным является коэффициент применяемости на уровне типоразмеров, рассчитываемый в процентах:

$$K_{\text{пр}}^{\text{т}} = \frac{n - n_{\text{о}}}{n} \cdot 100\%,$$

где n — общее количество типоразмеров изделий;

$n_{\text{о}}$ — количество оригинальных типоразмеров.

Применение унификации позволяет заметно уменьшить объем конструкторских работ и сократить сроки проектирования; уменьшить время на подготовку производства и освоения выпуска новой продукции; повысить объем выпуска продукции за счет специализации, а также качество выпускаемой продукции.

Однако проведение унификации, сопровождающейся определенными затратами, требует экономического обоснования. Неоправданно осуществленная унификация может дать отрицательный эффект, в частности, когда приходится использовать ближайшие большие унифицированные детали, вызывающие неоправданное эксплуатационными условиями увеличение массы, габаритов и трудоемкости изготовления машин.

Оптимизировать унификацию — это значит стандартизировать такие конструкции и их размерные ряды, при которых суммарная эффективность в сфере производства и эксплуатации была бы наибольшей.

На рис. 1.1 [50] представлена зависимость экономического эффекта от типа производства. Кривая 1 характеризует изменение экономического эффекта в зависимости от сокращения типоразмеров изделий и, следовательно, увеличения объема выпускаемой продукции, то есть специализации производства. Кривая 2 характеризует затраты, связанные с унификацией.

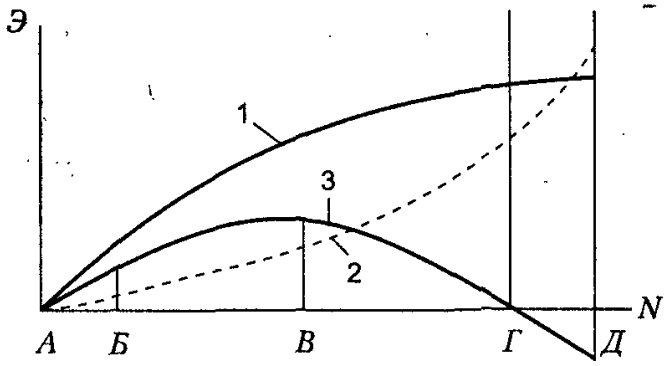


Рис. 1.1. Зависимость экономического эффекта от типа производства

Кривая 3 характеризует суммарный экономический эффект, полученный за счет улучшения качества изделий и экономичности их производства. На участке *АБ* эффективность невысокая, и затраты, связанные с унификацией, очень низки. На участке *БВ* резко растет суммарная эффективность и достигает максимума в точке *В*. Дальнейшее сокращение типажа и повышение серийности мало увеличивает эффект в сфере производства, так как специализация уже осуществлена, затраты продолжают расти (участок *ВГ*). На участке *ГД* дальнейшее сокращение типоразмеров экономически неэффективно.

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

Агрегатирование обеспечивает расширение области применения машин, приборов, оборудования разного функционального назначения путем их компоновки из отдельных узлов, изготовленных на специализированных предприятиях. Эти агрегаты должны обладать полной взаимозаменяемостью по всем эксплуатационным показателям и присоединительным размерам.

Агрегатирование дает возможность уменьшить объем проектно-конструкторских работ, сократить сроки подготовки и освоения производства, снизить трудоемкость изготовления изделий и снизить расходы на ремонтные операции.

Большое распространение получили агрегатные станки, состоящие из унифицированных элементов. При смене объекта производства их легко разобрать и из тех же агрегатов собрать новые станки для обработки других деталей.

На рис. 1.2 [50] показана компоновка агрегатного станка модели 11А234, предназначенного для сверления отверстий, снятия фасок и нарезания резьбы в тормозном барабане автомобиля.

Принцип агрегатирования широко используется при создании стандартной, переналаживаемой оснастки, изготавливаемой из стандартных узлов, деталей и за-

готовок. Примером могут служить универсально-сборные приспособления (УСП). Такие приспособления компонуют из окончательно и точно обработанных взаимозаменяемых элементов: угольников, стоек, призм, опор, прихватов, зажимов, крепежных деталей и др. Примеры приспособлений, собранных из элементов УСП, представлены на рис. 1.3.

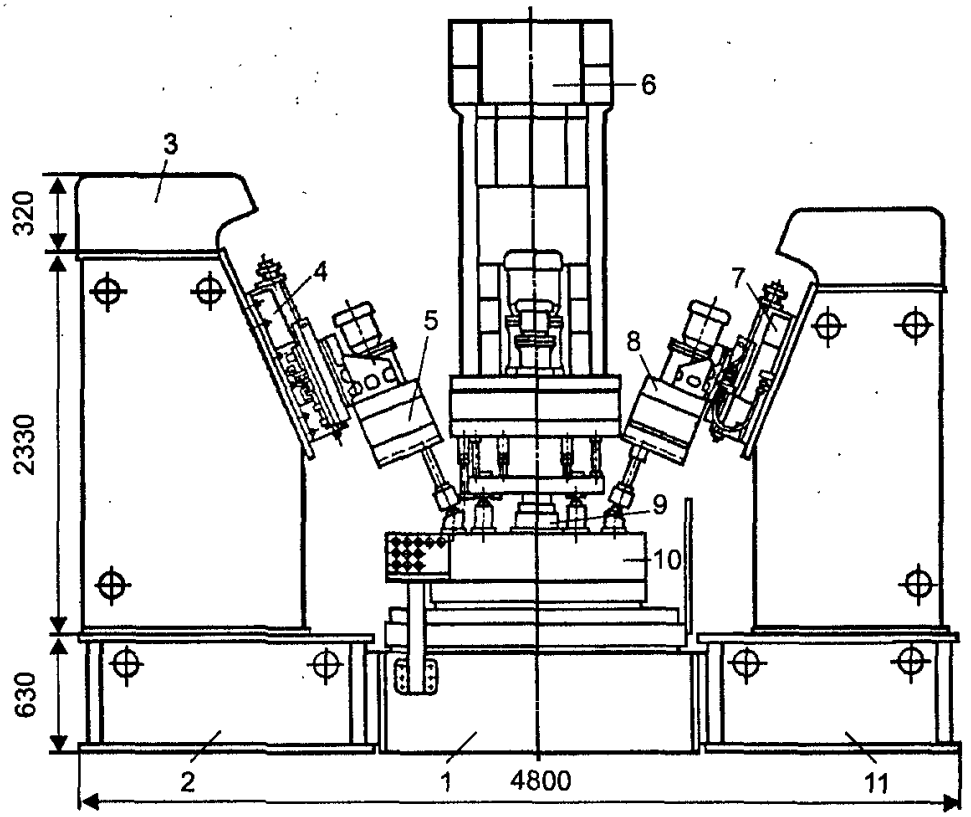


Рис. 1.2. Основные узлы агрегатного станка: 1 — сварное основание; 2, 11 — подставки; 3 — наклонные стойки; 4, 7 — силовые столы со шпиндельными головками 5 и 8; 6 — вертикальные стойки; 9 — зажимное приспособление; 10 — поворотный делительный стол

Систему УСП широко используют на опытных заводах и в условиях мелкосерийного производства, то есть там, где конструирование и изготовление специальных приспособлений экономически невыгодно. Агрегатирование используется при создании контрольно-измерительных приборов, а также в радиоэлектронике.

Результатом развития агрегатирования является модульный принцип конструирования систем (изделий, поточных и автоматических производственных линий и т. п.).

Типизация — метод стандартизации, заключающийся в установлении типовых объектов для данной совокупности, применяемых за основу (базу) при создании других объектов, близких по функциональному назначению.

Типизация развивается в трех основных направлениях: стандартизация типовых технологических процессов; стандартизация типовых конструкций изделий общего назначения; создание нормативно-технических документов, устанавливающих порядок проведения каких-либо работ, расчетов, испытаний и т. п.

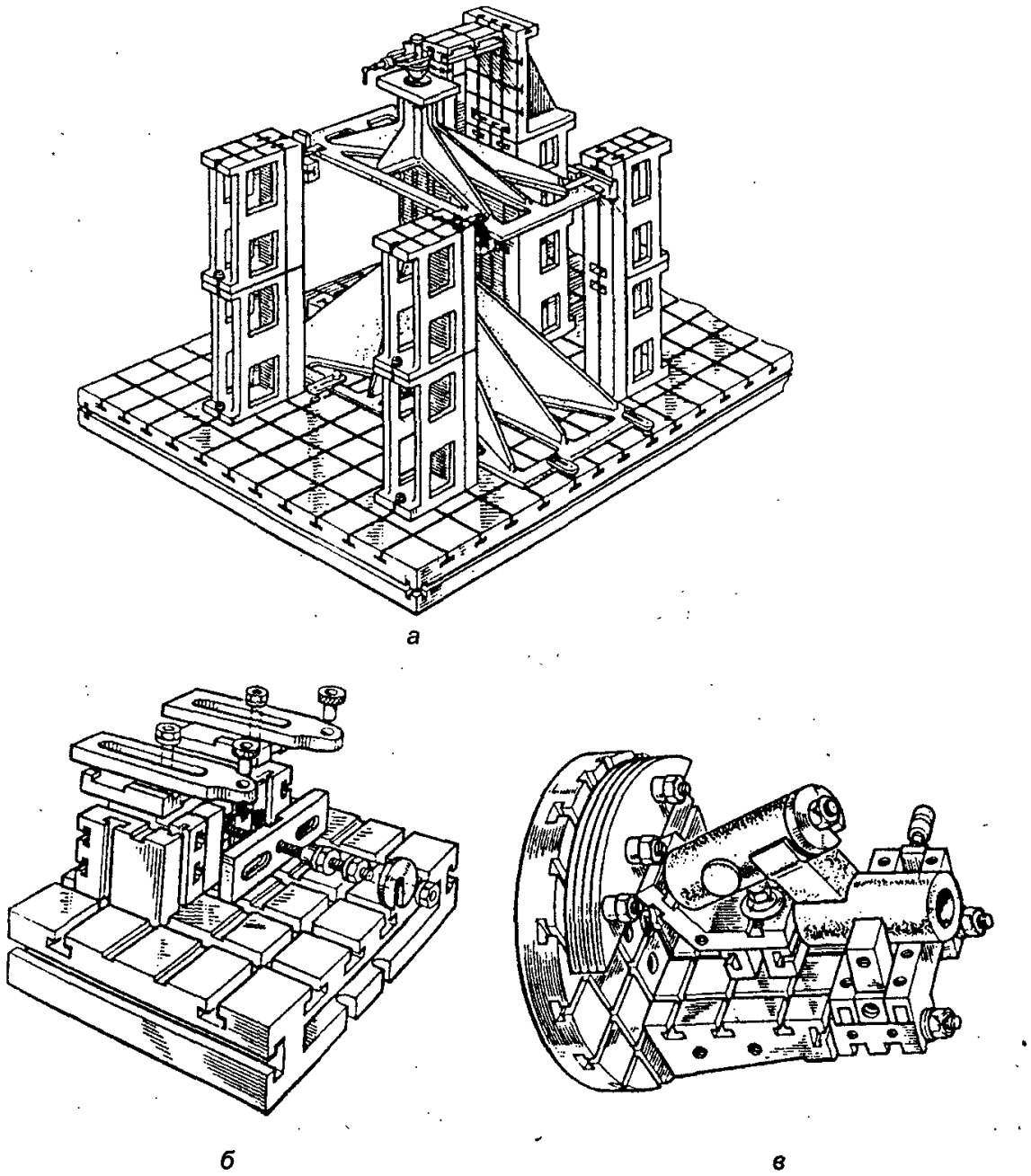


Рис. 1.3. Примеры компоновок УСП: *а* — приспособление для сборки крупного агрегата под сварку; *б* — приспособление для обработки высокоточных отверстий; *в* — токарное приспособление

Типизация технологических процессов — это разработка и установление технологического процесса для производства однотипных деталей или сборки однотипных составных частей или изделий той или иной классификационной группы.

Типизация технологических процессов вызвана необходимостью сокращения неоправданно большого их количества на однотипные детали или сборочные единицы. Очень часто технологический процесс разрабатывается заново без учета существующего опыта. При смене объекта производства весь объем технологических разработок повторяется заново и значительная часть технологических процессов дублирует ранее разработанные процессы.

Типизация технологических процессов при их оптимизации позволяет исключить указанные недостатки и ускорить процесс подготовки производства.

Технологическое подобие деталей определяется совокупностью конструктивных признаков и технологическими характеристиками деталей.

Разработка типовых технологических процессов начинается с классификации объектов производства, технологических операций, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Типовой технологический процесс должен быть общим для группы деталей, иметь единый план обработки по основным операциям, однотипное оборудование и оснастку.

При разработке типового технологического процесса за основу может быть взят наиболее совершенный действующий технологический процесс или спроектирован новый.

Типизация конструкций изделий — это разработка и установление типовых конструкций, содержащих конструктивные параметры, общие для изделий, сборочных единиц и деталей. При типизации анализируются не только уже существующие типы и типоразмеры изделий, их составные части и детали, но и разрабатываются новые, перспективные, учитывающие достижения науки и техники. Часто результатом такой работы является установление соответствующих рядов изделий, их составных частей и деталей.

1.4.4. Комплексная стандартизация

Комплексная стандартизация — это стандартизация, при которой осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимоувязанных требований как к самому объекту комплексной стандартизации в целом и его основным элементам, так и к материальным и нематериальным факторам, влияющим на объект, в целях обеспечения оптимального решения конкретной проблемы. Она обеспечивает наиболее полное и оптимальное удовлетворение требований заинтересованных организаций путем согласования показателей взаимосвязанных компонентов, входящих в объекты стандартизации, и увязки сроков введения в действие стандартов.

Комплексная стандартизация обеспечивает взаимосвязь и взаимозависимость смежных отраслей по совместному производству продукта, отвечающего требованиям государственных стандартов. Например, качество современного автомобиля определяется качеством более двух тысяч изделий и материалов — комплектующих деталей и механизмов, металлов, пластмасс, резинотехнических и электротехнических изделий, лаков, красок, масел, топлива, изделий легкой и целлюлозно-бумажной промышленности и др. В свою очередь, качество каждого из перечисленных изделий определяется рядом показателей, регламентированных стандартами.

Основные задачи, решаемые комплексной стандартизацией:

- регламентация норм и требований к взаимосвязанным объектам и элементам этих объектов (в машиностроении, например, — к деталям, узлам и агрегатам), а также к видам сырья, материалов, полуфабрикатов и т. п., к технологическим процессам изготовления, транспортирования и эксплуатации;
- регламентация взаимосвязанных норм и требований к общетехническим и отраслевым комплексам нематериальных объектов стандартизации (системы

документации, системы общетехнических норм и т. п.), а также к элементам этих комплексов;

- установление взаимоувязанных сроков разработки стандартов, внедрение которых должно обеспечить осуществление мероприятий по организации и совершенствованию производства и, в конечном итоге, выпуск продукции высшего качества.

Комплексное проведение работ по стандартизации опирается в своей основе на широкое применение программно-целевого планирования. Такое планирование позволяет осуществлять гибкое управление, контроль, а также изменять при необходимости тактические варианты плановых решений.

В основе разработки программ лежат следующие принципы:

- системный подход, предусматривающий разработку стандартов на готовую продукцию, комплектующие изделия и т. п., а также установление взаимосвязанных требований с целью обеспечения высокого уровня качества;
- опережающее развитие стандартизации сырья, материалов, комплектующих изделий, качество которых оказывает решающее влияние на технико-экономические характеристики готовой продукции;
- оптимальные границы программ (по номенклатуре объектов комплексной стандартизации, составу и количественным показателям параметров качества);
- логическая (иерархическая) последовательность разработки комплексов стандартов;
- увязка с другими программами и действующими стандартами.

Большое значение в деле повышения качества промышленной продукции имеет комплексная стандартизация норм проектирования (системы допусков и посадок; профили резьб и зубьев, звездочек к приводным цепям; размеры концов валов; методы расчета на точность и прочность; термины; оформление чертежей деталей и узлов; методы и средства контроля и испытаний и т. д.).

1.4.5. Опережающая стандартизация

По мере развития науки и техники стандарты стареют и требуется их пересмотр с учетом долгосрочного прогноза и опережения темпов научно-технического прогресса.

Опережающая стандартизация [19] — это стандартизация, устанавливающая повышенные по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм, требований к объектам стандартизации, которые согласно прогнозам будут оптимальными в последующее время.

Опережающая стандартизация разрабатывается на научно-технической основе, включающей: результаты фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований; открытия и изобретения, принятые к реализации; методы оптимизации параметров объектов стандартизации; прогнозирования потребностей народного хозяйства и населения в данной продукции.

Стандарты, систематически не обновляемые и только фиксирующие существующие параметры и достигнутый уровень качества изделий, могут оказаться тор-

мозом технического прогресса, поскольку процесс развития и совершенствования продукции и улучшения ее качества в соответствии с потребностями общества и народного хозяйства идет непрерывно.

Для того чтобы стандарты не тормозили технический прогресс, они должны устанавливать перспективные показатели качества с указанием сроков их обеспечения промышленным производством.

Процесс опережающей стандартизации непрерывен, то есть после ввода в действие опережающего стандарта сразу же приступают к разработке нового стандарта, которому предстоит заменить предшествующий.

Разновидностью опережающего стандарта является ступенчатый стандарт, содержащий показатели качества различного уровня. На рис. 1.4 в качестве примера приведены данные по ресурсу работы двигателя до первого капитального ремонта (T) по срокам их внедрения.

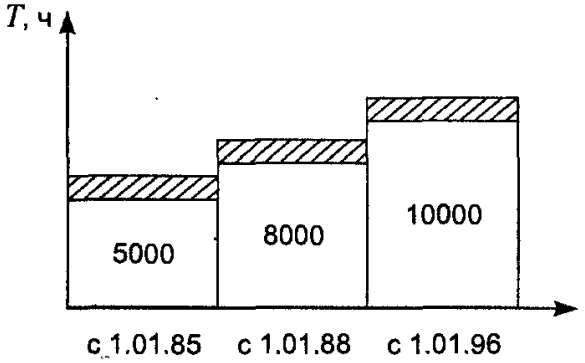


Рис. 1.4. Изменение ресурса работы двигателя по годам

Для прогнозирования научно-технического прогресса важное значение имеет патентная информация, опережающая все другие виды информации на 3–5 лет. Обычно по количеству патентов, выданных в год, судят о темпах развития рассматриваемого объекта. Если количество патентов из года в год растет, значит данное инженерное решение прогрессивно, а если падает, следовательно, данная идея реализована и инженерный принцип себя изжил.

Следует отметить, что стандартизация не может опережать научные и технические открытия, но она должна базироваться на них, ускоряя процесс их широкого внедрения в промышленность.

За рубежом существует категория «предварительных стандартов», в которых оперативно закрепляются результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

1.5. Межотраслевые системы (комплексы) стандартов

Своеобразной формой комплексной стандартизации является стандартизация межотраслевых систем, направленная на решение крупных народнохозяйственных задач и обеспечивающая повышение эффективности производства высококачественной продукции. В настоящее время действуют следующие межотраслевые системы (комплексы) стандартов:

1 — Государственная система стандартизации РФ (ГСС);

2 — Единая система конструкторской документации (ЕСКД);

3 — Единая система технологической документации (ЕСТД);

4 — Система показателей качества продукции (СПКП);

6 — Унифицированная система документации (УСД);

7 — Система информационно-библиографической документации (СИБИД);

8 — Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ);

9 — Единая система защиты от коррозии и старения материалов и изделий (ЕСЗКС);

10 — Стандарты на товары, поставляемые на экспорт;

12 — Система стандартов безопасности труда (ССБТ);

13 — Репрография;

14 — Технологическая подготовка производства;

15 — Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП);

17 — Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов (ССОП);

19 — Единая система программных документов (ЕСПД);

21 — Система проектной документации для строительства (СПДС);

22 — Безопасность в чрезвычайных ситуациях (БЧС);

23 — Обеспечение износостойкости изделий;

24 — Система технической документации на АСУ;

25 — Расчеты и испытания на прочность;

26 — Средства измерений и автоматизации;

27 — Надежность в технике;

29 — Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения;

31 — Технологическая;

34 — Информационная технология;

40 — Система сертификации ГОСТ Р.

В стандартах, входящих в комплекс, первые одна или две цифры с точкой условного обозначения относятся к шифру комплекса.

Процесс комплектования уже существующих комплексов до сих пор еще продолжается. Возможно и создание новых комплексов. Некоторые комплексы уже почти сформированы (например, Система автоматического проектирования — САПР, или Единая система допусков и посадок — ЕСДП), но им пока не присвоен шифр комплекса. Другие только формируются. Очень перспективной, например, является система электронного обмена данными.

1.5.1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД)

ЕСКД устанавливает для всех предприятий (организаций) страны единые правила разработки, выполнения, оформления и обращения конструкторской документации. В стандартах ЕСКД сохранена преемственность положений стандартов системы чертежного хозяйства и обеспечена согласованность с рекомендациями ИСО и МЭК.

Основные задачи ЕСКД: повышение производительности труда конструкторов; улучшение качества чертежной документации; взаимообмен конструкторской документацией между организациями и предприятиями без переоформления; углубление унификации при разработке проектов промышленных изделий; упрощение форм конструкторских документов, графических изображений, внесение в них изменений; механизация и автоматизация обработки технических документов и содержащейся в них информации; эффективное хранение, дублирование, учет документации, сокращение ее объемов; ускорение оборота документов; улучшение условий эксплуатации и ремонта технических устройств.

Весь комплекс стандартов системы ЕСКД, а их свыше 160, разделяется на следующие группы:

0 — Общие положения (ГОСТ 2.001–2.004);

1 — Основные положения (ГОСТ 2.101–2.125);

2 — Обозначения изделий и документов (ГОСТ 2.201);

3 — Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301–2.321);

4 — Правила выполнения чертежей различных изделий (ГОСТ 2.401–428);

5 — Правила учета и обращения документации (ГОСТ 2.501–2.503);

6 — Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.601–2.608);

7 — Правила выполнения схем и обозначения условно-графические (ГОСТ 2.701–2.711, 2.721–2.770, 2.780–2.797);

8 — Правила выполнения горно-графической документации (ГОСТ 2.801–2.804, 2.850–2.857);

9 — прочие стандарты.

ЕСКД стала универсальной системой, позволяющей осуществлять широкий обмен технической документацией с зарубежными странами, выходить на международный рынок с продажей товаров, лицензий, организовывать совместные с зарубежными фирмами предприятия по изготовлению конечного продукта.

Развитие компьютерной графики, систем автоматического проектирования и производства изделий ставят перед разработчиками системы ЕСКД задачи по отражению современных требований на выполнение, оформление и обращение «безбумажной» (на машинных носителях) конструкторской документации.

1.5.2. Единая система технологической документации (ЕСТД)

Технологическая документация определяет технический уровень производства по тем технологическим методам, оборудованию, оснастке, инструменту, которые на нем использованы. На основе технологической документации создается многочисленная информация, применяемая для проведения технико-экономических и планово-нормативных расчетов, планирования и регулирования производства, правильной его организации, подготовки, управления и обслуживания.

Основное назначение комплекса государственных стандартов, составляющих ЕСТД, — установить во всех организациях и на всех предприятиях единые взаимосвязанные правила, нормы и положения выполнения, оформления, комплектации и обращения, унификации и стандартизации технологической документации.

Внедрение ЕСТД позволяет:

- сократить объем разрабатываемой технологической документации;
- повысить производительность труда технологов;
- упорядочить номенклатуру и содержание форм документации общего назначения (карты технологического процесса, спецификации);
- установить правила оформления технологических процессов (формы документации), внесения и оформления изменений;
- установить правила учета и анализа применяемости технологической оснастки, деталей, узлов и материалов;
- эффективно внедрить типовые технологические процессы;
- создать первичную информационную базу для автоматизированной системы управления предприятия и отрасли.

Весь комплекс стандартов ЕСТД (свыше 40 ГОСТ) разделяется на следующие классификационные группы:

0 — Общие положения (ГОСТ 3.1001);

1 — Основополагающие стандарты (ГОСТ 3.1102–3.1130);

2 — Классификация и обозначение технологических документов (ГОСТ 3.1201);

3 — Учет применяемости деталей и сборных единиц в изделиях;

4 — Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на процессы, специализированные по видам работ (ГОСТ 3.1401–3.1409, 3.1412–3.1428);

5 — Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на испытания и контроль (ГОСТ 3.1502–3.1507);

6 — Вспомогательное производство. Формы технологических документов (ГОСТ 3.1603);

7 — Правила заполнения технологических документов (ГОСТ 3.1702–3.1707).

В условном обозначении стандарта после кода комплекса (цифра 3 с точкой) ставится код производства, для которого разработан стандарт (1 – для машиностроения и приборостроения).

1.5.3. Комплексы стандартов по безопасности жизнедеятельности

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации.

Стандартизация по обеспечению безопасности жизнедеятельности представлена тремя комплексами стандартов: «Система стандартов безопасности труда (ССБТ)» с кодом 12, «Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов (ССОП)» с кодом 17 и «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (БЧС)» с кодом 22.

Система стандартов безопасности труда (*ССБТ*) выполняет важную социальную функцию по предупреждению аварий и несчастных случаев с целью обеспечения охраны здоровья людей на производстве и в быту. Она насчитывает более 350 стандартов.

В рамках этой системы производятся взаимная увязка и систематизация всей существующей нормативной и нормативно-технической документации по безопасности труда, в том числе многочисленных норм и правил по технике безопасности и производственной санитарии как федерального, так и отраслевого значения. ССБТ представляет собой многоуровневую систему взаимосвязанных стандартов, направленную на обеспечение безопасности труда.

Система ССБТ (по ГОСТ 12.0.001–82) состоит из следующих групп:

0 — Организационно-методические стандарты;

1 — Стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов;

2 — Стандарты требований безопасности к производственному оборудованию;

3 — Стандарты требований безопасности к производственным процессам;

4 — Стандарты требований к средствам защиты работающих.

Стандарты группы «0» *устанавливают*:

- организационно-методические основы стандартизации в области безопасности труда (цели, задачи и структура, системы, внедрение и контроль за соблюдением стандартов ССБТ, терминология в области безопасности труда, классификация опасных и вредных производственных факторов и др.);
- требования (правила) к организации работ, направленных на обеспечение безопасности труда (обучение работающих безопасности труда, аттестация персонала, методы оценки состояния безопасности труда и др.).

Стандарты группы «1» *устанавливают*:

- требования по видам опасных и вредных производственных факторов, предельно допустимые значения их параметров и характеристик;
- методы контроля нормируемых параметров и характеристик опасных и вредных производственных факторов;
- методы защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов.

Стандарты группы «2» устанавливают:

- общие требования безопасности к производственному оборудованию;
- требования безопасности к отдельным группам (видам) производственного оборудования;
- методы контроля выполнения требований безопасности.

Стандарты группы «3» устанавливают:

- общие требования безопасности к производственным процессам;
- требования безопасности к отдельным группам (видам) технологических процессов;
- методы контроля выполнения требований безопасности.

Стандарты группы «4» устанавливают:

- требования к отдельным классам, видам и типам средств защиты;
- методы контроля средств защиты;
- классификация средств защиты.

Стандартизация в области безопасности труда охватывает все уровни управления народным хозяйством. Кроме того, предусматривается обязательное включение раздела «Требования безопасности» в стандарты всех категорий и технические условия на материалы, вещества, производственное оборудование и в стандарты на производственные процессы, здания, сооружения, если они являются или могут быть источниками опасных и вредных производственных факторов.

На основе стандартов ССБТ на предприятиях всех отраслей народного хозяйства разрабатываются стандарты предприятий по безопасности труда, которые устанавливают порядок организации работ, внедрения и контроля за внедрением и соблюдением стандартов ССБТ и другой нормативной документации по безопасности труда, порядок организации работ по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности и другие положения.

Нормы и требования стандартов ССБТ в обязательном порядке включаются во все виды конструкторской, технологической, проектной документации, а также в инструкции по охране труда и другие документы. Основные положения стандартов ССБТ включены в стандарты других систем государственной стандартизации (ЕСКД, ЕСТД, СРПП, ГСИ и др.).

Охрана труда на производстве, безопасность процессов, продукции и услуг в настоящее время приобретает важное значение при обязательной сертификации производственных объектов. Поэтому стандарты ССБТ являются основой нормативной базы систем обязательной сертификации.

В международной стандартизации вопросам безопасности уделяется особое внимание. ИСО и МЭК полагают, что обеспечению безопасности будет способствовать применение международных стандартов, в которых установлены требования безопасности. Это может быть стандарт, относящийся исключительно к области безопасности либо содержащий требования безопасности наряду с другими техническими требованиями. При подготовке стандартов безопасности выявляют как характеристики объекта стандартизации, которые могут оказать не-

гативное воздействие на человека и окружающую среду, так и методы установления безопасности по каждой характеристике продукта. Но *главной целью стандартизации в области безопасности является поиск защиты от различных видов опасностей.*

Например, МЭК как организация, наиболее активно занимающаяся вопросами безопасности, в сферу деятельности включила: травмоопасность, опасность поражения электротоком, техническая опасность, пожароопасность, взрывоопасность, химическая опасность, биологическая опасность, опасность излучений оборудования (звуковых, инфракрасных, радиочастотных, ультрафиолетовых, ионизирующих, радиационных и др.) [18].

Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов (*ССОП*) представляет собой совокупность взаимосвязанных стандартов, направленных на сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов.

Охрана природы (по ГОСТ 17.0.0.01–76) — это система мер, направленная на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, рациональное использование природных ресурсов, предупреждающая прямое или косвенное вредное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека.

Эта система разрабатывается в соответствии с действующим законодательством с учетом экологических, санитарно-гигиенических, технических и экономических требований.

Система стандартов в области охраны природы состоит из 9 групп стандартов (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Классификационные группы ССОП

Номер группы	Наименование	Кодовое название
0	Организационно-методические стандарты	Основные положения
1	Стандарты в области охраны и рационального использования вод	Гидросфера
2	Стандарты в области защиты атмосферы	Атмосфера
3	Стандарты в области биологических ресурсов	Биологические ресурсы
4	Стандарты в области охраны и рационального использования почв	Почвы
5	Стандарты в области улучшения использования земель	Земля
6	Стандарты в области охраны флоры	Флора
7	Стандарты в области охраны фауны	Фауна
8	Стандарты в области охраны и рационального использования недр	Недра

В зависимости от характера стандартизуемого объекта стандарты ССОП подразделяются на виды (табл. 1.3). Обозначение стандарта системы ССОП рассмотрим на примере ГОСТ 17.1.3.13–86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения».

Таблица 1.3. Классификационные виды ССОП

Номер вида	Наименование вида
0	Основные положения
1	Термины, определения, классификация
2	Нормы и методы измерений загрязняющих выбросов и сбросов, интенсивности использования природных ресурсов
3	Правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов
4	Методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий
5	Требования к средствам контроля и измерений состояния окружающей природной среды
6	Требования к устройствам, аппаратам и сооружениям по защите окружающей среды от загрязнений
7	Прочие стандарты

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (*БЧС*) представлена комплексом стандартов, основной целью которых является:

- повышение эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС на всех уровнях (федеральном, региональном, местном) для обеспечения безопасности населения и объектов народного хозяйства в природных, техногенных, биолого-социальных и военных ЧС;
- предотвращение или снижение ущерба в ЧС;
- эффективное использование и экономия материальных и трудовых ресурсов при проведении мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС.

В комплекс БЧС входят классификационные группы, представленные в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Классификационные группы БЧС

Номер группы	Наименование	Кодовое название
0	Основополагающие стандарты	Основные положения
1	Стандарты в области мониторинга и прогнозирования	Мониторинг и прогнозирование
2	Стандарты в области обеспечения безопасности объектов народного хозяйства	Безопасность объектов народного хозяйства

Номер группы	Наименование	Кодовое название
3	Стандарты в области обеспечения безопасности населения	Безопасность населения
4	Стандарты в области обеспечения безопасности продовольствия, пищевого сырья и кормов	Безопасность продовольствия
5	Стандарты в области обеспечения безопасности сельскохозяйственных животных и растений	Безопасность животных и растений
6	Стандарты в области обеспечения безопасности водоисточников и систем водоснабжения	Безопасность воды
7	Стандарты на средства и способы управления, связи и оповещения	Управление, связь, оповещение
8	Стандарты в области ликвидации чрезвычайных ситуаций	Ликвидация чрезвычайных ситуаций
9	Стандарты в области технического оснащения аварийно-спасательных формирований, средств специальной защиты и экипировки спасателей	Аварийно-спасательные средства
10, 11	Резерв	

Стандарты группы 0 устанавливают:

- основные положения (назначение, структуру, классификацию) комплекса стандартов;
- основные термины и определения в области обеспечения безопасности в ЧС;
- классификацию ЧС;
- классификацию продукции, процессов, услуг и объектов народного хозяйства по степени их опасности;
- номенклатуру и классификацию поражающих факторов и воздействий источников ЧС;
- предельно допустимые уровни (концентрации) поражающих факторов и воздействий источников ЧС; основные положения и правила метрологического контроля состояния технических систем в ЧС.

1.5.4. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП)

Главной целью системы СРПП является обеспечение выпуска качественной продукции. Она распространяется на продукцию всех отраслей промышленности за исключением военной.

Основное назначение СРПП состоит в установлении организационно-технических принципов и порядка проведения работ, направленных на решение следующих *задач*:

- обеспечение разработки и производства новой продукции высокого качества, которая могла бы быть конкурентоспособной;
- сокращение сроков и затрат на разработку, производство, эксплуатацию и ремонт продукции;
- обеспечение стабильности показателей качества выпускаемой продукции;
- своевременное обновление устаревшей продукции;
- повышение ответственности исполнителей работ за качество разработки, изготовления и обеспечение эксплуатации и ремонта продукции.

Объектами стандартизации СРПП являются:

- порядок проведения работ в процессе жизненного цикла продукции;
- правила проведения и оформления решений по их результатам;
- функции участников работ;
- общие требования к продукции, предъявляемые на каждой стадии жизненного цикла.

Стандарты СРПП могут быть государственными, межгосударственными, отраслевыми и предприятий.

По ГОСТ 15.000–82* СРПП включает в себя классификационные группы, представленные в табл. 1.5.

Разработка и постановка продукции на производство предусматривает разработку технического задания (*ТЗ*), чертежной и другой нормативно-технической документации, изготовление и испытание образцов продукции, приемку результатов разработки, технологическую подготовку и освоение производства. В разделах стандарта четко регламентируются функции разработчика, заказчика (потребителя), изготовителя продукции.

Таблица 1.5. Классификационные группы СРПП

Код группы	Наименование	Устанавливаемые положения и требования
0	Общие положения	Общие (основные) положения СРПП по всей продукции и на определенные группы продукции межотраслевого назначения, а также термины и определения
1	Научно-исследовательские работы (НИР)	Порядок проведения научных исследований, непосредственно предшествующих разработке продукции
2	Опытно-конструкторские (ОКР) и опытно-технологические работы (ОТР)	Требования к опытно-конструкторским (ОКР) и опытно-технологическим (ОТР) работам

Код группы	Наименование	Устанавливаемые положения и требования
3	Производство	Требования к постановке продукции на производство и изготовлению продукции единичного, серийного и массового производств
4	Поставка (обращение и реализация)	Требования по обращению и реализации продукции, проведению работ при ее передаче заказчику (основному потребителю)
5	Эксплуатация	Требования по порядку введения продукции в эксплуатацию и снятию ее с эксплуатации
6	Ремонт	Требования к порядку проведения ремонта изделий с учетом условий подготовки и освоения ремонтного производства и контроля качества отремонтированных изделий
7	Обеспечение эксплуатации и ремонта промышленностью	Требования к обеспечению эксплуатации и ремонта изделий промышленностью, в том числе изготовление запасных частей к изделиям, находящимся в эксплуатации
8	Снятие с производства	Требования к снятию продукции с производства
9	Прочие стандарты	Стандарты, не обладающие квалификационными признаками других групп

Конечный результат подготовки производства подтверждается проведением квалификационных испытаний образцов первой промышленной партии. При положительных результатах этого испытания освоение данного изделия считается завершенным, а продукция может поставляться заказчику.

1.5.5. Единая система программных документов (ЕСПД)

Система ЕСПД устанавливает правила разработки, оформления и обращения программ и программной документации.

Единые требования к разработке, сопровождению, изготовлению и эксплуатации программ и программной документации *обеспечивают*:

- унификацию программных изделий для взаимного обмена программами и применения ранее разработанных программ в новых разработках;
- снижение трудоемкости и повышение эффективности разработки, сопровождения, изготовления и эксплуатации программных изделий;
- автоматизацию изготовления и хранения программной документации.

В состав ЕСПД (28 стандартов) входят следующие *классификационные группы*:

0 Общие положения;

1 Основополагающие стандарты;

2 — Правила выполнения документации разработки;

3 — Правила выполнения документации изготовления;

4 — Правила выполнения документации сопровождения;

5 — Правила выполнения эксплуатационной документации;

6 — Правила обращения программной документации;

7, 8 — Резервные группы;

9 — прочие стандарты.

Информационные технологии в настоящее время бурно развиваются. Это неизбежно приведет к развитию системы ЕСПД. Например [18], в области информационных технологий интересным новым направлением международной стандартизации является CALS-технология (Continuous Acquisition and Life Cycle Support). Концепция CALS возникла в военно-промышленном комплексе США, затем проникла в гражданскую промышленность и значительно расширилась географически.

Со временем CALS стала называться «Поддержкой непрерывных поставок и жизненного цикла изделий». Это значит, что усиливалось внимание к методологии параллельного проектирования и интегрированной логистической поддержки. Позднее CALS превратилась в Commerce At Liqht Speed — «Бизнес в высоком темпе». Этот последний вариант и служит основой для разработки международных стандартов в области информационных технологий для электронной коммерции.

CALS-технологии обусловили возникновение нового понятия — «виртуальное предприятие». По существу это не оформленное организационно объединение разных компаний, связанных разработкой или реализацией одного проекта. Для них нужны единые правила действий, единый язык, единые нормы. А это решается только путем стандартизации.

Наряду с другими организациями стандартизацией в области CALS-технологий занимается ИСО; приняты международные стандарты ИСО 10303, ИСО 13584 и др. Начали применять CALS-технологии и в России.

1.6. Межгосударственная система стандартизации (МГСС)

1.6.1. Общая характеристика системы

Межгосударственная стандартизация (по ГОСТ 1.0–92) — это стандартизация объектов, представляющих межгосударственный интерес.

Представителями стран СНГ 13 марта 1992 г. подписано «Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации» и образованы Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) и Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС).

В 1995 г. Совет ИСО признал МГС региональной организацией по стандартизации в странах СНГ.

Таблица 1.6. Государства — участники Соглашения и их национальные органы по стандартизации, метрологии и сертификации

Наименование государства	Наименование национального органа по стандартизации, метрологии и сертификации
Азербайджанская республика	Азгосстандарт
Республика Армения	Армгосстандарт
Республика Беларусь	Госстандарт Беларуси
Грузия	Грузстандарт
Республика Казахстан	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизская Республика	Киргизстандарт
Республика Молдова	Молдовастандарт
Российская Федерация	Госстандарт России
Республика Таджикистан	Таджикстандарт
Туркменистан	Главная государственная инспекция Туркменистана
Республика Узбекистан	Узгосстандарт
Украина	Госстандарт Украины

Членами МГС являются руководители национальных органов по стандартизации, метрологии и сертификации 12 государств — участников Соглашения (табл. 1.6). МГС открыта и для других государств, признающих ее принципы и присоединяющихся к Соглашению.

Основные положения системы МГСС изложены в следующих нормативных документах:

- ГОСТ 1.0–92. Правила проведения работ по межгосударственной стандартизации. Общие положения;
- ГОСТ 1.2–97. Правила проведения работ по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены документов по межгосударственной стандартизации;
- ГОСТ 1.5–93. Правила проведения работ по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов;
- ПМГ 02–93. Типовое положение о межгосударственном техническом комитете по стандартизации;
- ПМГ 04–94. Порядок распространения межгосударственных стандартов и нормативной документации Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации;
- ПМГ 05–94. Порядок взаимодействия национальных органов по стандартизации по осуществлению переводов межгосударственных, международных и зарубежных стандартов;

- ПМГ 13–95. Порядок разработки и ведения межгосударственных классификаторов;
- ПМГ 14–96. Положение о гармонизации классификаторов технико-экономической и социальной информации;
- ПМГ 22–97. Правила по программному планированию разработки межгосударственных стандартов;
- РМГ 19–96. Рекомендации по основным принципам и методам стандартизации терминологии;
- РМГ 24. Рекомендации по разработке стандартов межгосударственными техническими комитетами.

Целями межгосударственной стандартизации в соответствии с ГОСТ 1.0–92 являются:

- защита интересов потребителей и каждого государства — участника Соглашения в вопросах качества продукции, услуг и процессов, обеспечивающих безопасность для жизни, здоровья и имущества населения, охрану окружающей среды;
- обеспечение совместимости и взаимозаменяемости продукции и других требований, представляющих межгосударственный интерес;
- содействие экономии всех видов ресурсов и улучшению экономических показателей производства стран — участников Соглашения;
- устранение технических барьеров в производстве и торговле, содействие повышению конкурентоспособности продукции государств — участников Соглашения на мировых торговых рынках и эффективному участию государств в межгосударственном и международном разделении труда;
- содействие повышению безопасности хозяйственных объектов государств — участников Соглашения при возникновении природных и технологических катастроф, а также других чрезвычайных ситуаций.

Объектами межгосударственной стандартизации являются:

- общетехнические нормы и требования, в том числе единый технический язык;
- типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий общемашиностроительного применения (подшипники, крепеж и др.);
- совместимые программные и технические средства информационных технологий, справочные данные;
- справочные данные о свойствах материалов и веществ;
- объекты крупных промышленных и хозяйственных комплексов (транспорт, энергетика, связь и др.);
- объекты крупных межгосударственных социально-экономических и научно-технических программ;
- взаимопоставляемая продукция, выпускаемая в ряде государств.

В рамках СНГ действует «Соглашение о взаимном признании результатов сертификации».

В области метрологии реализуются программы совместных работ в нескольких направлениях: передача размеров единиц физических величин; разработка и пересмотр основополагающих межгосударственных нормативных документов по метрологии; создание и применение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; методы неразрушающего контроля.

Рабочими органами МГС являются постоянно действующий технический секретариат с местом пребывания в Минске. Органами по разработке стандартов являются межгосударственные технические комитеты (МТК), которых создано свыше 200. Благодаря деятельности МГС сохранено около 25 тыс. государственных, 40 тыс. отраслевых стандартов, 35 классификаторов технико-экономической информации, 140 метрологических эталонов физических величин. За период до конца 1996 г. принято новых и пересмотрено более 2000 межгосударственных стандартов.

МГС стремится к расширению сотрудничества с международными организациями по стандартизации, метрологии и сертификации (ИСО, МЭК, СЕН). Уже имеется соглашение с Европейским комитетом по стандартизации (СЕН) о прямом (безвозмездном) применении европейских стандартов в качестве межгосударственных для стран СНГ. В случае использования этих стандартов все национальные стандарты в данной области, противоречащие евронормам, должны быть изъяты из обращения. При этом в СЕН в обязательном порядке направляются копии стандартов, являющихся прямым применением евронорм.

1.6.2. Порядок разработки межгосударственных стандартов

В рамках деятельности Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации Российская Федерация может участвовать в разработке межгосударственных стандартов в следующих случаях:

- в рамках межгосударственных технических комитетов (МТК), ведение секретариатов которых возложено на Российскую Федерацию;
- в качестве автора стандартов (вне рамок МТК);
- при рассмотрении проектов стандартов, авторами которых являются другие государства — участники Соглашения или МТК, ведение секретариатов которых возложены на эти государства.

Разработка проектов межгосударственных стандартов МТК, ведение секретариатов которых возложено на Российскую Федерацию, в соответствии с ГОСТ Р 1.8–95 осуществляется в следующем порядке:

- 1-я стадия — организация разработки стандарта;
- 2-я стадия — разработка первой редакции проекта стандарта и рассылка ее на отзыв;
- 3-я стадия — разработка окончательной редакции проекта стандарта и рассылка ее на рассмотрение и голосование;
- 4-я стадия — принятие проекта стандарта и его регистрация.

При разработке стандартов используют результаты научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических, проектных работ; результаты патентных исследований; международные, региональные стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации (в том числе по межгосударственной стандартизации); прогрессивные национальные стандарты государств — участников Соглашения и других стран, а также иную информацию о современных достижениях отечественной и зарубежной науки, техники и технологии.

Организация разработки стандарта возлагается на российскую часть МТК (российский ТК, аналогичный данному МТК) в соответствии с порядком, установленным ГОСТ Р 1.2–92 (п. 1.3.6).

В зависимости от источников финансирования разработка стандарта осуществляется на основе договора, заключаемого с Госстандартом России (Госстроем России), другими государственными органами управления Российской Федерации, национальными органами по стандартизации (национальными органами управления строительством) государств-участников Соглашения, другими государственными органами управления этих государств, заинтересованными предприятиями, организациями, общественными объединениями, расположенными как в Российской Федерации, так и в других государствах-участниках Соглашения; техническим секретариатом Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации или с секретариатом Межгосударственной научно-технической комиссии по стандартизации и техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС).

При необходимости может быть составлено техническое задание на разработку стандарта (как приложение к договору или в качестве самостоятельного документа).

Разработку первой редакции проекта стандарта осуществляет рабочая группа (предприятие, организация) и направляет его с пояснительной запиской в МТК.

Секретариат МТК проверяет проект стандарта на соответствие условиям договора на его разработку, требованиям ГОСТ Р 1.0–92 и 1.5–95 и направляет его полномочным представителям государств, членов МТК, или (если они не определены) национальным органам по стандартизации, или национальным органам управления строительством этих государств.

Полномочный представитель Российской Федерации в МТК совместно с российской частью секретариата МТК проверяют проект стандарта на соответствие требованиям взаимоувязанных с ним государственных стандартов Российской Федерации, законодательству Российской Федерации, метрологическим правилам и нормам, применяемой терминологии, и направляют его (с пояснительной запиской) на отзыв членам аналогичного российского ТК, научно-исследовательской организации Госстандарта России (Госстроя России), если она не является членом ТК, заказчику разработки стандарта (если им не является Госстандарт России или Госстрой России), другим заинтересованным предприятиям, организациям, государственным органам управления Российской Федерации (в том числе органам государственного контроля и надзора) с учетом полученных заявок.

Секретариат МТК рассматривает все полученные отзывы и направляет их разработчику проекта стандарта для подготовки окончательной редакции.

Разработка и рассмотрение окончательной редакции проекта стандарта осуществляет МТК с учетом поступивших отзывов.

При этом в разработке окончательной редакции проекта стандарта могут участвовать представители других государств — членов МТК по предложению их национальных органов.

Рассылка проекта стандарта (окончательной редакции) на рассмотрение полномочным представителям государств — членов МТК осуществляется секретариатом МТК одновременно с рассылкой проекта стандарта (окончательной редакции) на рассмотрение предприятиям (организациям) Российской Федерации.

Согласование и принятие проекта стандарта, а также его регистрация производятся по процедуре, изложенной в ГОСТ Р 1.8–95.

Если после повторного рассмотрения проекта стандарта, разработка которого полностью финансируется Российской Федерацией, большинство (более половины) полномочных представителей заинтересованных государств — членов МТК возражает против принятия предложенного проекта стандарта, Госстандарт России (Госстрой России) по предложению российской части секретариата МТК может принять решение об оформлении на его основе (первоначального или доработанного варианта окончательной редакции) проекта государственного стандарта Российской Федерации. Это решение доводится до полномочных представителей других государств-членов МТК и технического секретариата (секретариата МНТКС).

Разработка проектов межгосударственных стандартов, автором которых является Российская Федерация (вне рамок МТК), по ГОСТ Р 1.8–95 осуществляется в следующем порядке:

- 1-я стадия — организация разработки стандарта;
- 2-я стадия — разработка первой редакции проекта стандарта;
- 3-я стадия — разработка окончательной редакции проекта стандарта и ее рассмотрение в Госстандарте России (Госстрое России);
- 4-я стадия — рассмотрение проекта стандарта в государствах — участниках Соглашения;
- 5-я стадия — принятие стандарта и регистрация.

Разработка проектов стандартов на 1–3 стадиях соответствует порядку, установленному для проектов государственных стандартов (см. п. 1.3.6).

Рассмотрение проекта стандарта в государствах — участниках Соглашения производится после его одобрения Госстандартом России (Госстроем России).

После поступления от национальных органов этих государств результатов рассмотрения проекта стандарта (бюллетеней голосования, замечаний и предложений) Госстандарт России (Госстрой России) анализирует и обобщает их. При положительных результатах голосования по проекту стандарта Госстандарт России (Госстрой России) направляет его в технический секретариат (секретариат МНТКС).

При наличии принципиальных замечаний проект дорабатывается и рассылается на повторное рассмотрение и голосование. При отрицательных результатах по-

вторного голосования по проекту стандарта Госстандарт России (Госстрой России) рассматривает обоснованность предъявляемых претензий и на этом основании принимает решение о дальнейшей доработке проекта стандарта или о прекращении разработки проекта межгосударственного стандарта и оформлении его для принятия в качестве государственного стандарта Российской Федерации. Принятое решение доводится до сведения технического секретариата (секретариата МНТКС).

Рассмотрение в Российской Федерации проектов межгосударственных стандартов, авторами которых являются другие государства — участники Соглашения или МТК, ведение секретариатов которых возложено на эти государства, Госстандартом России (Госстроем России) поручается ТК (предприятию, организации), за которым в Российской Федерации закреплен соответствующий объект стандартизации или сфера деятельности.

Предприятие (организация) определяется в качестве ответственного за рассмотрение стандарта в том случае, если не создан соответствующий ТК. Такое предприятие (организация) должно иметь в данной области наиболее высокий научно-технический потенциал.

После поступления проекта стандарта от национального органа государства — основного разработчика стандарта (или секретариата МТК) Госстандарт России (Госстрой России) направляет его ТК (предприятию, организации), ответственному за рассмотрение данного стандарта, который рассылает его на отзыв органам в соответствии с ГОСТ Р 1.2–92 (п. 1.3.6) и заинтересованным предприятиям (организациям).

После выполнения всех процедурных мероприятий, оговоренных ГОСТ Р 1.8–95, Госстандарт России (Госстрой России) направляет бюллетень голосования национальному органу государства — основного разработчика стандарта (секретариату МТК), в котором дают свое решение о принятии (или не принятии) Российской Федерацией стандарта.

При необходимости Госстандарт России (Госстрой России) может одновременно принять решение об обновлении (пересмотре или внесении изменения) принятого государственного стандарта Российской Федерации.

Принятые межгосударственные стандарты, к которым Российская Федерация присоединилась или является их автором, применяются на ее территории, как правило, без переоформления в государственные стандарты Российской Федерации.

Государственные стандарты Российской Федерации в случае их применения в качестве межгосударственных продолжают применяться на ее территории после принятия постановления Госстандартом России (Госстроем России) о признании одинаковой силы этих стандартов в связи с полной аутентичностью их содержания. При этом на стандарте делают дополнение к обозначению в виде записи межгосударственного стандарта на каждой странице с левой стороны или над обозначением государственного стандарта. Например,

ГОСТ 40.9004–95 / ГОСТ Р 50691–94 или

ГОСТ 40.9004–95

ГОСТ Р 50692–94.

Изменение к межгосударственному стандарту разрабатывают при замене, добавлении или исключении отдельных его требований, которые не влекут за собой нарушения взаимозаменяемости и (или) совместимости новой продукции с продукцией, изготовляемой по действующему стандарту.

Порядок разработки и рассмотрения изменений и введения их в действие, а также порядок прекращения применения межгосударственных стандартов на территории Российской Федерации изложен в ГОСТ Р 1.8–95.

Информация о принятом межгосударственном стандарте, который вводится в действие для применения в Российской Федерации, а также информация о том, что межгосударственный стандарт отменен (прекращено его действие на территории Российской Федерации) или информация о принятии взамен него другого межгосударственного стандарта или государственного стандарта Российской Федерации публикуется в ежемесячном информационном указателе «Государственные стандарты» (ИУС) (для стандартов в области строительства, кроме того, в журнале «Бюллетень строительной техники»). Соответствующие изменения вносятся и в указатель «Государственные стандарты».

1.7. Международная, региональная и национальная стандартизация

Важнейшим фактором технического прогресса в мире является международная стандартизация, позволяющая увязать и систематизировать требования мировой торговли и интересы потребителей, способствовать наиболее полному использованию производительных сил.

Для успешного осуществления торгового, экономического и научно-технического сотрудничества различных стран первостепенное значение имеет международная стандартизация, поскольку различия национальных стандартов на одну и ту же продукцию, предлагаемую на мировом рынке, являются барьером на пути развития международной торговли.

Научно-техническое сотрудничество в области стандартизации направлено на гармонизацию национальной системы стандартизации с международной, региональными и прогрессивными национальными системами стандартизации.

В развитии международной стандартизации заинтересованы как индустриально развитые страны, так и страны развивающиеся, создающие собственную национальную экономику.

1.7.1. Международная организация по стандартизации (ИСО)

В 1946 г. на заседании Комитета по координации стандартов ООН было решено создать международную организацию по стандартизации (ИСО). Она начала работать в 1947 г. СССР был одним из ее основателей и постоянным членом руководящих органов. Россия как правопреемник СССР стала членом этой организации. Штаб-квартира находится в Женеве, рабочие языки — английский, французский и русский.

Деятельность ИСО направлена на содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развития сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях.

Диапазон объектов стандартизации в ИСО обширен и охватывает такие сферы деятельности, как: системы обеспечения качества продукции, машиностроение, химия, неметаллические материалы, руды и металлы, информационная техника, сельское хозяйство, строительство, специальная техника, охрана здоровья и медицина, основополагающие стандарты, окружающая среда, упаковка и транспортировка товаров, здравоохранение и медицина, охрана окружающей среды и др. Исключение составляют электротехника, электроника и радиотехника, относящиеся к компетенции Международной электротехнической комиссии (МЭК). Вопросы информационной технологии, микропроцессорной техники, сертификации и т. п. являются объектами совместных разработок ИСО/МЭК.

В состав ИСО входят 120 стран своими национальными организациями по стандартизации. Россию представляет Госстандарт РФ в качестве комитета-члена ИСО. Всего в составе ИСО более 80 комитетов-членов. В ИСО предусмотрены члены-корреспонденты (их 22), которыми являются организации по стандартизации развивающихся государств, и члены-абоненты для развивающихся стран. Комитеты-члены имеют право принимать участие во всех структурах управления ИСО и голосовать по проектам стандартов. Члены-корреспонденты не ведут активной работы в ИСО, но имеют право на получение информации о разрабатываемых стандартах. Члены-абоненты уплачивают льготные взносы, имеют возможность быть в курсе международной стандартизации.

Организационная структура ИСО представлена на рис. 1.5. Высшим органом управления является Генеральная ассамблея. В период между сессиями Генеральной ассамблеи работой организации руководит Совет ИСО, в который входят представители национальных организаций по стандартизации.

Совету ИСО подчиняются семь комитетов: СТАКО, ПЛАКО, КАСКО, ДЕФКО, КОПОЛКО и РЕМКО.

СТАКО оказывает методическую и информационную помощь Совету ИСО по принципам и методике разработки международных стандартов.

Он проводит изучение основополагающих принципов стандартизации и подготовку рекомендаций по достижению оптимальных результатов в данной области. СТАКО занимается также терминологией и организацией семинаров по применению международных стандартов для развития торговли.

ПЛАКО подготавливает предложения по планированию работы ИСО, организации и координации технических сторон работы.

КАСКО занимается вопросами подтверждения соответствия продукции, услуг, процессов и систем качества требованиям стандартов, компетентности испытательных лабораторий и органов по сертификации. Важная область работы КАСКО — содействие взаимному признанию и принятию национальных и региональных систем сертификации, а также использованию международных стандартов в области испытаний и подтверждения соответствия.

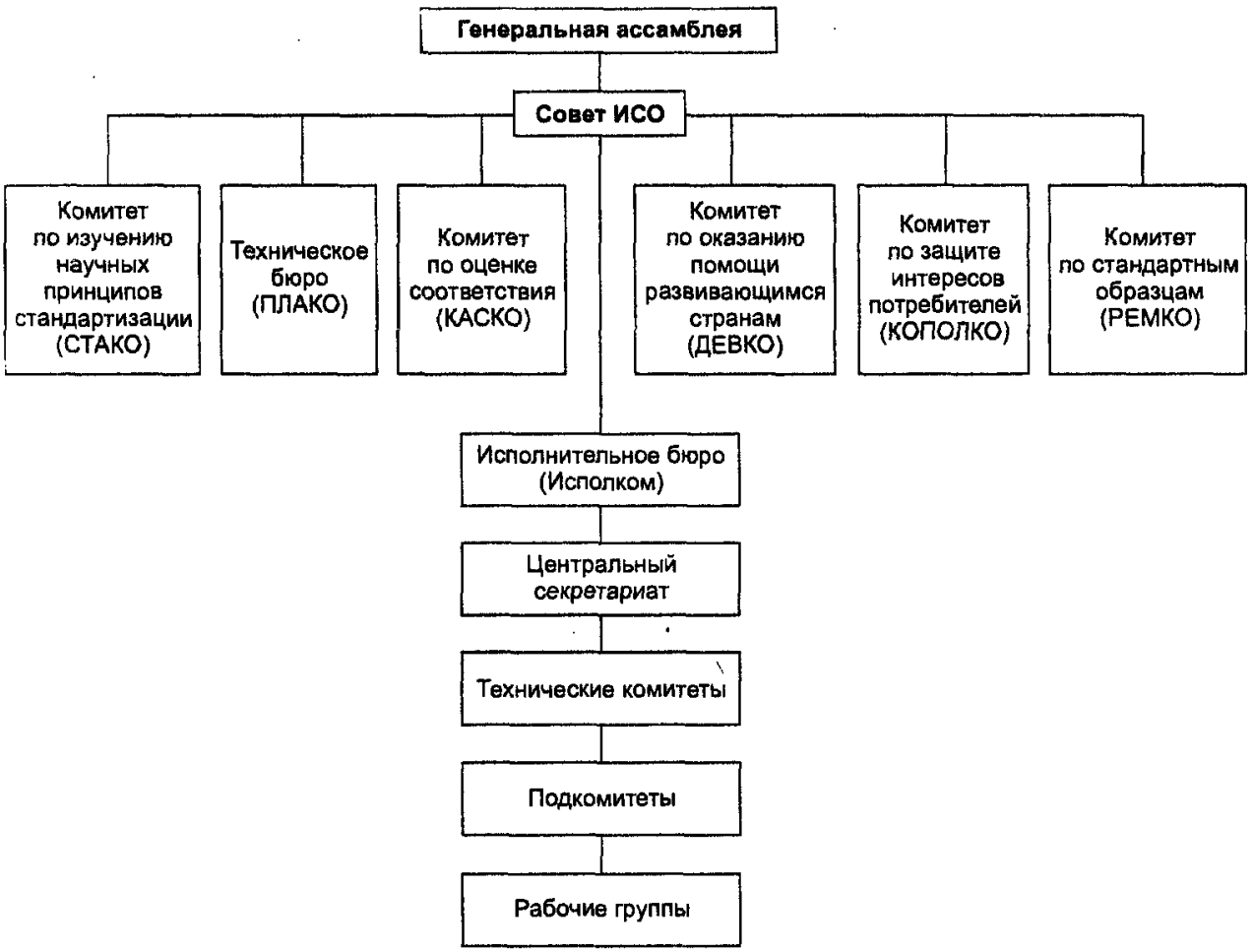


Рис. 1.5. Организационная структура ИСО

ДЕВКО изучает запросы развивающихся стран в области стандартизации и разрабатывает рекомендации по содействию этим странам в данной области.

КОПОЛКО изучает вопросы обеспечения интересов потребителей и возможности содействия этому через стандартизацию, а также доведения до них необходимой информации о международных стандартах. Большую роль в этом играют издаваемые им руководства: «Сравнительные испытания потребительских товаров», «Информация о товарах для потребителей», «Разработка стандартных методов измерения эксплуатационных характеристик потребительских товаров» и др.

РЕМКО занимается разработкой руководств по вопросам, касающимся стандартных образцов (эталонов). Кроме того, РЕМКО является координатором деятельности ИСО по стандартным образцам с международными метрологическими организациями, в частности с МОЗМ — Международной организацией законодательной метрологии.

Проекты международных стандартов разрабатываются в технических комитетах. Технические комитеты (ТК) подразделяются на общетехнические и комитеты, работающие в конкретных областях техники. В рамках ТК работают подкомитеты (ПК) и рабочие группы (РГ). По данным 1996 г., в ИСО работает 185 ТК, 636 ПК, 1975 РГ и 36 целевых групп. За Россией закреплено 10 ТК, 31 ПК и 10 РГ. Она является активным членом (статус Р) в 145 ТК и наблюдателем (статус О) в 16 ТК.

Значительными достижениями ИСО являются: разработка международной системы единиц измерения; принятие метрической системы резьбы; принятие системы стандартных размеров и конструкций контейнеров для перевозки грузов всеми видами транспорта. Очень актуальна в настоящее время работа ТК 176 «Системы обеспечения качества», к ним относятся стандарты серии ИСО 9000.

Международные стандарты ИСО не являются обязательными, то есть каждая страна вправе применять их целиком, частично или вообще не применять. Однако страны, стремящиеся поддерживать конкурентоспособность своей продукции на мировом рынке, вынуждены применять эти стандарты. Поэтому некоторые страны стремятся не создавать свои национальные стандарты на объекты стандартизации, на которые действуют соответствующие международные стандарты.

1.7.2. Международная электротехническая комиссия (МЭК)

В 1881 г. состоялся первый Международный конгресс по электричеству, а уже в 1904 г. правительственными делегациями конгресса было решено создать специальную организацию по стандартизации этой области. Эта организация получила название «Международная электротехническая комиссия» (МЭК) и начала работать в 1906 г.

Советский Союз входил в МЭК с 1922 г., Россия стала правопреемником СССР и представлена в МЭК Госстандартом РФ. Российская сторона принимает участие более чем в 190 технических комитетах и подкомитетах МЭК. Штаб-квартира находится в Женеве, рабочие языки — английский, французский, русский.

Основными объектами стандартизации являются: материалы для электротехнической промышленности (жидкие, твердые, газообразные диэлектрики, медь, алюминий, их сплавы, магнитные материалы); электротехническое оборудование производственного назначения (сварочные аппараты, двигатели, светотехническое оборудование, реле, низковольтные аппараты, кабель и др.); электроэнергетическое оборудование (паровые и гидравлические турбины, линии электропередач, генераторы, трансформаторы); изделия электронной промышленности (интегральные схемы, микропроцессоры, печатные платы и т. д.); электронное оборудование бытового и производственного назначения; электроинструменты; оборудование для спутников связи; терминология.

Организационная структура МЭК представлена на рис. 1.6. Высшим руководящим органом МЭК является Совет. Основным координационным органом является Комитет действий, в подчинении которого работают комитеты по направлениям и консультативные группы: АКОС — консультативный комитет по вопросам электробезопасности электробытовых приборов, радиоэлектронной аппаратуры, высоковольтного оборудования и др.; АСЕТ — консультативный комитет по вопросам электроники и связи занимается, так же как и АКОС, вопросами электробезопасности; КГЭМС — координационная группа по электромагнитной совместимости; КГИТ — координационная группа по технике информации; рабочая группа по координации размеров.

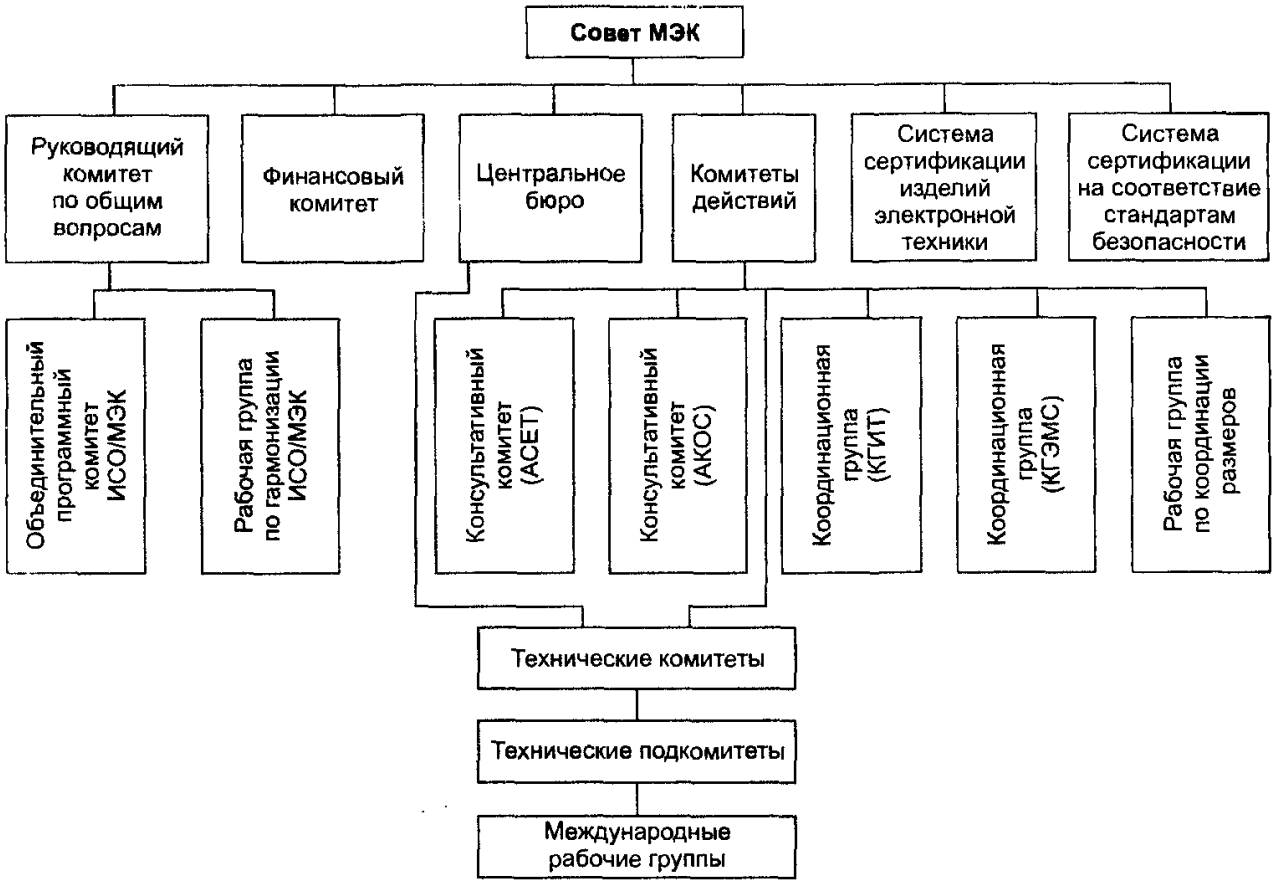


Рис. 1.6. Организационная структура МЭК

Группы могут быть постоянно действующими или создаваться по необходимости.

Структура технических органов МЭК, непосредственно разрабатывающих международные стандарты, аналогична структуре ИСО: это технические комитеты (ТК), подкомитеты (ПК) и рабочие группы (РГ).

МЭК сотрудничает с ИСО, совместно разрабатывая руководства ИСО/МЭК и директивы ИСО/МЭК по актуальным вопросам стандартизации, сертификации, аккредитации испытательных лабораторий и методическим аспектам.

Самостоятельный статус в МЭК имеет Международный специальный комитет по радиопомехам (СИСПР), так как является совместным комитетом участвующих в нем заинтересованных международных организаций (создан в 1934 г.).

Стандартизация измерения радиопомех, излучаемых от электрической и электронной аппаратуры, имеет большое значение в связи с тем, что почти во всех развитых странах на уровне законодательств регламентируются допустимые уровни радиопомех и методы их измерения. Поэтому любая аппаратура, которая может излучать радиопомехи, до пуска в эксплуатацию подвергается обязательным испытаниям на соответствие международным стандартам СИСПР.

Так как СИСПР является комитетом МЭК, то в его работе принимают участие все национальные комитеты, а также ряд заинтересованных международных организаций. В качестве наблюдателей в работе СИСПР принимают участие Международный консультативный комитет по радиосвязи и Международная органи

зация гражданской авиации. Высшим органом СИСПР является Пленарная ассамблея, собираемая раз в 3 года.

1.7.3. Международные организации, участвующие в работах по стандартизации, метрологии и сертификации

Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН) — орган Экономического и социального совета ООН (ЭКОСОС), создана в 1947 г.

Высшим органом ЕЭК является пленарная сессия, созываемая ежегодно, как правило, на уровне заместителей министров. Исполнительный орган ЕЭК — секретариат. В нем действуют отделы общих экономических исследований, прогнозирования, торговли и технологии, энергетики, промышленности, транспорта, окружающей среды и жилищного строительства, статистики, сельского хозяйства, лесоматериалов.

Кроме государств — членов ЕЭК (их около 40), в ее работе могут участвовать в качестве наблюдателей или консультантов любые страны — члены ООН. Штабквартира находится в Женеве, рабочие языки комиссии — английский, русский, французский.

Главной задачей ЕЭК ООН в области стандартизации является разработка основных направлений политики по стандартизации на правительственном уровне.

Основная работа ЕЭК по стандартизации проводится в рамках совещания правительственных должностных лиц, ответственных за политику в области стандартизации, которое созывается раз в два года. Основным результатом работы совещаний являются рекомендации правительствам стран — членов ЕЭК с учетом разработок ИСО и МЭК по наиболее важным вопросам, связанным со стандартизацией, сертификацией и испытанием продукции.

Основная задача этих рекомендаций — гармонизация стандартов и технических условий — направлена прежде всего на то, чтобы в работах по стандартизации было обеспечено: расширение взаимовыгодного обмена товарами и услугами и облегчение заключения соглашений о сертификации; развитие и углубление промышленного сотрудничества; совместное решение научно-технических проблем; повышение и обеспечение качества продукции; снижение расхода материальных и энергетических ресурсов; повышение эффективности охраны труда и здоровья и совершенствование техники безопасности; улучшение охраны окружающей среды.

Международное сотрудничество в области сертификации является одним их важных средств устранения технических барьеров в международной торговле и промышленном сотрудничестве. С проблемой сертификации тесно связаны и вопросы испытаний и технического контроля материалов и продукции.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) основана в 1945 г. как межправительственная специализированная организация ООН.

Штаб-квартира находится в Риме, официальными и рабочими языками ФАО являются английский, французский, испанский, китайский и арабский.

Ее членами являются около 160 государств. *Цель организации согласно Уставу* — содействие подъему всеобщего благосостояния путем индивидуальных и совместных действий по поднятию уровня питания и жизни народов, увеличению эффективности производства и распределению продовольственных и сельскохозяйственных продуктов, улучшению условий жизни сельского населения, что в целом должно содействовать развитию мировой экономики [18].

Организация способствует развитию научных, технологических, социальных и экономических исследований по вопросам питания, продовольствия и сельского хозяйства; сохранению естественных ресурсов и применению усовершенствованных методов сельскохозяйственного производства; усовершенствованию методов переработки, сбыта и распределения продовольствия и сельскохозяйственного производства. ФАО занимается также вопросами оказания помощи развивающимся странам в области сельского, лесного и рыбного хозяйства, включая прямые поставки продовольствия этим странам со стороны развитых государств.

Высшим органом ФАО является конференция, на которой каждый член организации представлен одним делегатом. Конференция созывается один раз в два года. Конференция избирает совет ФАО на три года, который является руководящим органом организации в период между сессиями конференции и собирается на сессию так часто, как он считает необходимым (как правило, два раза в год).

Секретариат ФАО возглавляется генеральным директором, избираемым на сессии конференции. Секретариат состоит из 7 департаментов, канцелярии генерального директора, отдела по общим вопросам и информации.

ФАО сотрудничает более чем с 20 техническими комитетами ИСО.

Особое значение в деятельности ФАО по стандартизации имеет совместная работа со Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) по выработке международных стандартов на пищевые продукты.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) создана в 1948 г. по инициативе Экономического и социального совета ООН и является специализированным учреждением ООН. *Цель ВОЗ, которая определена ее Уставом,* — достижение всеми народами возможно высшего уровня здоровья (здоровье трактуется как совокупность полного физического, душевного и социального благосостояния). Членами ВОЗ состоят более 180 государств, в том числе и Россия. ВОЗ имеет консультативный статус в ИСО и принимает участие в работе более чем 40 технических комитетов.

Штаб-квартира находится в Женеве, официальные языки — английский, испанский, китайский, русский, французский, рабочие языки — английский, французский.

Высший орган ВОЗ — Всемирная ассамблея здравоохранения (ВАЗ), созываемая ежегодно. Ее исполнительным руководящим органом, созываемым два раза в год, является Исполнительный комитет, состоящий из представителей 30 государств-членов, избираемых ассамблеей здравоохранения на 3 года. Текущую ра-

боту осуществляет постоянно действующий орган — секретариат ВОЗ, который находится в Женеве.

Деятельность ВОЗ охватывает широкий круг проблем. Однако особое внимание уделяется созданию и развитию эффективных служб здравоохранения, профилактике болезней и борьбе с ними, оздоровлению окружающей среды и развитию кадров здравоохранения.

Комиссия ФАО/ВОЗ по разработке стандартов на продовольственные товары (*Комиссия «Кодекс Алиментариус»*) организована ФАО и ВОЗ для осуществления совместной программы по созданию международных стандартов на продовольственные товары. Комиссия в своей работе базируется на рекомендациях, принятых комитетами ФАО. В ее работе участвуют более 130 стран.

Задачами ФАО/ВОЗ являются: координация работ по стандартизации продуктов питания, проводимых правительственными и неправительственными организациями; ограждение потребителя от опасных для здоровья продуктов и мошенничества; обеспечение выполнения справедливых норм торговли пищевыми продуктами; окончательная доработка проектов стандартов и после их принятия правительственными организациями публикация в качестве региональных или международных стандартов; содействие упрощению международной торговли пищевыми продуктами.

«Кодекс Алиментариус» разрабатывает своды правил проверки животных до и после убоя, гигиенические правила, правила хранения свежих, консервированных и замороженных продуктов, а также натуральных минеральных вод. Эти разработки рекомендуются правительствам в качестве факультативных руководств [18].

ФАО/ВОЗ активно сотрудничает с техническими комитетами ИСО.

Международное агентство по атомной энергии (*МАГАТЭ*) — это межправительственная организация, учрежденная под эгидой ООН для развития сотрудничества в области мирного использования атомной энергии. Работает с 1957 г., штаб-квартира — в Вене; 113 членов, в том числе Россия.

Официальные языки МАГАТЭ — английский, русский, французский, испанский, китайский; рабочие — английский, русский, французский, испанский.

Управленческую структуру МАГАТЭ составляют Генеральная конференция, совет управляющих и секретариат. Текущая деятельность агентства осуществляется секретариатом во главе с генеральным директором — главным административным должностным лицом МАГАТЭ. Он назначается советом управляющих и утверждается Генеральной конференцией сроком на четыре года.

МАГАТЭ разрабатывает основные стандарты безопасности для целей радиологической защиты, а также положения и технические руководства по конкретным операциям, включая безопасную транспортировку радиоактивных материалов.

МАГАТЭ сотрудничает с ИСО, которая имеет в МАГАТЭ консультативный статус. МАГАТЭ принимает участие в работе около 10 технических комитетов ИСО.

К подразделениям МАГАТЭ, в наибольшей степени занимающимся вопросами стандартизации, в первую очередь, относятся:

- объединенное отделение ФАО/МАГАТЭ по атомной энергии в пищевой промышленности и сельском хозяйстве;
- отделение наук, связанных с жизнью человека и использованием радиоизотопов в медицине;
- отделение исследований и лабораторий, занимающееся разработкой стандартов на изотопы и распределением изотопных стандартизированных источников.

Всемирная торговая организация (*ВТО*) образована в 1993 г. путем преобразования *генерального соглашения по тарифам и торговле* (*ГАТТ*) во Всемирную торговую организацию. Штаб-квартира секретариата ВТО находится в Женеве. Россия не является членом этой организации, но готовится ко вступлению в нее.

ГАТТ действовало с 1947 г. как межправительственный договор 123 государств в области внешнеторговых отношений.

После преобразования в ВТО многостороннее Соглашение по тарифам и торговле стало составной частью новой организации. В ее компетенцию вошли и другие вопросы: защита прав интеллектуальной собственности, инвестиционная деятельность, торговля услугами (в том числе банковскими, страховыми, транспортными). 1 января 1995 г. ВТО начала функционировать официально.

Членство в ВТО обязывает государство в полном объеме выполнять все достигнутые договоренности, но для вступления в ГАТТ/ВТО требуется полная гармонизация методов регулирования внешнеэкономической деятельности с правилами ГАТТ. В области стандартизации — это приведение нормативных документов, действующих в стране (для России системы ГСС), в соответствие с требованиями Соглашения по техническим барьерам в торговле (в частности, кодекса по стандартам).

Международная организация потребительских союзов (*МОПС*) ведет большую работу, связанную с обеспечением качества продукции и в первую очередь товаров широкого потребления. Создан в 1960 г., членами МОПС являются свыше 160 потребительских ассоциаций из разных стран.

МОПС является ассоциативным членом Союза международных организаций. Техническую работу ведет его секретариат. Место пребывания организации — Гаага (Нидерланды). Официальные языки — английский, испанский.

Задачами МОПС являются [26]:

- содействие развитию и организации движения потребителей во всем мире, а также поддержка мероприятий правительств, направленных на защиту интересов потребителей;
- обеспечение международного сотрудничества при проведении сравнительных испытаний товаров широкого потребления, а также организация обмена информацией о методах испытаний и планах их проведения;
- обеспечение международного сотрудничества при проведении работ, связанных с информацией потребителей, их обучением и защитой интересов, а также сбор и распространение информации по правовым аспектам и практике работы в сфере потребления;

- организация международных совещаний союзов потребителей для обсуждения имеющихся проблем и возможных путей их решения;
- распространение публикаций, издаваемых национальными потребительскими организациями и регулирование (с учетом правил, установленных этими организациями) использования этих публикаций;
- издание информационных материалов по вопросам, связанным с интересами потребителей;
- осуществление тесной связи с органами ООН и другими международными организациями с целью максимального представления интересов потребителей на международном уровне;
- принятие необходимых мер и оказание практической помощи по распространению программ обучения и защиты интересов потребителей в развивающихся странах.

МОПС активно сотрудничает с ИСО/ТК 176 «Управление качеством и обеспечение качества» и ИСО/ТК 181 «Безопасность игрушек».

Международная организация мер и весов (*МОМВ*) основана в 1875 г. с целью унификации применяемых в разных странах систем единиц измерения, установления единообразия эталонов длины и массы.

В настоящее время МОМВ кроме единиц длины и массы занимается системами единиц времени и частоты, а также электрическими, фотометрическими, стабилизированными лазерными, гравитационными, термометрическими и радиометрическими измерениями.

Высшим международным органом по вопросам установления единиц, их определений и методов воспроизведения является Генеральная конференция по мерам и весам, в работе которой участвуют представители всех 47 государств, присоединившихся к Конвенции. Председательствует на Генеральной конференции президент Парижской академии наук. Конференция избирает Международный комитет мер и весов (МКМВ), который руководит работой всей организации в промежутках между Генеральными конференциями. В соответствии с Конвенцией создана и функционирует научная лаборатория — Международное бюро мер и весов (МБМВ) со штаб-квартирой в Севре (Франция).

Международная организация законодательной метрологии (*МОЗМ*) — межправительственная международная организация, имеющая своей целью международное согласование деятельности государственных метрологических служб или других национальных учреждений, направленное на обеспечение сопоставимости, правильности и точности результатов измерений в странах — членах МОЗМ. Организация создана в 1955 г. на основе Конвенции, ратифицированной законодательными органами стран-участниц.

В настоящее время странами — членами МОЗМ являются 50 государств, членами-корреспондентами — 32 государства. Высшим руководящим органом МОЗМ является Международная конференция законодательной метрологии. Исполнительным органом организации является Международный комитет законодательной метрологии (МКЗМ). Работа Конференции и Комитета обеспечивается Международным бюро законодательной метрологии (МБЗМ).

В Париже находится центр по документации МОЗМ. Официальный язык — французский.

Основными направлениями деятельности МОЗМ являются [26]:

- установление единых для стран — членов МОЗМ методов нормирования метрологических характеристик средств измерений;
- гармонизация поверочной аппаратуры, методов сличения, поверок и аттестации эталонных, образцовых и рабочих измерительных приборов;
- обеспечение применения в странах единиц измерений, унифицированных в международном масштабе;
- выработка оптимальных форм организации метрологических служб и обеспечение единства государственных предписаний по их ведению;
- оказание научно-технического содействия развивающимся странам в создании и организации работ метрологических служб и их оснащения необходимыми техническими средствами;
- установление единых принципов подготовки кадров в области метрологии различных уровней квалификации.

МОЗМ участвует в работе 29 технических комитетов ИСО.

1.7.4. Региональные организации по стандартизации, метрологии и сертификации

Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (*МГС*) подробно рассмотрен в п. 1.6.

Европейский союз (*ЕС*) как организация, ставящая своей целью интеграцию экономики европейских стран, придает первостепенное значение устранению национальных барьеров в торговле и развитию европейской стандартизации. В 1972 г. Советом ЕС была принята Генеральная программа устранения технических барьеров в торговле в пределах Сообщества. В рамках этой программы ставилась задача по созданию системы обязательных для ЕС единых стандартов, базирующихся на лучших национальных стандартах европейских стран.

Нормативную базу стандартизации ЕС составляет техническое законодательство, которое представлено постановлениями Совета, директивами Совета и гармонизированными европейскими стандартами.

Постановление Совета имеет прямое действие для стран — членов ЕС (без переоформления через национальное законодательство).

Директивы Совета вводятся через законодательные акты государств — членов ЕС.

Гармонизированный европейский стандарт — это стандарт, обеспечивающий реализацию соответствующей директивы, и в этом случае он обязателен для применения в странах ЕС.

Продукция, отвечающая требованиям директивы, маркируется знаком, который предназначен не для потребителей, а для контролирующих и таможенных органов. CE

Европейский комитет по стандартизации (*СЕН*) учрежден в 1961 г. в рамках Европейского союза (ЕС) по инициативе Европейского экономического сообщества (ЕЭС) и Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ).

Высшим органом СЕН является Генеральная ассамблея. Административный совет через центральный секретариат, штаб-квартира которого находится в Брюсселе, осуществляет всю административную работу. Официальные языки — английский, французский, немецкий. Вся работа по стандартизации ведется техническими комитетами (их более 140) и консультативными группами.

СЕН разрабатывает стандарты (EN), документы по гармонизации (HD) и предварительные стандарты (ENV).

Стандарты разрабатываются в следующих областях: авиационное оборудование, водонагревательные газовые приборы, газовые баллоны, детали подъемных механизмов, кухонные газовые плиты, лифты и грузоподъемники, сварка и резка, трубы и трубопроводы, насосные станции (эксплуатация и обслуживание), цистерны из стеклопластика и др.

Документы по гармонизации являются наиболее простой формой устранения технических барьеров в торговле между этими странами. Они отличаются от европейских стандартов тем, что отражают суть административных и правовых норм, которые могут мешать развитию торговых отношений.

Предварительные стандарты разрабатываются в тех случаях, когда высок уровень инноваций, быстро изменяется технология, возможно быстрое изменение показателей и требований, а также когда требуется длительный период для согласования и утверждения стандартов. Предварительные стандарты имеют ограниченный срок действия (до 3 лет).

Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (*СЕНЭЛЕК*) создан в 1972 г. в результате слияния Европейского комитета по координации электротехнических стандартов стран — членов ЕАСТ (СЕНЭЛ) и Европейского комитета по координации электротехнических стандартов стран ЕЭС (СЕНЭЛКОМ). Организационная структура этого комитета аналогична структуре СЕН.

Деятельность СЕНЭЛЕК связана с разработкой европейских стандартов на: оборудование с номинальным напряжением от 50 до 1000 В переменного тока и от 75 до 1500 В постоянного тока; медицинское электрооборудование; электромагнитную совместимость, включая радиопомехи, оборудование для использования в потенциально взрывоопасной атмосфере, метрологическое обеспечение средств измерений, включая электронные; информатику в тесном взаимодействии с СЕН и другими заинтересованными организациями.

Европейский институт по стандартизации в области электросвязи (*ЕТСИ*) начал свою деятельность в 1988 г. *Основная его задача* — поиск общих стандартов, на основе которых можно создать комплексную инфраструктуру электросвязи. Эта инфраструктура призвана обеспечить полную совместимость любого оборудования и услуг, предлагаемых потребителям. Кроме того, ЕТСИ занимается проблемами телевизионного вещания (звук и изображение) и оказанием помощи ЕС в выработке общеевропейской политики в области электросвязи.

Высшим органом института является Генеральная ассамблея, которая избирает президента организации. Техническая ассамблея занимается принятием рабочих программ и решением приоритетных задач; формирует и ликвидирует технические комитеты и рабочие группы; принимает проекты стандартов ЕТСИ. Секретариат отвечает за управление деятельностью ЕТСИ и распространение принятых стандартов. В структуре института имеется Совместная группа при президентах (СПГ), в задачу которой входит координация работы всех трех европейских организаций по стандартизации.

Европейская организация по испытаниям и сертификации (*ЕОИС*) образована в 1988 г. Целью создания ЕОИС является образование центрального европейского органа, ответственного за все аспекты деятельности в области оценки соответствия продукции и систем обеспечения качества требованиям стандартов.

Задачами организации являются:

- стимулирование и управление европейскими системами сертификации и заключения договоров о взаимном признании;
- организация адекватных отраслевых органов;
- обеспечение информацией и организация обмена опытом;
- помощь европейским органам стандартизации в области оценки степени соответствия стандартам;
- помощь Комиссии европейских сообществ в области оценки соответствия стандартам.

Возглавляет ЕОИС Совет. В структуру организации входят: специализированные комитеты, ориентированные на определенные виды услуг (измерения, сертификацию, обеспечение качества, контроль); отраслевые комитеты; группы управления договорами; административная инфраструктура поддержки. Руководящие органы назначаются СЕН/СЕНЭЛЕК после обсуждения кандидатур с Советом.

Продукция, прошедшая сертификацию ЕОИС, маркируется единым сертификационным знаком ЕЭС.

Метрологическая организация европейского экономического сообщества (*Евромет*) — это организация национальных метрологических институтов стран — членов ЕЭС. Евромет функционирует в виде комитета, предложения которого рассматриваются в группе «Вопросы экономики» Совета ЕЭС, председатель которого выбирается на два года. Все возникающие проблемы решает секретариат Евромета.

В обязанности Евромета входит:

- исследование и создание национальных измерительных эталонов;
- исследования, направленные на создание первичных эталонов, то есть фундаментальных констант, материалов, измерительных методов;
- создание на высшем метрологическом уровне калибровочных служб, необходимых каждому члену;
- разработка измерительных методов для самого высокого уровня;
- создание переносимых эталонов.

Решения по метрологическим вопросам оформляют в виде директив ЕЭС, обязательных для каждой страны.

Директивы ЕЭС не являются стандартами для метрологических характеристик средств измерений. Погрешности приборов, их метрологическая надежность и другие характеристики не определяются численно. Даются только правила их определения и назначения с тем, чтобы указанные в технических характеристиках метрологические параметры давали возможность выбора прибора для измерения с нужной точностью.

Европейская организация по качеству (*ЕОК*) была создана в 1957 г. как Европейская организация по контролю качества (ЕОКК), в 1988 г. переименована в ЕОК.

Целями ЕОК являются: содействие, распространение, совершенствование с помощью всех возможных средств применения практических методов и теоретических принципов управления качеством с тем, чтобы повысить качество и надежность продукции и услуг.

Высшим руководящим органом ЕОК является Совет, в состав которого входят официальные представители полноправных членов ЕОК и должностные лица ЕОК. Высшим должностным лицом ЕОК является президент, избираемый на двухлетний период.

Исполнительный комитет осуществляет проведение в жизнь решений Совета и руководит деятельностью секретариата ЕОК, который обеспечивает текущую работу ЕОК. Местонахождение секретариата — Берн (Швейцария). Официальные языки ЕОК — английский и французский.

Межскандинавская организация по стандартизации (*ИНСТА*) создана в 1952 г. по инициативе национальных организаций по стандартизации Дании, Норвегии, Финляндии и Швеции, которые являются ее членами.

Собственных, общескандинавских стандартов ИНСТА не издает, но занимается унификацией технического содержания национальных стандартов стран, которые в ней сотрудничают.

Задачами ИНСТА являются: содействие созданию согласованных национальных стандартов скандинавских стран; распространение опыта работы в области стандартизации; разработка согласованной позиции скандинавских стран в ИСО, МЭК, СЕН, СЕНЭЛЕК и других международных и региональных организациях.

За основу разрабатываемых нормативных документов принимаются международные стандарты ИСО, МЭК, европейские стандарты СЕН и СЕНЭЛЕК, других организаций. Разработанные нормативные документы принимаются странами-членами в качестве национальных после того, как их проекты одобряются всеми странами — членами ИНСТА.

Сотрудничество между органами по аккредитации лабораторий стран Северной Европы (*НОРДА*). НОРДА был создан в 1986 г. в качестве форума для организации сотрудничества между органами по аккредитации испытательных ла-

бораторий, действующими в Дании, Норвегии, Финляндии и Швеции. Главная цель НОРДА — обеспечение взаимного признания странами Северной Европы результатов испытаний, проведенных испытательными лабораториями, аккредитованными в национальных системах аккредитации. Отбором уже апробированных методов испытаний и контроля продукции, пригодных для стран региона, занимается Испытательный центр северных стран — НОРДТЕСТ.

Панамериканский комитет стандартов (*КОПАНТ*) существует с 1961 г. и объединяет национальные организации Аргентины, Боливии, Бразилии, Чили, Колумбии, Коста-Рики, Эквадора, Доминиканской Республики, Мексики, Панамы, Парагвая, Перу, Тринидад-Тобаго, Уругвая, Венесуэлы, а также региональные организации пяти стран: Коста-Рики, Сальвадора, Гватемалы, Гондураса и Никарагуа.

Главная цель организации — устранение технических барьеров в региональной торговле и активизация участия латиноамериканских стран в работах ИСО и МЭК и содействии максимально возможной гармонизации региональных нормативных документов с требованиями международных организаций. Кроме того, КОПАНТ продолжает работы по стандартизации в областях, не охваченных международной стандартизацией, или там, где местные условия не позволяют применять международные стандарты.

Международная ассоциация стран Юго-Восточной Азии (*АСЕАН*) в 1994 г. создала Консультативный комитет по стандартизации и качеству. В состав этой региональной организации входят национальные организации по стандартизации и сертификации стран-членов АСЕАН: Малайзии, Таиланда, Индонезии, Сингапура, Филиппин, Брунея, Вьетнама.

Арабская организация по стандартизации и метрологии (*АСМО*) учреждена в соответствии с резолюцией Совета арабского экономического единства в 1965 г. в качестве специальной службы Лиги арабских государств в области стандартизации, метрологии и управления качеством продукции.

В настоящее время в работе АСМО принимают участие Иордания, Объединенные Арабские Эмираты, Судан, Ирак, Саудовская Аравия, Оман, Тунис, Кувейт, Ливан, Марокко, Алжир, Ливия, Бахрейн, Палестина, Катар, Йемен.

Африканская региональная организация по стандартизации (*АРСО*) создана в 1977 г. В ее составе — 23 африканских государства: Египет, Эфиопия, Гана, Кот-д'Ивуар, Кения, Либерия, Ливан, Малави, Маврикий, Нигерия, Сенегал, Судан, Того, Тунис, Уганда, Камерун, Танзания, Буркина-Фасо, Заир, Замбия, Нигер, Гвинея-Биссау и Гвинея.

АРСО ставит перед собой следующие цели: содействие развитию стандартизации в Африке, выработка согласованных позиций членов организации и расширение их участия в международной стандартизации, создание региональных стандартов, содействие посредством стандартизации социальному, промышленному и экономическому развитию африканских стран, защита интересов потребителей и обеспечение безопасности людей.

1.7.5. Национальные организации по стандартизации зарубежных стран

В развитых странах действуют свои национальные органы стандартизации. К ним относятся:

- в *США* — Американский национальный институт стандартов и технологии (NIST). Там федеральные стандарты разрабатывают авторитетные организации, аккредитованные NIST. Наиболее известные из них: Американское общество по испытаниям и материалам (ASTM); Американское общество по контролю качества (ASQC); Американское общество инженеров-механиков (ASME); Объединение испытательных лабораторий страховых компаний, Общество инженеров-автомобилестроителей (SAE), Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и др.;
- в *Великобритании* — Британский институт стандартов (BSI);
- во *Франции* — Французская ассоциация по стандартизации (AFNOR);
- в *Германии* — Немецкий институт стандартов (DIN). Решением Президиума DIN создано Германское общество по маркированию продукции (DQWK), которое и занимается организацией, управлением и надзором за системами сертификации продукции на соответствие требованиям стандартов DIN (или международных). Информационным обеспечением занимается Информационный центр технических правил (DITR). В настоящее время развивается сотрудничество DIN с Госстандартом России. Несколько лет работает совместное предприятие DIN, Госстандарта России и Союза технического надзора Берлин—Бранденбург — «Общество по сертификации в Европе» (GZE);
- в *Японии* — Японский комитет промышленных стандартов (JISC);
- в *Швеции* — Шведская комиссия по стандартизации (SJS);
- в *Дании* — Датский совет по стандартизации (DS);
- в *Норвегии* — Норвежский союз стандартизации (NSF);
- в *Финляндии* — Финляндская ассоциация по стандартизации (SFS);
- в *Малайзии* — Малайзийский институт стандартов и промышленных исследований (СИРИМ);
- в *Таиланде* — Таиландский институт промышленных стандартов (ТИСИ);
- в *Индонезии* — Национальный совет по стандартизации Индонезии (ИСС).

1.8. Экономическая эффективность стандартизации

Экономическая эффективность стандартизации проявляется при различных формах собственности и во всех сферах — в научных исследованиях и опытно-конструкторских работах, при проектировании изделий, подготовке их производст-

ва, в процессе производства, обращении (реализации), эксплуатации и утилизации продукции.

Эффективность стандартизации может быть экономической, технической, информационной и социальной.

Экономический эффект получается в результате уменьшения затрат (издержек) при проектировании, подготовке производства, в процессе производства, обращении, применении (эксплуатации) и утилизации в связи с применением конкретного стандарта (группы стандартов).

Основными источниками экономического эффекта от стандартизации являются: экономия, полученная от повышения качества продукции и услуг; экономия от увеличения массовости и серийности продукции, концентрации производства и снижения эксплуатационных расходов в результате сокращения излишнего разнообразия однородной продукции.

Экономия при проектировании (в том числе при проведении опытно-конструкторских работ) и подготовке производства обусловливается: широким использованием в новых конструкциях стандартных, унифицированных и покупных изделий; сокращением объема работ по проектированию и подготовке основных объектов производства, специального оборудования, инструмента и технологической оснастки; уменьшением объема работ по разработке и размножению рабочих чертежей и другой технической документации; сокращением времени на согласование и утверждение вновь выпускаемой технической документации.

В процессе производства себестоимость продукции снижается за счет уменьшения затрат на материалы, меньшей стоимости покупных изделий по сравнению со стоимостью таких же изделий собственного производства, снижением накладных расходов.

Экономия при эксплуатации обусловливается повышением надежности изделий и снижением затрат на ремонт.

Техническая эффективность стандартизации может выражаться в относительных показателях технических эффектов, получаемых в результате применения стандарта: например, в росте уровня безопасности, снижении вредных воздействий и выбросов (стоков), снижении материало- или энергоемкости производства или эксплуатации, повышении ресурса, надежности и др.

Информационная эффективность работ может выражаться в достижении необходимого для общества взаимопонимания, единства представления и восприятия информации (стандарты на термины и определения и т. п.), в том числе в договорно-правовых отношениях субъектов хозяйственной деятельности друг с другом и органов государственного управления, в международных научно-технических и торгово-экономических отношениях.

Социальная эффективность заключается в том, что реализуемые на практике обязательные требования к продукции (процессам и услугам) положительно отражаются на здоровье и уровне жизни населения, а также на других социально значимых аспектах. Она выражается в показателях снижения уровня производ-

ственного травматизма, уровня заболеваемости, повышения продолжительности жизни, улучшения социально-психологического климата и др.

Рекомендации по расчету показателей эффективности работ по стандартизации даны в [31].

1.9. Направления развития стандартизации в РФ

«Концепция стандартизации в условиях рыночной экономики и подготовки России к вступлению в ВТО» [14], принятая в 1998 г., определяет задачи по актуализации целей и методов стандартизации, выбору приоритетных направлений стандартизации и международного сотрудничества в этой области, гармонизации основной терминологии с основополагающими документами ИСО, МЭК, ВТО и др.

Главными направлениями развития стандартизации в РФ по этой Концепции являются:

1. *Выполнение условий присоединения России к ВТО.* По этому направлению поставлены две главных задачи стандартизации:
   - создание условий для гармонизации отечественных стандартов и других нормативных документов с международными стандартами;
   - обеспечение информационного взаимодействия со всеми государствами — членами ВТО.

   Решение первой задачи должно осуществляться прежде всего в тех областях, где зафиксировано наличие технических барьеров.

   Для решения второй задачи в России создан Центр обработки запросов (НИЦ ВТО), касающихся отечественных и зарубежных стандартов. Информационное взаимодействие предполагает выполнение определенных требований: опубликование не реже раза в шесть месяцев программы работ по стандартизации; направление в секретариат ВТО нотификаций (уведомлений) о выявленных различиях в стандартах; представление по запросам членов ВТО копий проектов нормативных документов; обеспечение функционирования системы информационного обеспечения в режиме электронного обмена данными.
2. *Сближение статуса отечественных и зарубежных стандартов*, то есть повышение роли добровольных стандартов, которые имеют рекомендательный характер. К сугубо добровольным стандартам можно отнести в первую очередь стандарты с перспективными требованиями, опережающими возможности традиционных технологий; международные (региональные) стандарты и национальные стандартов ведущих стран, уровень требований которых превосходит отечественные государственные стандарты. Эти стандарты предпочтительны для применения в целях повышения конкурентоспособности продукции (услуг).
3. *Интенсивное развитие работ в приоритетных направлениях*, к которым относятся: экология и безопасность, информационные технологии, ресурсосбере-

жение, обеспечение качества продукции с целью защиты прав потребителей, бухгалтерская и банковская деятельность, услуги по оценке имущества.

4. *Формирование технического законодательства* (технического регламента) должно осуществляться в следующих направлениях:
   - разработка законодательных актов по конкретным видам продукции (услуги, процесса);
   - включение в законодательные акты (законы, постановления Правительства РФ и т. д.) конкретных требований, в частности нормативов, то есть норм прямого действия.

   Стандарт приобретает статус обязательного, если законодательный акт ссылается на данный стандарт либо текст законодательного акта непосредственно содержит его требования.

5. *Развитие международного сотрудничества* в области стандартизации.

6. *Сближение стандартизации оборонной продукции* с гражданской по организационным и методологическим принципам. Приоритетными задачами стандартизации оборонной продукции являются: установление взаимосвязанных требований к военно-техническим комплексам; обеспечение безопасности личного состава, населения и окружающей среды при производстве, испытаниях, эксплуатации и утилизации техники в мирное время; обеспечение создания продукции и технологий двойного применения; содействие безопасной утилизации оборонной продукции; внедрение на предприятиях оборонного комплекса систем качества на основе требований стандартов ИСО серии 9000; активизация работы по межгосударственной стандартизации в рамках СНГ в связи с необходимостью сохранения и развития кооперации предприятий оборонного комплекса.

7. *Актуализация действующего фонда государственных стандартов* должна осуществляться более высокими темпами, чем сейчас. Обновление нормативных документов необходимо довести до уровня передовых стран.

8. *Информационное обеспечение стандартизации* должно быть доступным для заинтересованных пользователей, полным и оперативным. Федеральный фонд стандартов должен уделить особое внимание развитию системы каталогизации и накоплению банка данных.

9. *Классификация и кодирование технико-экономической и социальной информации* должна быть направлена на гармонизацию с международными принципами и направлениями дальнейшего развития этой деятельности. Гармонизация может быть достигнута прямым либо косвенным применением международного классификатора.

   Перспективные задачи классификации и кодирования касаются: оптимизации состава и структуры системы общероссийских классификаторов; обеспечения информационной совместимости продукции; охвата новых приоритетных направлений инфраструктуры рыночной экономики, таких, как социальная сфера, банковская и финансовая деятельность, оценка основных фондов и т. д.; по-

стоянной актуализации общероссийских классификаторов, включая осуществление разработки и экспертизы общероссийских классификаторов и изменений к ним; обеспечения требований ВТО.

10. *Государственный контроль и надзор за соблюдением стандартов* по мере перехода России на добровольный статус стандартов должны трансформироваться в надзор за соблюдением технических регламентов по обязательным требованиям. Госнадзор предполагается осуществлять и в случаях, когда при сертификации субъекты хозяйствования заявляют о соответствии товаров и услуг требованиям стандартов.
11. *Подготовка и повышение квалификации кадров* остаются важным направлением, обеспечивающим реализацию тех направлений, которые сформулированы в Концепции.

2 Основы взаимозаменяемости

Взаимозаменяемостью называется свойство одних и тех же деталей, узлов или агрегатов машин и т. д., позволяющее устанавливать детали (узлы, агрегаты) в процессе сборки или заменять их без предварительной подгонки при сохранении всех требований, предъявляемых к работе узла, агрегата и конструкции в целом. Указанные свойства изделий возникают в результате осуществления научно-технических мероприятий, объединяемых понятием «*принцип взаимозаменяемости*».

Наиболее широко применяют *полную взаимозаменяемость*, которая обеспечивает возможность беспригоночной сборки (или замены при ремонте) любых независимо изготовленных с заданной точностью однотипных деталей в сборочные единицы, а последних — в изделия при соблюдении предъявляемых к ним (к сборочным единицам или изделиям) технических требований по всем параметрам качества. Выполнение требований к точности деталей и сборочных единиц изделий является важнейшим исходным условием обеспечения взаимозаменяемости. Кроме этого, для обеспечения взаимозаменяемости необходимо выполнять и другие условия: устанавливать оптимальные номинальные значения параметров деталей и сборочных единиц, выполнять требования к материалу деталей, технологии их изготовления и контроля и т. д. Взаимозаменяемыми могут быть детали, сборочные единицы и изделия в целом. В первую очередь такими должны быть детали и сборочные единицы, от которых зависят надежность и другие эксплуатационные показатели изделий. Это требование, естественно, распространяется и на запасные части.

При полной взаимозаменяемости:

- упрощается процесс сборки — он сводится к простому соединению деталей рабочими преимущественно невысокой квалификации;
- появляется возможность точно нормировать процесс сборки во времени, устанавливать необходимый темп работы и применять поточный метод;
- создаются условия для автоматизации процессов изготовления и сборки изделий, а также широкой специализации и кооперирования заводов (при которых завод-поставщик изготовляет унифицированные изделия, сборочные единицы и детали ограниченной номенклатуры и поставляет их заводу, выпускающему основные изделия);

- упрощается ремонт изделий, так как любая изношенная или поломанная деталь или сборочная единица может быть заменена новой (запасной).

Иногда для удовлетворения эксплуатационных требований необходимо изготовлять детали и сборочные единицы с малыми экономически неприемлемыми или технологически трудно выполнимыми допусками. В этих случаях для получения требуемой точности сборки применяют групповой подбор деталей (селективную сборку), компенсаторы, регулирование положения некоторых частей машин и приборов, пригонку и другие дополнительные технологические мероприятия при обязательном выполнении требований к качеству сборочных единиц и изделий. Такую *взаимозаменяемость называют неполной* (*ограниченной*). Ее можно осуществлять не по всем, а только по отдельным геометрическим или другим параметрам.

Внешняя взаимозаменяемость — это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в другие более сложные изделия) и сборочных единиц по эксплуатационным показателям, а также по размерам и форме присоединительных поверхностей. Например, в электродвигателях внешнюю взаимозаменяемость обеспечивают по частоте вращения вала и мощности, а также по размерам присоединительных поверхностей; в подшипниках качения — по наружному диаметру наружного кольца и внутреннему диаметру внутреннего кольца.

Внутренняя взаимозаменяемость распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипнике качения внутреннюю групповую взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца.

Уровень взаимозаменяемости производства можно характеризовать коэффициентом взаимозаменяемости $K_в$, равным отношению трудоемкости изготовления взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц к общей трудоемкости изготовления изделия. Значение этого коэффициента может быть различным, однако степень его приближения к единице является объективным показателем технического уровня производства.

Совместимость — это свойство объектов занимать свое место в сложном готовом изделии и выполнять требуемые функции при совместной или последовательной работе этих объектов и сложного изделия в заданных эксплуатационных условиях.

Функциональная взаимозаменяемость стандартных изделий — это свойство независимо изготовляемых деталей занимать свое место в изделии без дополнительной обработки. Функциональная взаимозаменяемость предполагает не только возможность нормальной сборки, но и нормальную работу изделия после установки в нем новой детали или другой составной части взамен вышедшей из строя.

Функциональными являются геометрические, электрические, механические и другие параметры, влияющие на эксплуатационные показатели машин и других изделий или служебные функции сборочных единиц. Например, зазор между поршнем и цилиндром (функциональный параметр) влияет на мощность двигателей (эксплуатационный показатель).

В данной главе рассматривается взаимозаменяемость только по геометрическим параметрам.

2.1. Основные понятия и определения

В России действуют *Единая система допусков и посадок* (ЕСДП) *и Основные нормы взаимозаменяемости*, которые базируются на стандартах и рекомендациях ИСО. ЕСДП распространяется на допуски размеров гладких элементов деталей и на посадки, образуемые при соединении этих деталей. Основные нормы взаимозаменяемости включают системы допусков и посадок на резьбы, зубчатые передачи, конуса и др.

Размеры, предельные отклонения и допуски. При конструировании определяются линейные и угловые размеры детали, характеризующие ее величину и форму. Они назначаются на основе результатов расчета деталей на прочность и жесткость, а также исходя из обеспечения технологичности конструкции и других показателей в соответствии с функциональным назначением детали. На чертеже должны быть проставлены все размеры, необходимые для изготовления детали и ее контроля.

Размеры, непосредственно или косвенно влияющие на эксплуатационные показатели машины или служебные функции узлов и деталей, называются *функциональными*. Они могут быть как у сопрягаемых (например, у вала и отверстия), так и у несопрягаемых поверхностей (например, размер пера лопатки турбины, размеры каналов жиклеров карбюраторов и т. п.).

Параметр — это независимая или взаимосвязанная величина, характеризующая какое-либо изделие или явление (процесс) в целом или их отдельные свойства. Параметры определяют техническую характеристику изделия или процесса преимущественно с точки зрения производительности, основных размеров, конструкции.

Размер — это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения. Размеры подразделяют на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный — это размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений. Номинальный размер — это основной размер, полученный на основе кинематических, динамических и прочностных расчетов или выбранный из конструктивных, технологических, эксплуатационных, эстетических и других соображений и указанный на чертеже.

Действительный — это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Предельные — это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Предельные размеры на предписанной длине должны быть истолкованы следующим образом:

- *для отверстий* — диаметр наибольшего правильного воображаемого цилиндра, который может быть вписан в отверстие так, чтобы плотно контактировать с наиболее выступающими точками поверхности (размер сопрягаемой детали идеальной геометрической формы, прилегающей к отверстию без зазора), не должен быть меньше, чем проходной предел размера. Дополнитель-

но наибольший диаметр в любом месте отверстия не должен превышать непроходного предела размера;

- *для валов* — диаметр наименьшего правильного воображаемого цилиндра, который может быть описан вокруг вала так, чтобы плотно контактировать с наиболее выступающими точками поверхности (размер сопрягаемой детали идеальной геометрической формы, прилегающей к валу без зазора), не должен быть больше, чем проходной предел размера. Дополнительно минимальный диаметр в любом месте вала не должен быть меньше, чем непроходной предел размера.

Наибольший предельный размер — это больший из двух предельных, *наименьший* — это меньший из двух предельных размеров (рис. 2.1). ГОСТ 25346–89 установлены связанные с предельными размерами новые термины — «проходной» и «непроходной» пределы.

Термин *«проходной предел»* применяют к тому из двух предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, а именно верхнему пределу для вала, нижнему — для отверстия. В случае применения предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом проходным калибром.

Термин *«непроходной предел»* применяют к тому из двух предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, а именно нижнему пределу для вала, верхнему — для отверстия. В случае применения предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом непроходным калибром.

Отклонение — это алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером.

Действительное отклонение — это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Предельное отклонение — это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.

Классификацию отклонений по геометрическим параметрам целесообразно рассмотреть на примере соединения вала и отверстия. Термин «вал» применяют для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, термин «отверстие» — для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей. Термины «вал» и «отверстие» относятся не только к цилиндрическим деталям круглого сечения, но и к элементам деталей другой формы (например, ограниченным двумя параллельными плоскостями — шпоночное соединение).

Предельные отклонения подразделяют на верхнее и нижнее. *Верхнее* — это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами, *нижнее отклонение* — это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

В ГОСТ 25346–89 приняты условные обозначения: верхнее отклонение отверстия —*ES*, вала — *es*, нижнее отклонение отверстия — *EI*, вала — *ei*. В таблицах стандартов верхнее и нижнее отклонения указаны в микрометрах (мкм), на чертежах — в миллиметрах (мм). Отклонения, равные нулю, не указываются.

Допуск — это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним

отклонениями (рис. 2.1). По ГОСТ 25346–89 введено понятие *«допуск системы»* — это стандартный допуск (любой из допусков), устанавливаемый данной системой допусков и посадок.

Нулевая линия — это линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. При горизонтальном расположении нулевой линии положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные — вниз (рис. 2.1).

Поле допуска — это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии (рис. 2.1).

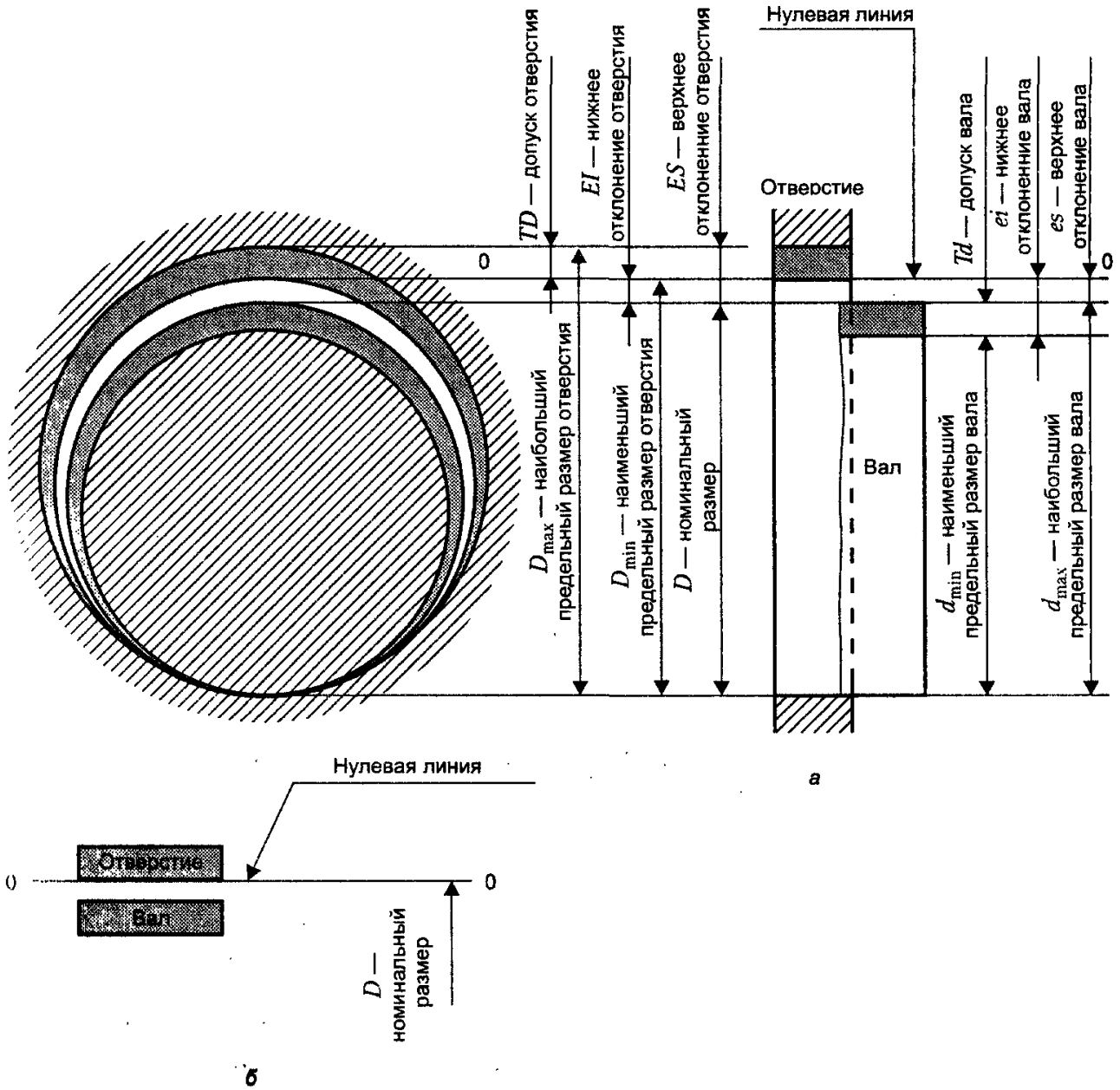


Рис. 2.1. Поля допусков отверстия и вала при посадке с зазором (отклонения отверстия положительны, отклонения вала отрицательны)

Для упрощения допуски можно *изображать графически в виде полей допусков* (рис. 2.1, *б*). При этом ось изделия (на рис. 2.1, *б* не показана) всегда располагают под схемой.

Соединения и посадки. Две или несколько подвижно или неподвижно соединяемых деталей называют *сопрягаемыми*. Поверхности, по которым происходит соединение деталей, называют *сопрягаемыми*. Остальные поверхности называют *несопрягаемыми* (*свободными*). В соответствии с этим различают размеры сопрягаемых и несопрягаемых (свободных) поверхностей. В соединении деталей, входящих одна в другую, есть *охватывающие* и *охватываемые* поверхности.

Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть: с зазором (рис. 2.1, *а*), натягом или переходной, при которой возможно получение как зазора, так и натяга. Схемы полей допусков для разных посадок даны на рис. 2.2.

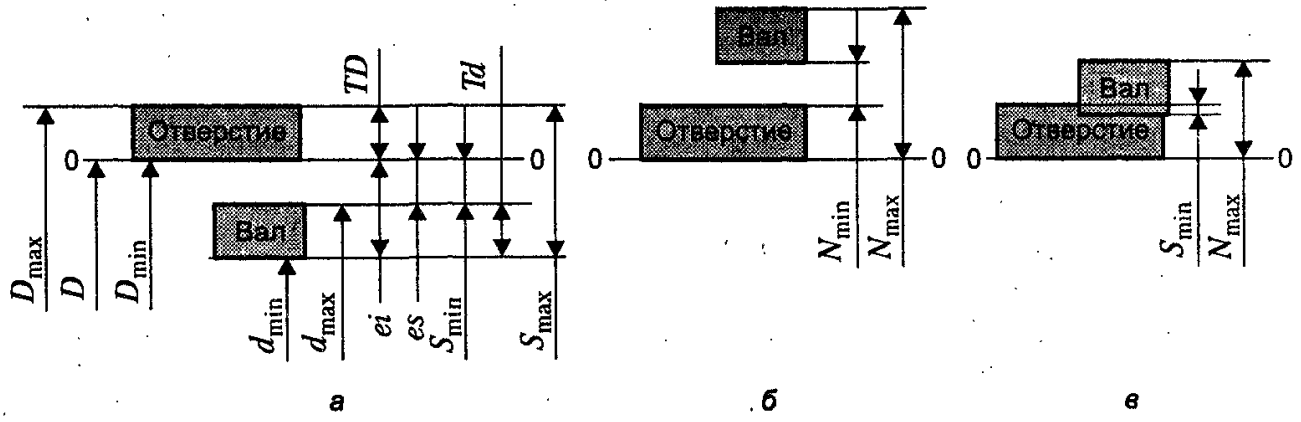


Рис. 2.2. Схемы полей допусков посадок: *в* — с зазором; *б* — натягом; *в* — переходной

Зазор S — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. *Наибольший, наименьший* и *средний зазоры* определяют по формулам

$$S_{max} = D_{max} - d_{min};\ S_{min} = D_{min} - d_{max};\ S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}.$$

Натяг N — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. *Наибольший, наименьший и средний натяги* определяют по формулам

$$N_{max} = d_{max} - D_{min};\ N_{min} = d_{min} - D_{max};\ N_m = (N_{max} + N_{min})/2.$$

Посадка с зазором — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала, рис. 2.2, *а*).

Посадка с натягом — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала, рис. 2.2, *б*).

Переходная посадка — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью, рис. 2.2, *в*).

Допуск посадки — разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми зазорами (допуск зазора *TS* в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим допускаемыми натягами (допуск натяга *TN* в посадках с натягом):

$$TS = S_{max} - S_{min};\ TN = N_{max} - N_{min}.$$

В переходных посадках допуск посадки — сумма наибольшего натяга и наибольшего зазора, взятых по абсолютному значению, $TSN = S_{max} + N_{max}$. Для всех типов посадок допуск посадки численно равен сумме допусков отверстия и вала, то есть $TS\ (TN) = TD + Td$.

2.2. Взаимозаменяемость гладких цилиндрических деталей

2.2.1. Общие положения

Точность детали определяется точностью размеров, шероховатостью поверхностей, точностью формы поверхностей, точностью расположения и волнистостью поверхностей.

Для обеспечения точности размеров в России действует Единая система допусков и посадок (ЕСДП), которая создана на основе системы ИСО. В 1949 г. было решено в основу системы ИСО положить систему ИСА, опубликованную в бюллетене ISA25 (1940 г.) и отчете комитета ISA-3 об этой системе (декабрь 1935 г.). В настоящее время система ИСО принята большинством стран-членов ИСО. Советский Союз вошел в эту организацию в 1977 г.

В ЕСДП в первую очередь стандартизованы базовые элементы, необходимые для получения различных полей допусков, а не посадки и образующие их поля допусков отверстий и валов. Каждое поле допуска можно представить сочетанием двух характеристик, имеющих самостоятельное значение, — *величины допуска и его положения относительно номинального размера.*

Допуск зависит от квалитета, размера и расчитывается по формуле:

$$T = a\,i,$$

где a — число единиц допуска, зависящее от квалитета и не зависящее от номинального размера; i — единица допуска.

Для нормирования требуемых уровней точности установлены квалитеты изготовления деталей и изделий. Под *квалитетом* (по аналогии с франц. *qualiti* — качество) понимают совокупность допусков, характеризуемых постоянной относительной точностью (определяемой коэффициентом a) для всех номинальных размеров данного диапазона (например, от 1 до 500 мм). Точность в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера. В ЕСДП установлен 21 квалитет: 01, 0, 1, 2,..., 19. Квалитет определяет допуск на изготовление и, следовательно, методы и средства обработки и контроля деталей машин.

В машиностроении для создания посадок и получения свободных размеров применяют квалитеты с 5 по 19. Число единиц допуска от квалитета к квалитету из-

менятся по геометрической прогрессии со знаменателем $\sqrt[5]{10} \approx 1{,}6$. Для квалитетов 5–19 число единиц допуска a соответственно равно 7, 10, 16, 25, 40, 64, 100, 160, 250, 400, 640, 1000, 1600, 2500 и 4000.

Единица допуска (мкм) для размеров до 500 мм

$$i = 0{,}45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0{,}001 \cdot D;$$

для размеров свыше 500 до 10000 мм

$$i = 0{,}004\, D + 2{,}1,$$

где D — среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала, мм.

Для размеров менее 1 мм допуски по квалитетам 14–19 не назначают.

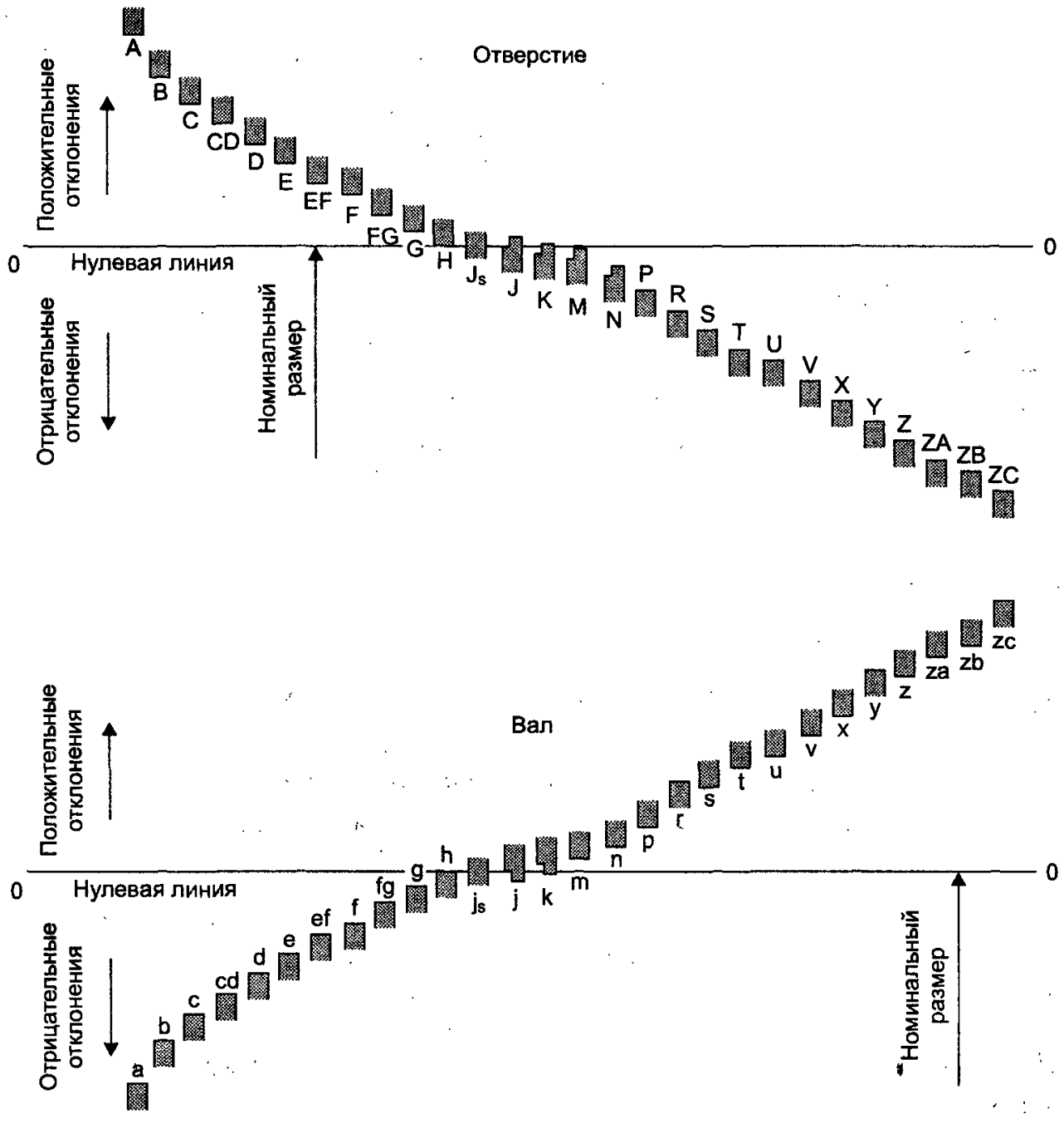


Рис. 2.3. Основные отклонения отверстий и валов

Основное отклонение — одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. В системе ЕСДП таким отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Основное отклонение (положение поля допуска относительно нулевой линии) обозначается буквой латинского алфавита — прописной для *отверстий* (от *A* до *Z*) и строчной — для *валов* (от *a* до *z*) На рис. 2.3 приведены основные отклонения отверстий и валов в системах ИСО и ЕСДП.

Отклонения a–h (A–H) предназначены для образования посадок с зазором, j_s–zc (J_s –ZC) — для посадок с натягами и переходных, причем для переходных обычно применяют отклонения j_s, k, m, n (J_s, K, M, N). Поля допусков вала j_s и отверстия J_s располагаются симметрично по обе стороны от нулевой линии. Для каждого буквенного обозначения абсолютная величина и знак основного отклонения вала определяются по эмпирическим формулам, приведенным в государственном стандарте.

Абсолютная величина и знак основного отклонения отверстия определяются по основному отклонению вала, обозначенному той же буквой, по общему или специальному правилам.

Общее правило определения основных отклонений отверстий: основное отклонение отверстия должно быть симметрично относительно нулевой линии основному отклонению вала.

Специальное правило определения основных отклонений отверстий: две соответствующие друг другу посадки в системе отверстия и в системе вала, в которых отверстие данного квалитета соединяется с валом ближайшего, более точного квалитета (например, $H7/p6$ и $P7/h6$), должны иметь одинаковые зазоры и натяги (рис. 2.4):

$$Es = -ei + \Delta,$$

где $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$, то есть 0 равна разности между допуском рассматриваемого квалитета, с которым будет сочетаться данное основное отклонение, и допуском ближайшего, более точного квалитета. Правило действительно для отверстий размером свыше 3 мм: J, K, M и N до $IT8$ включительно и от P до ZC до $IT7$ включительно.

Различают две равноценные системы образования посадок — систему отверстия и систему вала (рис. 2.5). *Посадки в системе отверстия* — это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием. У основного отверстия нижнее отклонение равно нулю, а основное отверстие обозначается H. На чертеже такие посадки обозначаются следующим образом: $\varnothing 50H9/d9$; $\varnothing 50H7/r6$; $\varnothing 50H7/k6$.

Посадки в системе вала — это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом. У основного вала верхнее отклонение равно нулю, а основное отверстие обозначается h. На чертеже такие посадки обозначаются, например,

$$\varnothing 50D9/h9;\ \varnothing 50R7/h6;\ \varnothing 50K7/h6.$$

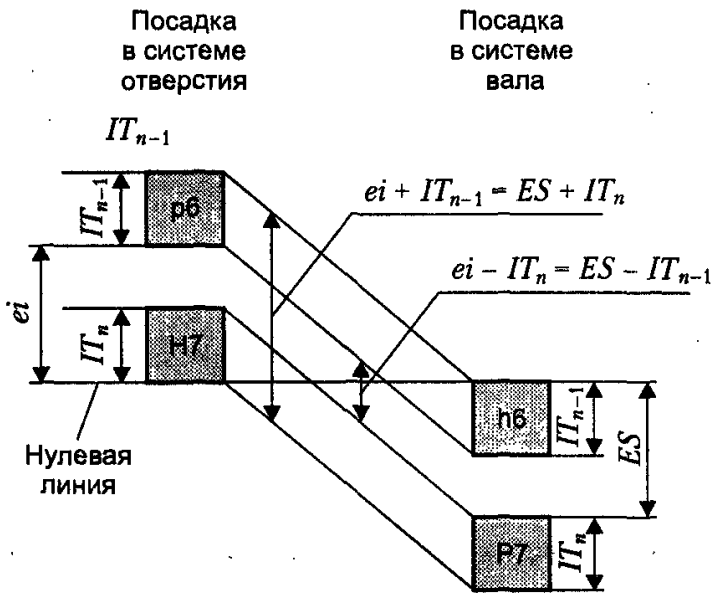


Рис. 2.4. Схема определения основных отклонений отверстий по специальному правилу

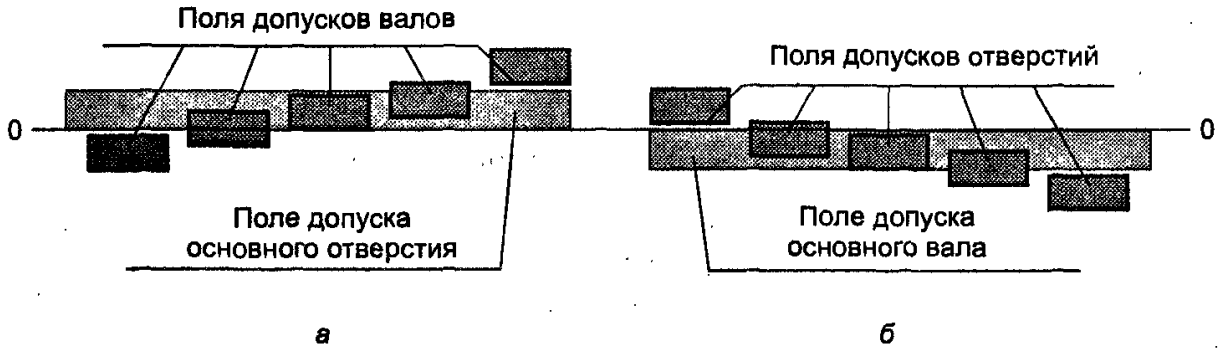


Рис. 2.5. Примеры посадок в системах: *а* — отверстия; *б* — вала

Допускается применение *комбинированных посадок*, в которых отверстие и вал выполнены в разных системах. Например, у посадки $\varnothing 50F8/f7$ отверстие выполнено в системе вала, а вал — в системе отверстия.

Для построения рядов допусков каждый из диапазонов размеров, в свою очередь, разделен на несколько *интервалов*. Для номинальных размеров от 1 до 500 мм установлено 13 интервалов: до 3 мм, свыше 3 до 6 мм, свыше 6 до 10 мм, ..., свыше 400 до 500 мм.

Для полей допусков, образующих посадки со значительными зазорами или натягами, введены дополнительные промежуточные интервалы, что уменьшает колебание зазоров и натягов и делает посадки более определенными. Для всех размеров, объединенных в один интервал, значения допусков приняты одинаковыми, поскольку назначать допуск для каждого номинального размера нецелесообразно, так как таблицы допусков в этом случае получились бы громоздкими, а сами допуски для смежных размеров отличались бы один от другого незначительно.

В формулы (2.2) и (2.3) для определения допусков и отклонений в системе ИСО и ЕСДП подставляют среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала:

$$D = \sqrt{D_{min} D_{max}}.$$

Для интервала до 3 мм принимают $D = \sqrt{3}$.

Диаметры по интервалам распределены так, чтобы допуски, подсчитанные по крайним значениям в каждом интервале, отличались от допусков, подсчитанных по среднему значению диаметра в том же интервале, не более чем на 5–8%.

Допуски и отклонения, устанавливаемые стандартами, относятся к деталям, размеры которых определены при *нормальной температуре*, которая во всех странах принята равной +20 °С (ГОСТ 9249–59). Такая температура принята как близкая к температуре рабочих помещений машиностроительных и приборостроительных заводов.

Сочетание любых основных отклонений с любым квалитетом ИСО дает свыше 1000 полей допусков для валов и отверстий. Поэтому применение системы ИСО происходит на базе отбора ограниченного числа полей допусков из этой системы. Рекомендация ИСО/Р 1829–1970 «Отбор полей допусков для общего применения» включает 45 полей допусков для валов и 43 — для отверстий. Из них выделено по 17 полей допусков для валов и отверстий для предпочтительного применения.

Полями допусков предпочтительного применения, выделенными по принципу унификации по ГОСТ 25347–82 (для размеров 1–500 мм), являются 16 полей валов (*g*6, h6, j_s6, *k*6, *n*6, *p*6, *r*6, *s*6, *js*7, *h*7, *e*7, *h*8, *d*9, *h*9, *d*11 и *h*11) и 10 полей отверстий (*H*7, J_s7, *K*7, *P*7, *N*7, *F*8, *H*8, *E*9, *H*9 и *H*11).

Посадки, как правило, должны назначаться в системе отверстия или системе вала. Применение системы отверстия предпочтительнее. Систему вала следует применять только в тех случаях, когда это оправдано конструктивными или экономическими условиями, например, если необходимо получить разные посадки нескольких деталей с отверстиями на одном гладком валу или если валом является стандартная деталь, например, наружное кольцо подшипника. При посадке подшипников качения в корпус в первую очередь рекомендуется назначать предпочтительные посадки.

При номинальных размерах от 1 до 500 мм рекомендуется назначать предпочтительные посадки в системе отверстия: *H*7/*e*8; *H*7/*f*7; *H*7/*g*6; *H*7/*h*6; *H*7/j_s6; *H*7/*k*6; *H*7/*n*6; *H*7/*p*6; *H*7/*r*6; *H*7/*s*6; *H*8/*e*8; *H*8/*h*7; *H*8/*h*8; *H*8/*d*9; *H*9/*d*9; *H*11/*d*11; *H*11/*h*11; в системе вала: *F*8/*h*6; *H*7/*h*6; J_s7/*h*6; *K*7/*h*6; *N*7/*h*6; *P*7/*h*6; *H*8/*h*7: *E*9/*h*8; *H*8/*h*8; *H*11/*h*11.

Кроме указанных посадок допускается применение других посадок, образованных полями допусков валов и отверстий по ГОСТ 25347–82*. При этом рекомендуется, чтобы посадка относилась к системе отверстия или системе вала и чтобы при неодинаковых допусках отверстия и вала больший допуск был у отверстия и допуски отверстия и вала отличались не более чем на два квалитета.

Пример. Определить предельные размеры, допуски, зазоры в соединении при посадке с зазором $\varnothing 40H7/f7$. Предельные отклонения взяты по ГОСТ 25346–82. *Отверстие*: номинальный размер 40 мм; $EI = 0$; $ES = +25$ мкм; $D_{min} = 40$ мм; $D_{max} = 40{,}000 + 0{,}025 = 40{,}025$ мм; $TD = 40{,}025 - 40{,}000 = 0{,}025$ мм. *Вал*: номинальный размер 40 мм; $ei = -50$ мкм; $es = -25$ мкм; $d_{min} = 40{,}000 - 0{,}050 = 39{,}950$ мм; $d_{max} = 40{,}000 \quad 0{,}025 = 39{,}975$ мм; $Td = 39{,}975 \quad 39{,}950 = 0{,}025$ мм. *Соединение*: номинальный размер 40 мм;

S_{max} = 40,025 – 39,950 = 0,075 мм; S_{min} = 40,000 – 39,975 = 0,025 мм; TS = 0,075 – 0,025 = = 0,050 мм или $TS = TD + Td$ = = 0,025 + 0,025 = 0,050 мм.

Системы допусков и отклонений для размеров св. 500 до 3150 мм установлены по ГОСТ 25346–89; для размеров св. 3150 до 10000 мм — по ГОСТ 25348–82*; для размеров свыше 10000 до 40000 мм — по ГОСТ 26179–84; для деталей из пластмасс — по ГОСТ 25349–88.

2.2.2. Обозначение полей допусков, предельных отклонений и посадок на чертежах

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными (буквенными) обозначениями полей допусков или числовыми значениями предельных отклонений, а также буквенными обозначениями полей допусков с одновременным указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений (рис. 2.6, *а* и *б*).

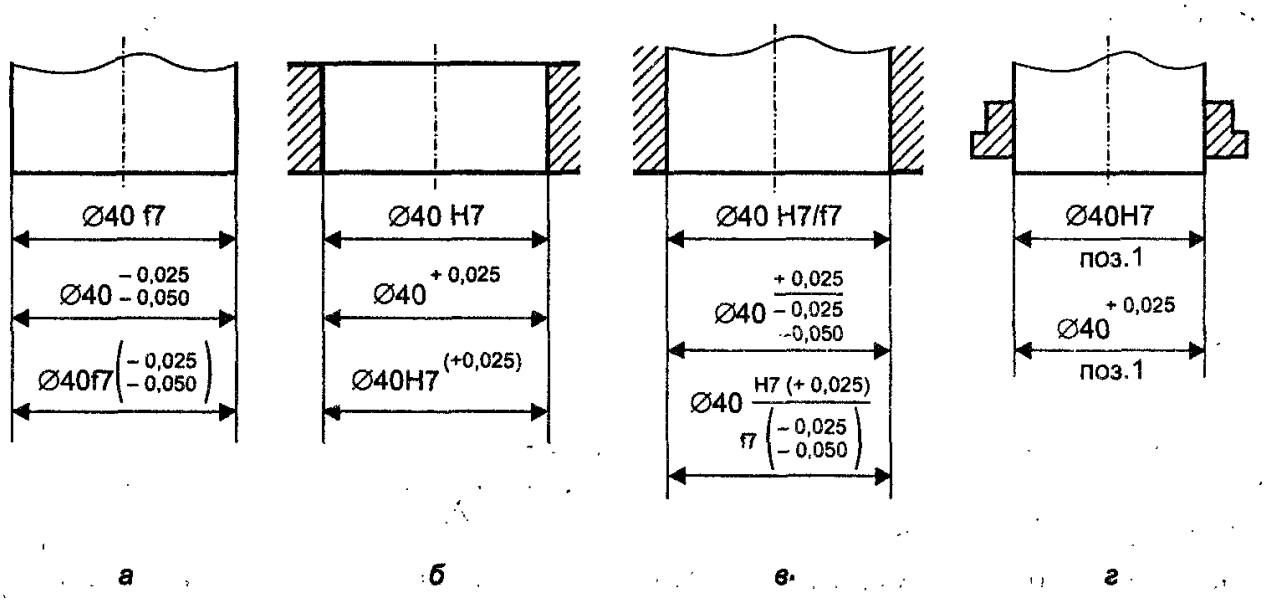


Рис. 2.6. Примеры обозначения полей допусков и посадок на чертежах

Посадки и предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в собранном виде, указывают дробью: в числителе — буквенное обозначение или числовые значения предельных отклонений отверстия либо буквенное обозначение с указанием справа в скобках их числовых значений, в знаменателе — аналогичное обозначение поля допуска вала (рис. 2.6, *в*).

Иногда для обозначения посадки указывают предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей (рис. 2.6, *г*).

В условных обозначениях полей допусков обязательно указывать числовые значения предельных отклонений в следующих случаях: для размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров, например $41{,}5H7(^{+0{,}025})$; при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены ГОСТ 25347–82*, например, для пластмассовой детали с предельными отклонениями по ГОСТ 25349–88, если уступы имеют несимметричные отклонения.

Для поверхности, состоящей из участков с одинаковым номинальным размером, но разными предельными отклонениями, наносят границу между этими участками тонкой сплошной линией и номинальный размер с соответствующими предельными отклонениями указывают для каждого участка отдельно.

2.2.3. Неуказанные предельные отклонения размеров

Предельные отклонения, не указанные непосредственно после номинальных размеров, а оговоренные общей записью в технических требованиях чертежа, называются *неуказанными предельными отклонениями*. Неуказанными могут быть только предельные отклонения относительно низкой точности.

Основные правила назначения неуказанных предельных отклонений размеров установлены ГОСТ 25670–83. Для линейных размеров, кроме радиусов закругления и фасок, неуказанные предельные отклонения могут быть назначены либо на основе квалитетов по ГОСТ 25346–89 и ГОСТ 25348–82* (по 11–13-му квалитетам для размеров менее 1 мм и по 12–17-му квалитетам для размеров от 1 до 10 000 мм), либо на основе специальных классов точности неуказанных предельных отклонений, установленных в ГОСТ 25670–83. Эти классы точности имеют условные наименования «точный», «средний», «грубый», «очень грубый». Допуски по ним обозначаются соответственно t_1, t_2, t_3 и t_4 и получены грубым округлением допусков по 12, 14, 16 и 17-му квалитетам при укрупненных интервалах номинальных размеров.

Для размеров валов и отверстий неуказанные предельные отклонения допускается назначать как односторонними — «в тело» материала (для валов от нуля в минус, для отверстий — от нуля в плюс), так и симметричными. Для размеров элементов, не относящихся к валам или отверстиям, назначаются только симметричные неуказанные предельные отклонения. Согласно ГОСТ 25670–83 допускается четыре варианта назначения неуказанных предельных отклонений линейных размеров (табл. 2.1).

Отклонения по 13-му квалитету могут сочетаться в одной общей записи с классом «средний», а по 15-му квалитету — с классом точности «грубый».

Для радиусов закругления и фасок в ГОСТ 25670–83 установлено два ряда особых (более грубых, чем для других линейных размеров) предельных отклонений. Применение этих рядов увязано с квалитетом или классом точности, предписанным в общей записи для других линейных размеров.

Подобным же образом в ГОСТ 25670–83 регламентируются неуказанные предельные отклонения углов. Общие записи в технических требованиях чертежа о неуказанных предельных отклонениях рекомендуется давать условными обозначениями, например (для отклонений по 14-му квалитету и классу точности «средний») по:

варианту 1: $H14$; $h14$; $\pm t_2/2$ или $H14$; $h14$; $IT14/2$;

варианту 2: $\pm t_2$; $-\pm t_2$; $\pm t_2/2$;

варианту 3: $\pm t_2/2$ или $IT14/2$;

варианту 4: $\varnothing H14$; $\varnothing h14$; $+t_2/2$ или $\varnothing H14$; $\varnothing h14$; $+IT14/2$.

Таблица 2.1. Варианты назначения неуказанных предельных отклонений линейных размеров по ГОСТ 25670–83

Вариант	Линейные размеры (кроме радиусов закругления и фасок)				
	валов		отверстий		элементов, не относящихся к валам и отверстиям
	с круглым сечением (диаметры)	остальные	с круглым сечением (диаметры)	остальные	
1	$-IT\,(h)$		$+IT\,(H)$		$\pm t_2/2$
2	$-t$		$+t$		$\pm t_2/2$
3	$\pm t_2/2$				$\pm t_2/2$
4	$-IT\,(h)$	$\pm t_2/2$	$+IT\,(H)$	$\pm t_2/2$	$\pm t_2/2$

Допускается дополнять условные обозначения поясняющими словами, например: «Неуказанные предельные отклонения размеров: $H14$; $h14$; $\pm t_2/2$» или: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий по $H14$, валов по $h14$, остальных $\pm t_2/2$»; «Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm t_2/2$».

2.2.4. Расчет и выбор посадок

Выбор различных посадок для подвижных и неподвижных соединений можно производить на основании предварительных расчетов, экспериментальных исследований или ориентируясь на аналогичные соединения, условия работы которых хорошо известны.

Посадки с зазором. Рассмотрим один из вариантов расчета посадки подшипника скольжения.

Известно, что при гидродинамическом режиме работы масляный клин в подшипнике скольжения возникает только в области определенных зазоров между цапфой вала и вкладышем подшипника. Поэтому задачей настоящего расчета является нахождение оптимального расчетного зазора и выбор по нему стандартной посадки.

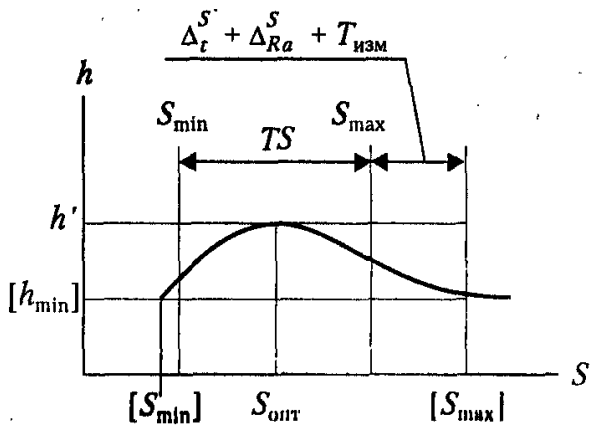


Рис. 2.7. График зависимости толщины масляного слоя от зазора

Рассмотрим упрощенный метод расчета и выбора посадок, изложенный в [10].

Толщина масляного слоя в месте наибольшего сближения поверхностей отверстия и вала $h = \frac{S}{2}(1-x)$, где S — диаметральный зазор; $x = \frac{2e}{S}$ — относительный эксцентриситет; e — абсолютный эксцентриситет вала в подшипнике при зазоре S.

Принципиальный график зависимости толщины масляного слоя от величины зазора S приведен на рис. 2.7.

Как видно из рис. 2.7, определенной толщине масляного слоя соответствуют два зазора. Например, $[h_{min}]$ соответствуют зазоры $[S_{min}]$ и $[S_{max}]$. Допустимая минимальная толщина масляного слоя, при которой еще обеспечивается жидкостное трение:

$$[h_{min}] = K(R_{ZD} + R_{Zd} + \gamma_g) = K(4Ra_D + Rad + \gamma_g),$$

где $K \geq 2$ — коэффициент запаса надежности по толщине масляного слоя; γ_g — добавка на неразрывность масляного слоя (γ_g =2–3 мкм).

Поэтому необходимо соблюдать условие

$$h > [h_{min}],\ S_{min} > [S_{min}], \qquad (2.1)$$

где $[S_{min}]$ — минимальный допустимый зазор, при котором толщина масляного слоя равна допустимой $[h_{min}]$.

Относительный эксцентриситет x_{min}, соответствующий зазору S_{min}, из-за возможности возникновения самовозбуждающихся колебаний вала в подшипнике рекомендуется принимать не менее 0,3, то есть $x_{min} \geq 0{,}3$.

Для определения x используем полученную в [10] зависимость

$$h = \frac{d_{H.C.}}{2}\sqrt{\frac{\mu\omega}{P}}\left[(1-x)\sqrt{C_R}\right], \qquad (2.2)$$

где ω — угловая скорость вала, рад/с;
C_R — коэффициент нагруженности подшипника;
P — среднее удельное давление ($Па$),

$$P = \frac{F_r}{l \cdot d_{H.C.}}.$$

Здесь F_r — радиальная нагрузка на цапфу, $Н$;
l, $d_{H.C.}$ — длина подшипника и номинальный диаметр соединения, $м$;
μ — динамическая вязкость смазочного масла при рабочей температуре t_n ($Н{\cdot}с/м^2$),

$$\mu = \mu_{t_0}\left(\frac{t_u}{t_n}\right)^n, \qquad (2.3)$$

где t_u — температура испытания масла (50 °С или 100 °С);
μ_{t_0} — динамическая вязкость при t_u = 50 °С (или 100 °С);
n — показатель степени, зависящий от кинематической вязкости масла ν (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Значения показателей степени n в уравнении (2.3)

v_{50}	20	30	40	50	70	90	120
n	1,9	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0

Обозначив $(1-x)\sqrt{C_R} = A$, из формулы (2.2) получим

$$A = \frac{2h}{d_{H.C.}\sqrt{\frac{\mu\omega}{P}}}. \qquad (2.4)$$

На рис. 2.8 приведены зависимости A от x и отношения $l/d_{H.C}$. Для определения $x_{\min}$ необходимо по формуле (2.4) определить A_h, соответствующее $[h_{\min}]$:

$$Ah = \frac{2\cdot[h_{\min}]}{d_{H.C.}\sqrt{\frac{\mu\omega}{P}}}.$$

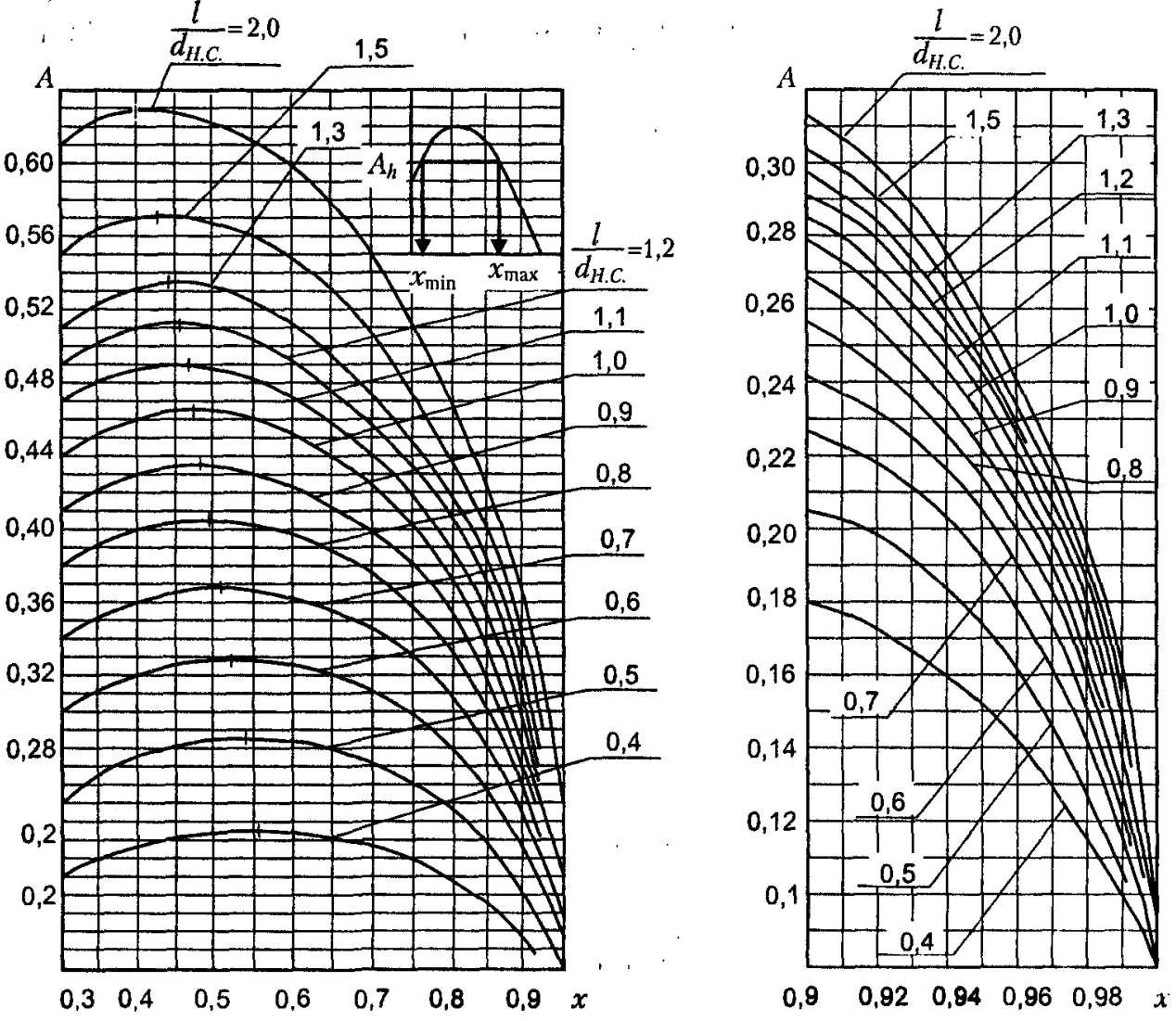


Рис. 2.8. Зависимость A = $f(x)$ для половинного подшипника

По рис. 2.8 можно определить x_{min} — относительный эксцентриситет, соответствующий зазору $[S_{min}]$; $x_{опт}$ и $A_{опт}$ — относительный зазор и параметр A, соответствующие оптимальному зазору $S_{опт}$, при котором толщина масляного слоя достигает своего наибольшего значения h' (рис. 2.7); A_x — значение параметра A при $x = 0{,}3$.

Минимальный допустимый зазор

$$[S_{min}] = K_\varphi \frac{2[h_{min}]}{1 - x_{min}} \frac{A_x}{A_h},$$

где $K\varphi$ — коэффициент, учитывающий угол охвата (табл. 2.3).

Максимальный допустимый зазор при $h = [h_{min}]$

$$[S_{max}] = K_\varphi \frac{2[h_{min}]}{1 - x_{max}}.$$

Таблица 2.3. Коэффициенты, учитывающие угол охвата

Угол охвата φ	Отношение $l/d_{нс}$											
	0,4	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,0**	**1,1**	**1,2**	**1,3**	**1,5**	**2,0**
360	0,896	0,913	0,921	0,932	0,948	0,963	0,975	0,982	0,990	1,009	1,033	1,083
180	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
120	0,958	0,921	0,908	0,907	0,891	0,872	0,860	0,852	0,829	0,821	0,814	

При выборе посадки необходимо выполнить условие

$$S_{max} \le [S_{max}]. \qquad (2.5)$$

При этом

$$[S_{max}] = [S_{max}]' - \Delta_t^S - \Delta_{Ra}^S - T_{изн},$$

где Δ_τ^S — поправка, связанная с различием коэффициентов линейных расширений материалов вала и втулки или существенным различием температур соединенных деталей, $\Delta_t^S = d_{HC}(\alpha_D \Delta t_D - \alpha_d \Delta t_d)$ (здесь α_D, α_d — коэффициенты линейного расширения втулки и вала;

Δt_D, Δt_d — разность между рабочей и нормальной (20 °С) температурами);

Δ_{Ra}^S — поправка, связанная с наличием неровностей на поверхностях вала и втулки, $\Delta_{R_a}^S = 8(Ra_D + Ra_d)$;

$T_{изн}$ — допуск на износ.

Величина допуска на износ может задаваться числовым значением, рассчитанным по требуемой долговечности подшипника, или определяться по предписанному коэффициенту запаса точности K_T:

$$T_{изн} = \{[S_{max}^{non}] - [S_{max}]\}\left(1 - \frac{1}{K_T}\right),$$

где $[S_{max}^{non}] = [S_{max}]' - \Lambda_t^S \quad \Lambda_{Ra}^S$.

При выборе посадки необходимо использовать дополнительное условие, по которому средний зазор S_C в посадке должен быть примерно равен оптимальному $S_{опт}$:

$$S_{опт} = \frac{2[h_{min}]}{1 - x_{опт}} \frac{A_{опт}}{Ah}.$$

Если при выборе посадки не удается выполнить условия (2.1) и (2.5), то следует произвести проверку правильности выбора посадки теоретико-вероятностным методом, определив для этого вероятностные зазоры:

$$S^B_{min} = S_C - 0{,}5\sqrt{T_D^2 + T_d^2};$$

$$S^B_{max} = S_C + 0{,}5\sqrt{T_D^2 + T_d^2}.$$

При невыполнении условий $S^B_{min} \geq [S_{min}]$ и $S^B_{max} \leq [S_{max}]$ необходимо провести повторный расчет.

Рекомендации по применению некоторых посадок с зазором. Посадку $H5/h4$ ($S_{min} = 0$ и $S_{max} = T_d + T_d$) назначают для пар с точным центрированием и направлением, в которых допускается проворачивание и продольное перемещение деталей при регулировании. Эти посадки можно использовать вместо переходных (в том числе для сменных частей). Для вращающихся деталей их применяют только при малых скоростях и нагрузках.

Посадку $H6/h5$ назначают при высоких требованиях к точности центрирования (например, пиноли в корпусе задней бабки токарного станка, измерительных зубчатых колес на шпинделях зубоизмерительных приборов), посадку $H7/h6$ (предпочтительную) — при менее жестких требованиях к точности центрирования (например, сменных зубчатых колес в станках, корпусов под подшипники качения в станках, автомобилях и других машинах, поршня в цилиндре пневматических инструментов, сменных втулок кондукторов и т. п.). Посадку $H8/h7$ (предпочтительную) назначают для центрирующих поверхностей, когда можно расширить допуски на изготовление при несколько пониженных требованиях к соосности.

Посадки $H5/g4$; $H6/g5$ и $H7/g6$ (последняя предпочтительная) имеют наименьший гарантированный зазор из всех посадок с зазором. Их применяют для точных подвижных соединений, требующих гарантированного, но небольшого зазора для обеспечения точного центрирования (например, золотника в пневматической сверлильной машине, шпинделя в опорах делительной головки, в плунжерных парах и т. п.).

Для подвижных посадок наиболее распространены $H7/f7$ (предпочтительная), $H8/f8$ и подобные им посадки, образованные из полей допусков квалитетов 6, 8 и 9.

Посадки $H7/e8$, $H8/e8$ (предпочтительные), $H7/e7$ и посадки, подобные им, образованные из полей допусков квалитетов 8 и 9, обеспечивают легкоподвижное соединение при жидкостной смазке. Их применяют для быстровращающихся валов больших машин.

Посадки $H8/d9$, $H9/d9$ (предпочтительные) и подобные им посадки, образованные из полей допусков квалитетов 7, 10 и 11, применяют сравнительно редко. Например, посадку $H7/d8$ используют при большой частоте вращения и малом давлении в крупных подшипниках, а также в сопряжении поршень — цилиндр в компрессорах, посадку $H9/d9$ — при невысокой точности механизмов.

Посадки $H7/c8$ и $H8/c9$ характеризуются значительными гарантированными зазорами, используются для соединений с невысокими требованиями к точности центрирования. Наиболее часто эти посадки назначают для подшипников скольжения (с различными температурными коэффициентами линейного расширения вала и втулки), работающих при повышенных температурах (в паровых турбинах, двигателях, турбокомпрессорах, турбовозах и других машинах, в которых при работе зазоры заметно уменьшаются вследствие того, что вал нагревается и расширяется больше, чем вкладыш подшипника).

При выборе посадок (на основе расчета) необходимо учитывать отношение l/d: чем меньше это отношение, тем меньше должен быть наименьший зазор.

Переходные посадки. Переходные посадки H/j_s, H/k, H/m, H/n используют в неподвижных разъемных соединениях для центрирования сменных деталей или деталей, которые при необходимости могут передвигаться вдоль вала. Эти посадки характеризуются малыми зазорами и натягами, что, как правило, позволяет собирать детали при небольших усилиях (вручную или с помощью молотка). Для гарантии неподвижности одной детали относительно другой соединения дополнительно крепят шпонками, стопорными винтами и другими крепежными средствами.

Переходные посадки предусмотрены только в квалитетах 4–8. Точность вала в этих посадках должна быть на один квалитет выше точности отверстия.

В переходных посадках при сочетании наибольшего предельного размера вала и наименьшего предельного размера отверстия всегда получается наибольший натяг, при сочетании наибольшего предельного размера отверстия и наименьшего предельного размера вала — наибольший зазор.

Посадки с натягом. Посадки с натягом предназначены в основном для получения неподвижных неразъемных соединений без дополнительного крепления деталей. Иногда для повышения надежности соединения дополнительно используют шпонки, штифты и другие средства крепления. Относительная неподвижность деталей обеспечивается силами сцепления (трения), возникающими на контактирующих поверхностях вследствие их деформации, создаваемой натягом при сборке соединения.

Рассмотрим *общий случай расчета посадок с натягом*, когда соединение состоит из полого вала и втулки (рис. 2.9). Разность между диаметром вала и внутренним диаметром втулки до сборки определяет натяг N. При запрессовке деталей происходит растяжение втулки на величину N_D и одновременно сжатие вала на величину N_d, причем $N = N_D + N_d$. Из задачи определения напряжений и перемещений в толстостенных полых цилиндрах (задачи Ламе) известны зависимости $N_D = PC_1/E_1$; $N_d = PC_2/E_2$.

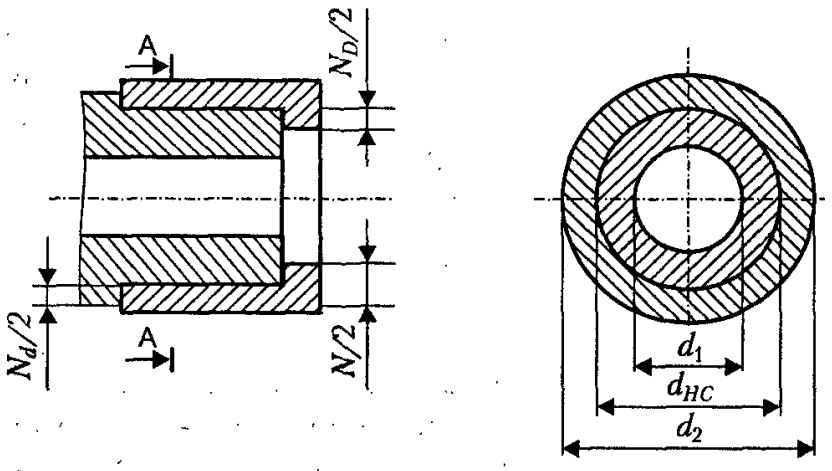


Рис. 2.9. Эскиз к расчету посадки с натягом

Сложив почленно эти равенства и выполнив простые преобразования, получаем

$$N = P\,d_{HC}\,[(C_1/E_1)+(C_2/E_2)]$$

где N — расчетный натяг;

P — давление на поверхности контакта вала и втулки, возникающее под влиянием натяга;

d_{HC} — номинальный диаметр сопрягаемых поверхностей;

E_d и E_D — модули упругости материалов соответственно охватываемой (вала) и охватывающей (отверстия) деталей, *Па*;

C_d и C_D — коэффициенты Ламе, определяемые по формулам:

$$C_d = \frac{1+\left(\frac{d_1}{d_{H.C.}}\right)^2}{1-\left(\frac{d_1}{d_{H.C.}}\right)^2} - \mu_d;\; C_D = \frac{1+\left(\frac{d_{H.C.}}{d_2}\right)^2}{1-\left(\frac{d_{H.C.}}{d_2}\right)^2} + \mu_D,$$

где d_1 — диаметр отверстия полого вала, *м*;

d_2 — наружный диметр охватывающей детали, *м*;

μ_d и μ_D — коэффициенты Пуассона соответственно для охватываемой и охватывающей деталей. Для сплошного вала ($d_1 = 0$) $C_d = 1 - \mu_d$;

для массивного корпуса ($d_2 \to \infty$) $C_D = 1 + \mu_D$.

Расчет посадок с натягом производят в следующем порядке:

1. По значениям внешних нагрузок — осевой силы, крутящего момента (F_a, T_K) и размерам соединения ($d_{H.C}$, l) определяется требуемое минимальное давление ($Па$) на контактных поверхностях соединения:

   - при действии T_K: $[P_{\min}] = \dfrac{2T_k}{\pi d_{H.C.}^2 l f}$;
   - при действии F_a: $[P_{\min}] = \dfrac{F_a}{\pi d_{H.C.} l f}$;

○ при действии T_K и F_a: $[P_{\min}] = \dfrac{\sqrt{F_a^2 + \left(\dfrac{2T_K}{d_{H.C.}}\right)^2}}{\pi d_{H.C.} l f}$,

где F_a — продольная осевая сила, стремящаяся сдвинуть одну деталь относительно другой, H;

T_K — крутящий момент, стремящийся повернуть одну деталь относительно другой, $H \cdot м$;

l — длина контакта сопрягаемых поверхностей, $м$;

f — коэффициент трения при установившемся процессе распрессовки или проворачивания (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Коэффициенты трения для материалов

Материал сопрягаемых деталей	Коэффициент трения
Сталь–сталь	0,06–0,13
Сталь–чугун	0,07–0,12
Сталь–латунь	0,05–0,1
Сталь–пластмассы	0,15–0,25

2. По полученным значениям $[P_{\min}]$ определяется необходимое значение наименьшего расчетного натяга $N_{\min}$ ($м$), который должен обеспечить передачу крутящего момента и осевой силы:

$$N'_{\min} = [P_{\min}] \cdot d_{H.C.} \left(\frac{C_d}{E_d} + \frac{C_D}{E_D}\right).$$

3. Определяется величина минимального допустимого натяга с учетом поправок к $N'_{\min}$, то есть

$$[N_{\min}] = N'_{\min} + \gamma_ш + \gamma_t + \gamma_ц + \gamma_n,$$

где $\gamma_ш$ — поправка, учитывающая смятие неровностей контактных поверхностей деталей при образовании соединения;

$$\gamma_ш = 1{,}2(R_{zd} + R_{zD}) = 5(R_{ad} + R_{aD}),$$

где γ_t — поправка, учитывающая различие рабочей температуры деталей (t_D и t_d) и температуры сборки ($t_{сб}$), различие коэффициентов линейного расширения материалов соединяемых деталей (α_D и α_d), $\gamma_t = -\Delta_t^N = -d_{H.C}(\alpha_d \Delta t_d - \alpha_D \Delta t_D)$;

$\gamma_ц$ — поправка, учитывающая ослабление натяга под действием центробежных сил (существенна для крупных быстровращающихся деталей); для сплошного вала и одинаковых материалов соединяемых деталей

$$\gamma_ц = \frac{V^2 d_{H.C.} \cdot \rho}{4g} \cdot \left(\frac{3+\mu}{E}\right).$$

Здесь V — окружная скорость на наружной поверхности втулки, м/с; ρ — плотность материала. Поправка $\gamma_ц$ для стальных деталей диаметром до 500 мм, вращающихся со скоростью до 30 м/с, не учитывается; γ_n - добавка, компенсирующая уменьшение натяга при повторных запрессовках, определяется опытным путем.

4. Определяется максимальное допустимое удельное давление $[P_{max}]$, при котором отсутствует пластическая деформация на контактных поверхностях деталей. В качестве P_{max} берется наименьшее из двух значений

$$P_d = 0{,}58\,\sigma_{Td}\left[1-\left(\frac{d_1}{d_{H.C}}\right)^2\right];\ P_D = 0{,}58\,\sigma_{TD}\left[1-\left(\frac{d_{H.C}}{d_2}\right)^2\right],$$

где σ_{Td} и σ_{TD} — предел текучести материалов охватываемой и охватывающей деталей.

5. Устанавливается наибольший расчетный натяг (м)

$$N'_{max} = [P_{max}]\,d_{H.C.}\left(\frac{C_d}{E_d}+\frac{C_D}{E_D}\right).$$

Определяется величина максимального допустимого натяга, при котором не произойдет разрушения деталей, с учетом поправок к N'_{max}:

$$[N_{max}] = N'_{max}\,\gamma_{уд} + \gamma_{ш} - \gamma_t,$$

где $\gamma_{уд}$ — коэффициент увеличения удельного давления у торцов охватывающей детали, принимается по графику (рис. 2.10);

γ_t — температурная поправка, учитываемая, если при рабочей температуре натяг увеличивается.

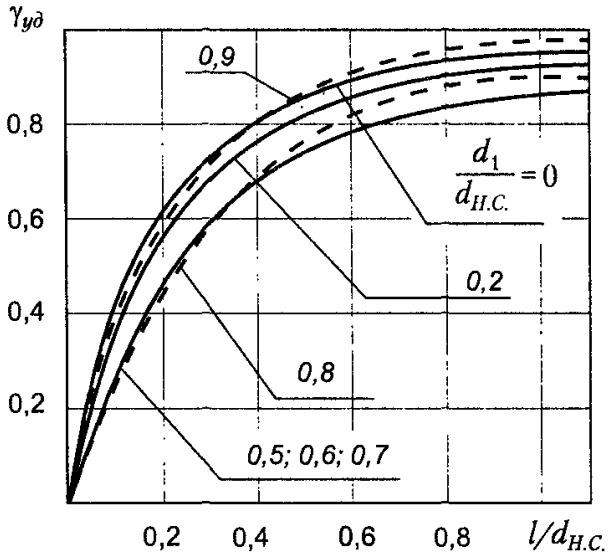


Рис. 2.10. Коэффициенты увеличения давления у торцов охватывающей детали

6. Выбирается посадка из таблиц системы допусков и посадок [10] с соблюдением следующих условий: максимальный натяг N_{max} в подобранной посадке должен быть не больше $[N_{max}]$, то есть $N_{max} \le [N_{max}]$; минимальный натяг N_{min} в подобранной посадке должен быть больше $[N_{min}]$, то есть $N_{min} > [N_{min}]$.

7. Рассчитывается необходимое усилие при запрессовке собираемых деталей по формуле

$$F_п = f_п\,P_{max}\,\pi d_{HC}\cdot l,$$

где $f_п$ — коэффициент трения при запрессовке;

$f_п = (1{,}15\text{-}1{,}2)f$;

P_{max} — удельное давление при максимальном натяге (N_{max}),

$$P_{max} = \frac{N_{max} - \gamma_w}{d_{HC}\left(\frac{C_d}{E_d} + \frac{C_D}{E_D}\right)}.$$

Рекомендации по применению некоторых посадок с натягом. Посадки *H/p*; *P/h* — «*легкопрессовые*» — характеризуются минимальным гарантированным натягом. Установлены в наиболее точных квалитетах (валы 4–6-го, *отверстия* 5–7-го квалитетов). Применяются в таких случаях, когда крутящие моменты или осевые силы малы или случайное относительное смещение деталей несущественно для их служебной роли; для соединения тонкостенных деталей, не допускающих больших деформаций; для центрирования тяжелонагруженных или быстровращающихся крупногабаритных деталей (с дополнительным креплением).

Посадки *H/r*; *H/s*; *H/t* и *R/h*; *S/h*; *T/h* — «*прессовые средние*» — характеризуются умеренными гарантированными натягами в пределах $(0{,}0002–0{,}0006)dHC$, обеспечивающими передачу нагрузок средней величины без дополнительного крепления. Установлены для относительно высоких точностей деталей (валы 5–7-го, отверстия 6–7-го квалитетов). Сборка соединений возможна как под прессом, так и способом термической деформации.

Посадки *H/u*; *H/x*; *H/z* и *U/h* — «*прессовые тяжелые*» — характеризуются большими гарантированными натягами $(0{,}001–0{,}002)dHC$. Предназначены для соединений, на которые воздействуют тяжелые, в том числе и динамические нагрузки. Применяются, как правило, без дополнительного крепления соединяемых деталей. Сборка обычно осуществляется методом термической деформации. Для посадок с большими натягами предусмотрены относительно широкие допуски деталей (7–9-го квалитетов).

2.3. Шероховатость поверхности

Шероховатостью поверхности согласно ГОСТ 25142–82 называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины. *Базовая длина l* — длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности. *Базовая линия* (поверхность) — линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности.

Шероховатость поверхности оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства поверхностного слоя, следовательно, детали в целом. К показателям, характеризующим эксплуатационные свойства поверхностного слоя, относятся: действительное напряжение на поверхности двух взаимодействующих тел и, как следствие, контактная жесткость; прочность деталей из-за концентрации напряжений в отдельных рисках на поверхности; характер процесса трения между сопрягаемыми поверхностями в паре трения; изменение посадки в процессе сборки (с натягом) или при эксплуатации (с зазором); антикоррозионная стой-

кость повехностей; плотность и герметичность соединений; адгезионная способность к гальваническим и лакокрасочным покрытиям; декоративные свойства; удобство содержания поверхностей в чистоте и т. п.

Числовые значения шероховатости поверхности определяют от единой базы, за которую принята *средняя линия профиля m*, то есть базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии минимально. Систему отсчета шероховатости от средней линии профиля называют *системой средней линии*.

Если для определения шероховатости выбран участок поверхности длиной l, другие неровности (например, волнистость), имеющие шаг больше l, не учитывают.

Длина оценки L — длина, на которой оценивают шероховатость. Она может содержать одну или несколько базовых длин l. Числовые значения базовой длины выбирают из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Параметры шероховатости. Согласно ГОСТ 2789–73* шероховатость поверхности изделий независимо от материала и способа изготовления можно оценивать следующими параметрами (рис. 2.11):

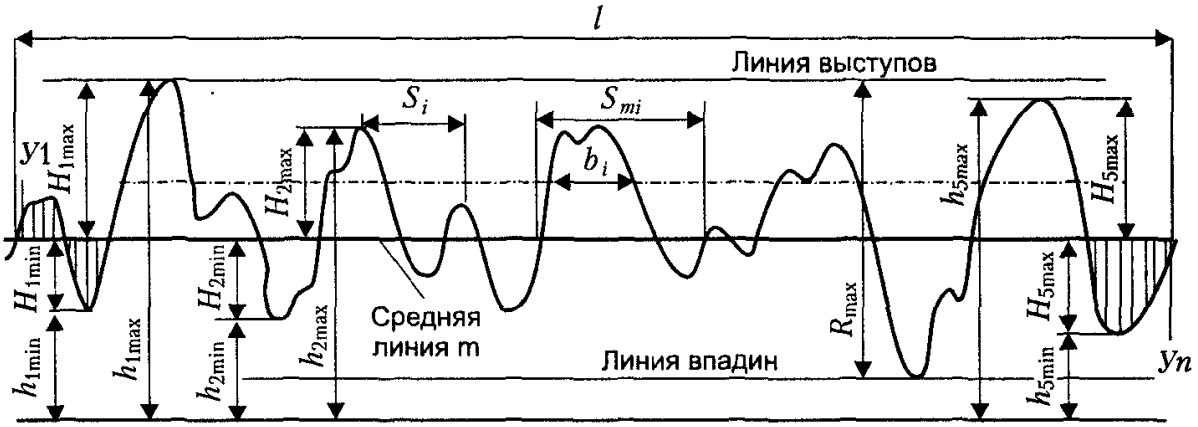


Рис. 2.11. Профилограмма поверхности

1. *Среднее арифметическое отклонение профиля Ra* — среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |y(x)|\,dx \approx \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i,$$

где l — базовая длина;

n — число выбранных точек профиля на базовой длине;

y — расстояние между любой точкой профиля и средней линией (*отклонение профиля*).

2. *Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz* — сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5}\left(\sum_{i=1}^{5}|H_{i\max}| + \left|\sum_{i=1}^{5}|H_{i\min}|\right|\right) \text{ или } Rz = \frac{1}{5}\left(\sum_{i=1}^{5}|h_{i\max}| - \left|\sum_{i=1}^{5}|h_{i\min}|\right|\right),$$

где $H_{i\max}$, $H_{i\min}$ определяются относительно средней линии;
$h_{i\max}$, $h_{i\min}$ – относительно произвольной прямой, параллельной средней линии и не пересекающей профиль.

3. *Наибольшая высота неровностей профиля* R_{max} – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

4. *Средний шаг неровностей профиля* S_m – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_{m_i},$$

где S_{mi} – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, заключенного между точками пересечения смежных выступов и впадин профиля со средней линией.

5. *Средний шаг неровностей профиля по вершинам* S – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i,$$

где S_i – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, заключенного между проекциями на нее наивысших точек двух соседних местных выступов профиля.

6. *Относительная опорная длина профиля* t_p – отношение опорной длины профиля к базовой длине:

$$t_p = \eta_p / l,$$

где η_p – *опорная длина профиля* – сумма длин отрезков b_i, отсекаемых на заданном уровне p в материале профиля линией, эквидистантной средней линии m в пределах базовой длины (рис. 2.11):

$$\eta_p = \sum_{i=1}^{n} b_i.$$

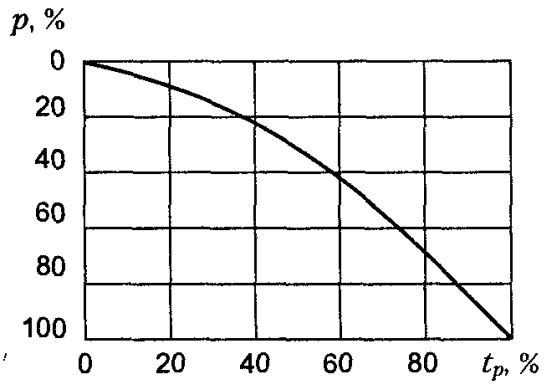


Рис. 2.12. Кривая относительной опорной длины профиля

Опорную длину профиля определяют на уровне сечения профиля p, то есть на заданном расстоянии между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля, и строят кривую изменения опорной длины профиля (рис. 2.12). Значение уровня сечения профиля p отсчи-

тывают по линии выступов и выбирают из ряда: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90% от R_{max}.

Числовые значения параметров шероховатости *Ra*, *Rz*, R_{max}, S_m, S и t_p приведены в ГОСТ 2789–73*.

Обозначение шероховатости на чертежах. ГОСТ 2.309–73* устанавливает обозначения шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий.

На рис. 2.13 приведена структура обозначения шероховатости. При обозначении шероховатости только по параметру применяют знак без полки.

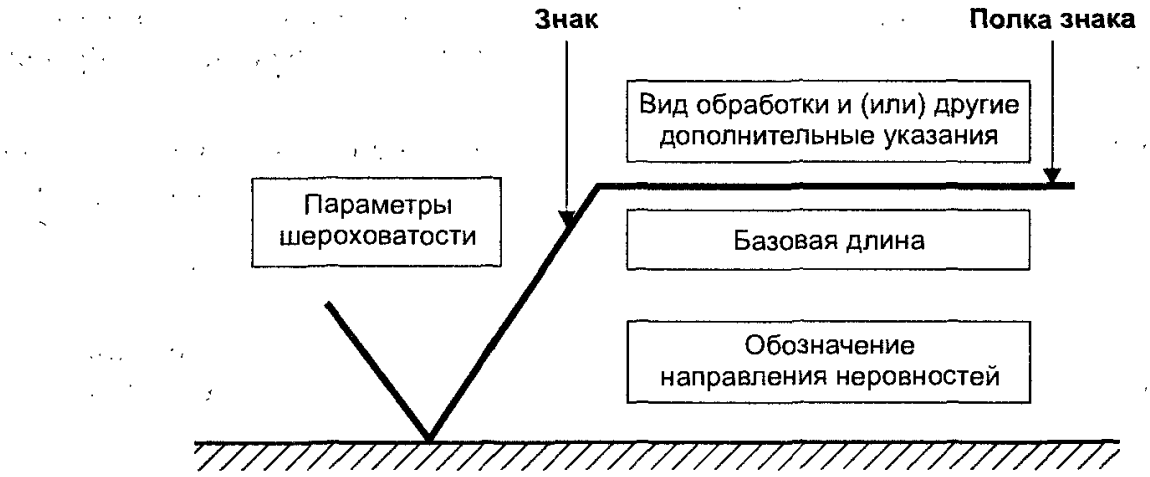


Рис. 2.13. Структура обозначения шероховатости поверхности

Примеры обозначения шероховатости на чертежах приведены на рис. 2.14. В обозначении числового значения параметра *Ra* символ не указывается.

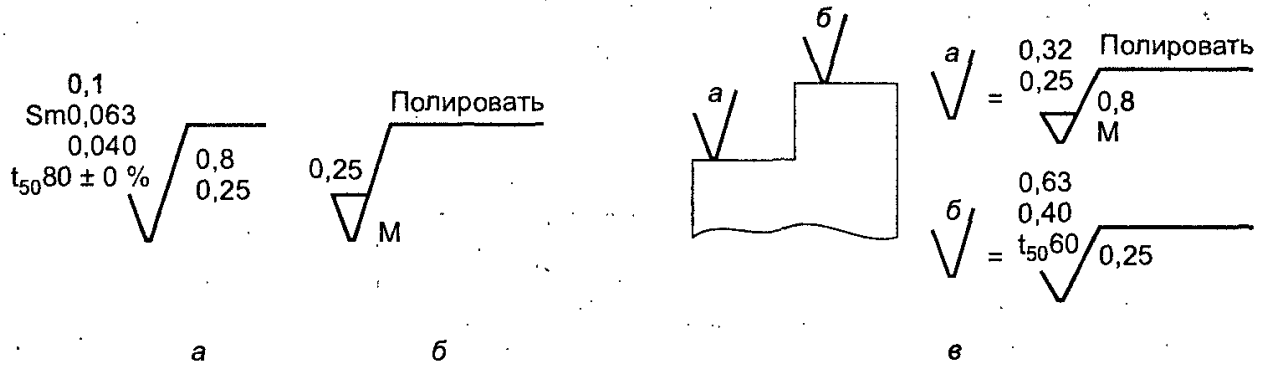


Рис. 2.14. Примеры обозначения шероховатости на чертежах

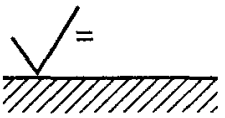
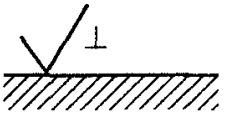
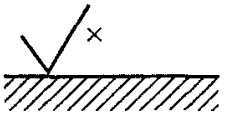
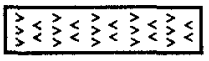
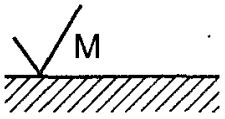
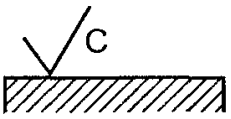
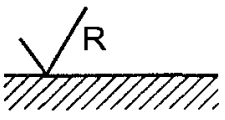
Если параметры *Ra*, *Rz*, R_{max} определены на базовой длине в соответствии с ГОСТ 2789–73*, то эти базовые длины не указываются в требованиях к шероховатости (рис. 2.14, *б*).

При необходимости дополнительно к параметрам шероховатости поверхности устанавливаются требования по направлению неровностей поверхности (табл. 2.5), а также по способу или последовательности способов получения (обработки) поверхности. При этом способ обработки указывают только в случаях, когда он является единственно приемлемым для получения требуемого качества поверхности.

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке: высота неровностей профиля, шаг неровностей профиля, относительная опорная длина профиля (рис. 2.14, *а*).

Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа (рис. 2.14, *в*).

Таблица 2.5. Направления неровностей поверхности по ГОСТ 2789–73*

Типы направления неровностей	Схематическое изображение	Условное обозначение
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		

Допускаемые значения *Ra* и *Rz* в зависимости от допуска размера и формы установлены по четырем уровням относительной геометрической точности, определяемых соотношением допусков геометрии и размера соответственно: $A = 60\%$, $B = 40\%$, $C = 25\%$ и $D < 25\%$ (табл. 2.6).

Таблица 2.6. Параметры шероховатости в зависимости от допусков размера *IT* и формы *T*

При допуске формы T_ϕ в процентах от допуска размера *IT*	Параметр *Ra*	Параметр *Rz*
A – 60%	$Ra \le 0{,}05IT$	$Rz = 0{,}2IT$
B – 40%	$Ra \le 0{,}025IT$	$Rz = 0{,}1IT$

Продолжение ›

Таблица 2.6. Продолжение

При допуске формы $T_ф$ в процентах от допуска размера *IT*	Параметр *Ra*	Параметр *Rz*
$C = 25\%$	$Ra \le 0{,}012IT$	$Rz = 0{,}05IT$
$D < 25\%$	$Ra = 0{,}15T_ф$	$Rz = 0{,}6T_ф$

2.4. Точность формы и расположения

Допуски формы и расположения поверхностей деталей машин и приборов, термины, определения, относящиеся к основным видам отклонений, стандартизованы ГОСТ 24642-81*.

В основу нормирования и систему отсчета отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих поверхностей и профилей, элементов, деталей, сборочных единиц (узлов). Все отклонения и допуски подразделяются на три группы: формы; расположения; суммарные — формы и расположения.

2.4.1. Общие термины и определения

Профиль — это линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью. Различают профили номинальной и реальной поверхностей.

Нормируемый участок — это участок поверхности или линии, к которому относится допуск на отклонение формы или расположение элемента. Нормируемый участок должен задаваться размерами, определяющими его площадь, длину или угол сектора (в полярных координатах). Если нормируемый участок не задан, то допуск или отклонение формы или расположения должен относиться ко всей поверхности или длине рассматриваемого элемента.

База — элемент детали (или выполняющее ту же функцию сочетание элементов), определяющий одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения рассматриваемого элемента. Базами могут быть, например, базовая плоскость, базовая ось, базовая плоскость симметрии.

Комплект баз — совокупность двух или трех баз, образующих систему координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения рассматриваемого элемента.

Прилегающая плоскость и прилегающая прямая — плоскость или прямая, соприкасающаяся с реальной поверхностью или профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки соответственно реальной поверхности или профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 2.15, *а*).

Прилегающая окружность — это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля (для наружной поверхности вращения), или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль (для внутренней поверхности вращения) (рис. 2.15, *б* и *в*).

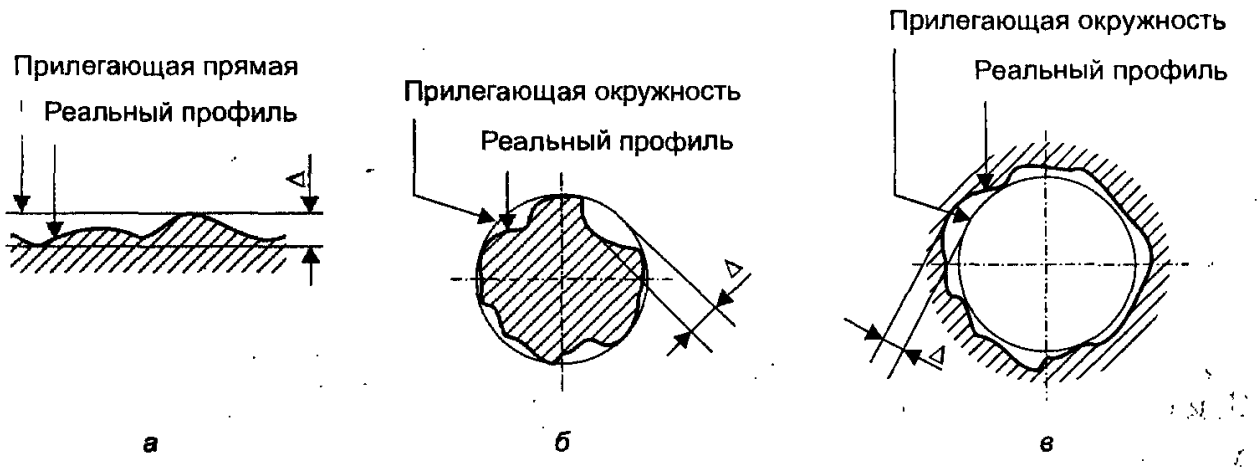


Рис. 2.15. Прилегающие прямая (*а*) и окружности (*б*, *в*)

Прилегающий цилиндр — это цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной поверхности (для наружной поверхности вращения), или максимального диаметра, вписанный в реальную поверхность (для внутренней поверхности вращения).

Прилегающий профиль продольного сечения цилиндрической поверхности — две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем (двумя реальными образующими, лежащими в продольном сечении) и расположенные вне материала детали так, чтобы наибольшее отклонение точек образующих профиля имело минимальное значение (рис. 2.16).

Общая ось — это прямая, относительно которой наибольшее отклонение осей нескольких рассматриваемых поверхностей вращения в пределах длины этих поверхностей, имеет минимальное значение (рис. 2.17, *а*). Для двух поверхностей общей осью является прямая, проходящая через оси рассматриваемых поверхностей в их средних сечениях (рис. 2.17, *б*).

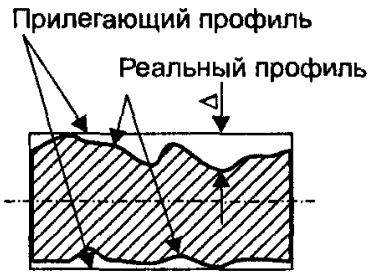


Рис. 2.16. Прилегающий профиль продольного сечения

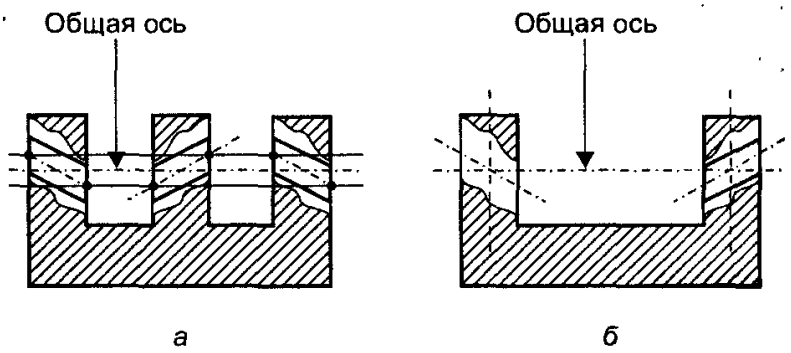


Рис. 2.17. Общая ось

Общая плоскость симметрии — это плоскость, относительно которой наибольшее отклонение плоскостей симметрии нескольких рассматриваемых элементов в пределах длины этих элементов имеет минимальное значение (рис. 2.18).

Выступающее поле допуска расположения — поле допуска или часть его, ограничивающие отклонение расположения элемента за пределами протяженности этого элемента (наружный участок выступает за пределы длины элемента) (рис. 2.19).

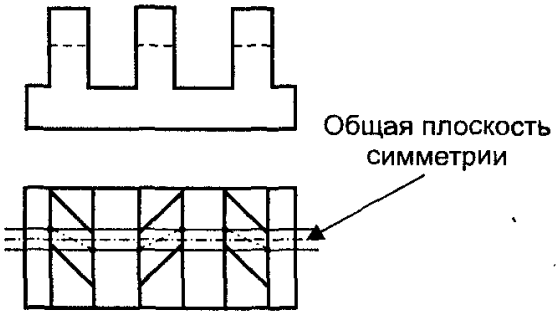


Рис. 2.18. Общая плоскость симметрии

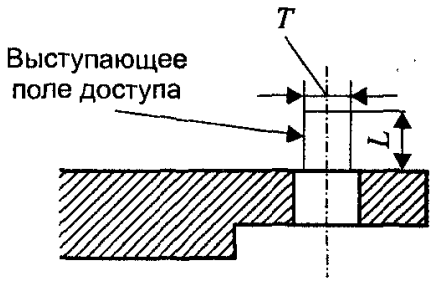


Рис. 2.19. Выступающее поле допуска

Приняты следующие буквенные обозначения:

Δ — отклонение формы или отклонение расположения поверхностей; T — допуск формы или допуск расположения; L — длина нормируемого участка.

Классификация отклонений и допусков формы и расположения приведена в табл. 2.7.

Таблица 2.7. Допуски формы и расположения и их условные знаки

Группа допусков	Вид допуска	Знак	Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуски формы	Прямолинейности	—	Суммарные допуски формы и расположения	Радиального биения	↗
	Плоскостности	▱		Торцового биения	
	Круглости	○		Биения в заданном направлении	
	Профиля продольного сечения	⌓		Полного радиального биения	⌰
	Цилиндричности	⌭		Полного торцового биения	
	Параллельности	∥		Формы заданного профиля	⌒
	Перпендикулярности	⊥			
Допуски расположения	Наклона	∠	Суммарные допуски формы и расположения	Формы заданного профиля	⌒
	Соосности	◎			
	Симметричности	⌯		Формы заданной поверхности	⌓
	Позиционный	⌖			
	Пересечения осей	×			

2.4.2. Отклонения и допуски формы

К отклонениям формы относятся отклонения прямолинейности, плоскостности, круглости, профиля продольного сечения и цилиндричности.

Отклонения формы плоских поверхностей. *Отклонение от плоскостности* определяют как наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 2.20, *а*). Частными видами отклонений от плоскостности являются *выпуклость* (рис. 2.20, *б*) и *вогнутость* (рис. 2.20, *в*). *Отклонение от прямолинейности* (рис. 2.15, *а*) определяют как большее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей прямой.

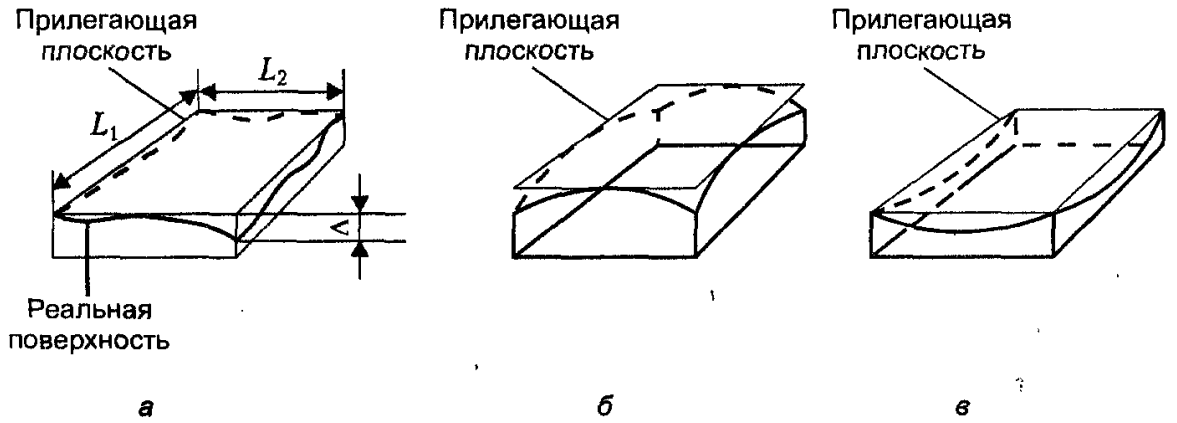


Рис. 2.20. Отклонение формы плоских поверхностей

Отклонения формы цилиндрических поверхностей. *Отклонение от круглости* — наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 2.15, *б* и *в*). Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка (рис. 2.21, *а* и *б*). Огранка может быть с четным и нечетным числом граней. Огранка с нечетным числом граней характеризуется равенством размера *d* (рис. 2.21, *б*).

Отклонение от цилиндричности — наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка *L* (рис. 2.21, *в*).

Отклонение профиля продольного сечения — наибольшее расстояние Δ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (рис. 2.16). Отклонение профиля продольного сечения характеризует отклонения от прямолинейности и параллельности образующих.

Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность (рис. 2.21, *г*), бочкообразность (рис. 2.21, *д*) и седлообразность (рис. 2.21, *е*).

Отклонение Δ от прямолинейности оси (или линии) в пространстве и поле допуска прямолинейности оси *T* показаны на рис. 2.21, *ж*.

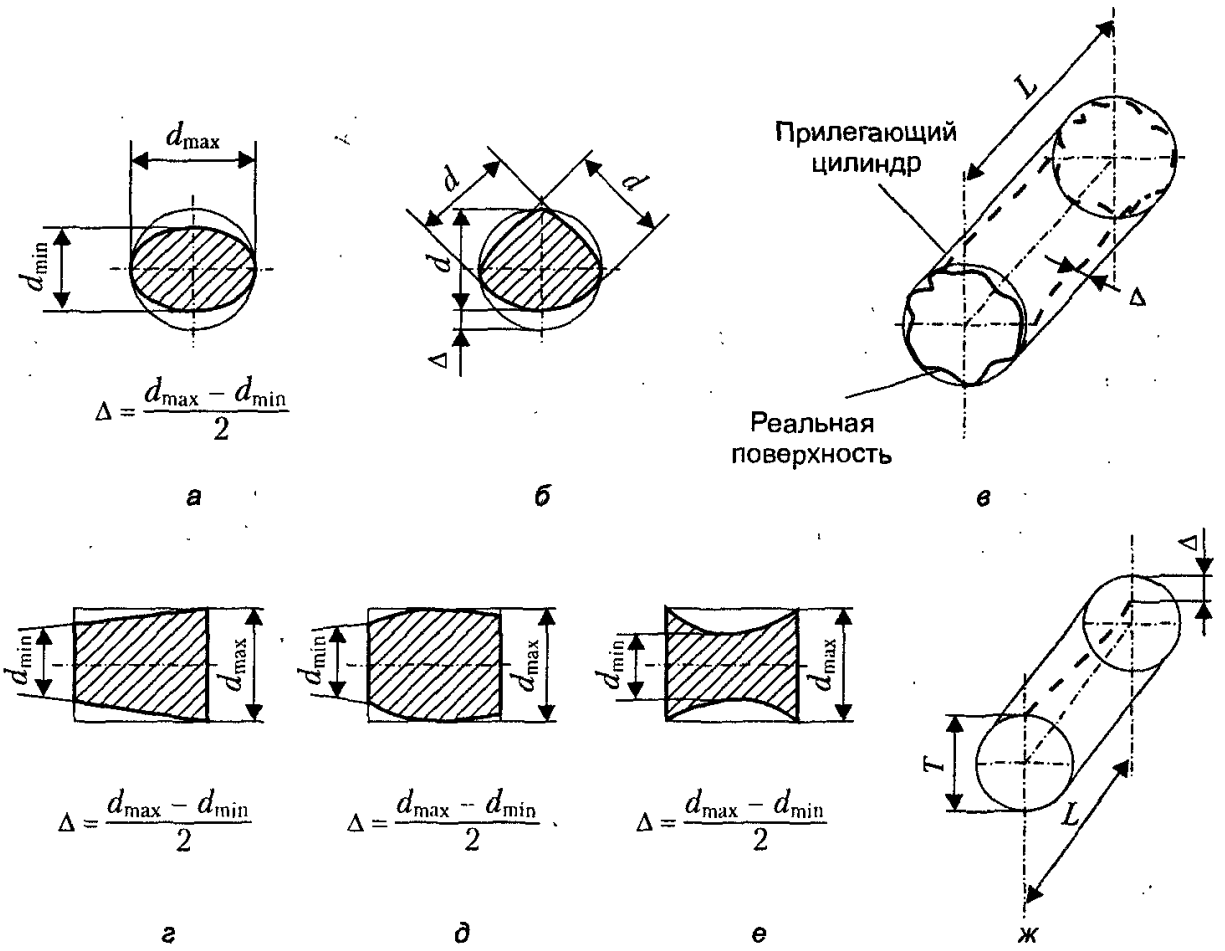


Рис. 2.21. Отклонение формы цилиндрических поверхностей

2.4.3. Отклонения и допуски расположения

Отклонением расположения поверхности или профиля называют отклонение реального расположения поверхности (профиля) от его номинального расположения. Количественно отклонения расположения оценивают в соответствии с определениями, приведенными ниже. *При оценке отклонений расположения отклонения формы рассматриваемых поверхностей (профилей) и базовых элементов (обобщенный термин, под которым понимают поверхность, линию или точку) должны быть исключены из рассмотрения.* При этом реальные поверхности (профили) заменяют прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей (профилей) принимают оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов.

Отклонение от параллельности плоскостей (рис. 2.22, *а*) — разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями в пределах нормируемого участка.

Отклонение от параллельности осей (прямых) в пространстве — геометрическая сумма отклонений от параллельности проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Одна из этих плоскостей является общей плоскостью осей, то есть плоскостью, проходящей через одну (базовую) ось и точку другой оси (рис. 2.22, *б*).

Отклонение от перпендикулярности плоскостей показано на рис. 2.22, *в*.

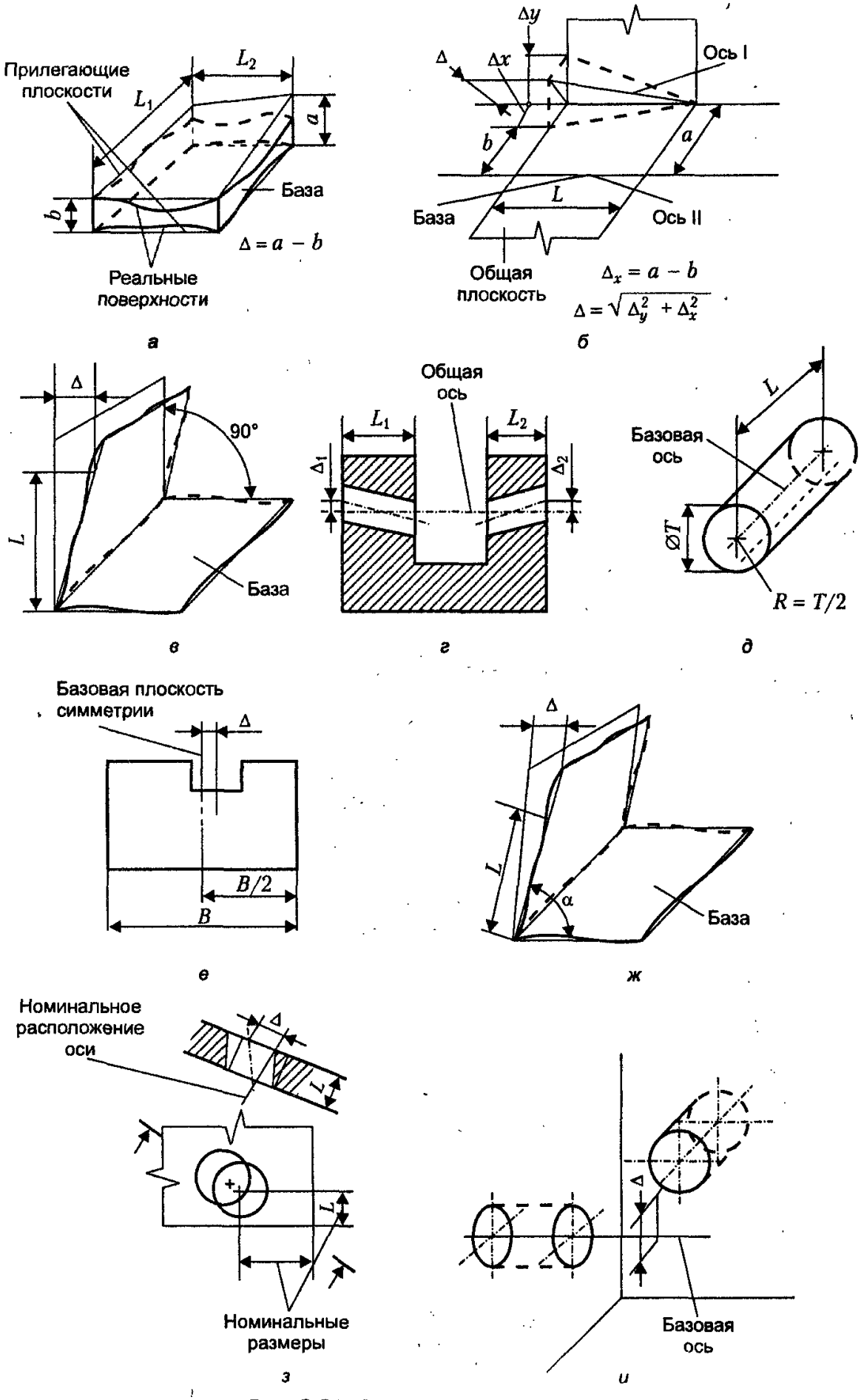


Рис. 2.22. Отклонения расположения

Отклонение от соосности относительно общей оси — это наибольшее расстояние (Δ_1, Δ_2 ...) между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка (рис. 2.22, *г*). Допуск соосности *в диаметральном выражении* равен удвоенному наибольшему допускаемому значению отклонения от соосности, а в *радиусном выражении* — наибольшему допускаемому значению этого отклонения. Поле допуска соосности — область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску соосности в диаметральном выражении T или удвоенному допуску соосности в радиусном выражении R, а ось совпадает с базовой осью (рис. 2.22, *д*). Двоякая количественная оценка соосности (в диаметральном и радиусном выражении) принята по рекомендации ИСО также для симметричности и пересечения осей. Ранее эти отклонения определяли только в радиусной мере.

Отклонение от симметричности относительно базовой плоскости — наибольшее расстояние Δ между плоскостью симметрии рассматриваемой поверхности и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка (рис. 2.22, *е*). Допуск симметричности проставляется в диаметральном выражении T или в радиусном выражении $T/2$.

Отклонение наклона — отклонение угла между прилегающей плоскостью (или осью поверхности вращения) и базовой от номинального угла α, выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка L (рис. 2.22, *ж*).

Позиционное отклонение — наибольшее отклонение Δ реального расположения элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) от его номинального расположения в пределах нормируемого участка (рис. 2.22, *з*).

Отклонение от пересечения осей, которые номинально должны пересекаться, определяют как наименьшее расстояние Δ между рассматриваемой и базовой осями (рис. 2.22, *и*). Допуск пересечения проставляется в диаметральном выражении T или в радиусном выражении $T/2$.

2.4.4. Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей

Суммарным отклонением формы и расположения называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемого элемента (поверхности или профиля) относительно заданных баз. Количественно суммарные отклонения оцениваются по точкам реальной нормируемой поверхности относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

Радиальное биение поверхности вращения относительно базовой оси является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси. Оно равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении, перпендикулярном этой оси (Δ на рис. 2.23, *а*).

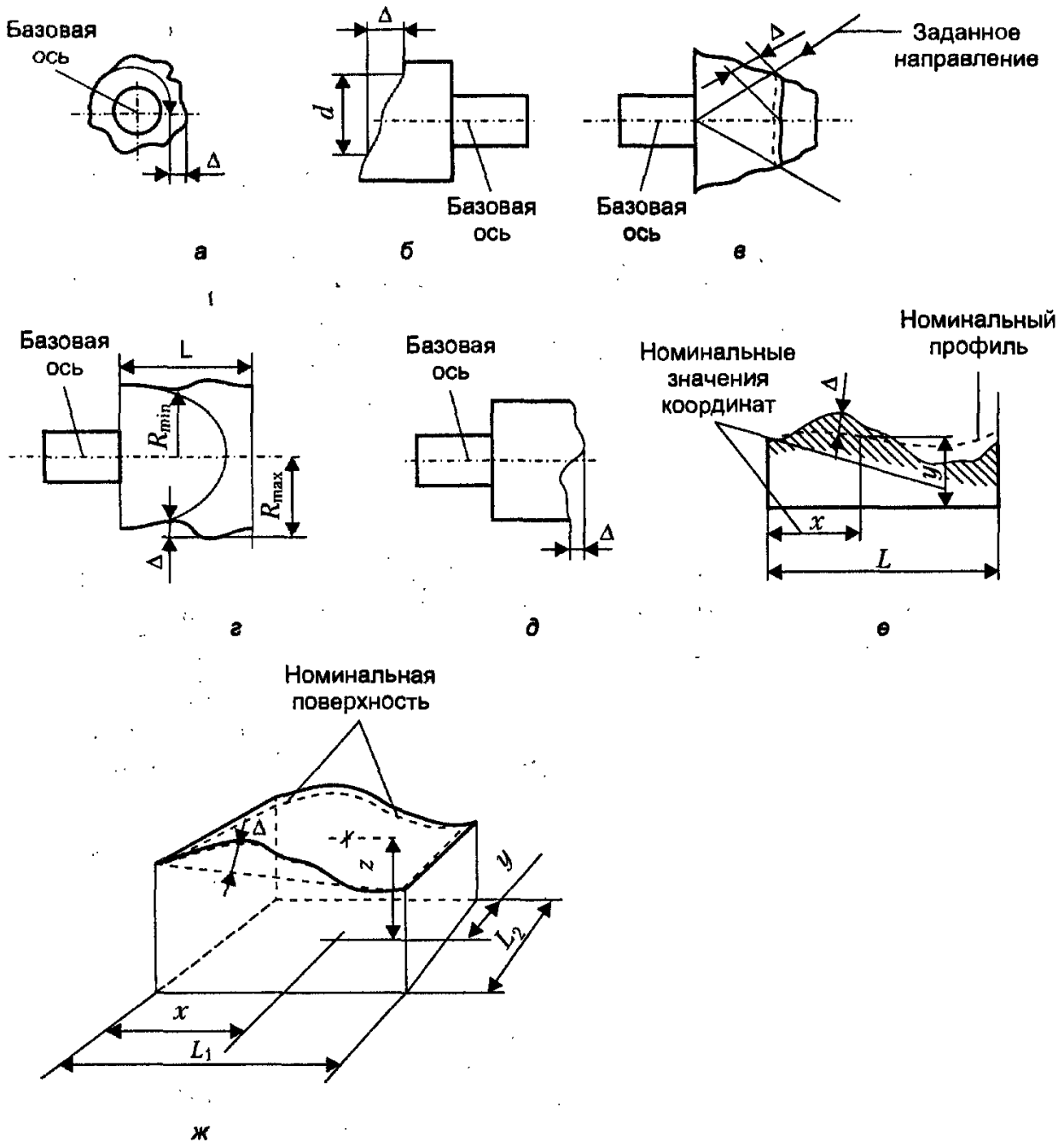


Рис. 2.23. Суммарные отклонения формы и расположения

Торцовое биение — разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Определяется на заданном диаметре d или любом (в том числе и наибольшем) диаметре торцовой поверхности (рис. 2.23, *б*).

Биение в заданном направлении — разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса (рис. 2.23, *в*).

Полное радиальное биение — разность Δ наибольшего R_{max} и наименьшего R_{min} расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка L до базовой оси (рис. 2.23, *г*).

Полное торцовое биение — разность Δ наибольшего и наименьшего расстояния от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 2.23, *д*).

Отклонение формы заданного профиля — наибольшее отклонение Δ точек реального профиля, определяемое по нормали к нормируемому профилю в пределах нормируемого участка L (рис. 2.23, *е*).

Отклонение формы заданной поверхности — наибольшее отклонение Δ точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемых участка L_1, L_2 (рис. 2.23, *ж*).

2.4.5. Зависимый и независимый допуски формы и расположения

Допуски расположения или формы, устанавливаемые для валов или отверстий, могут быть зависимыми и независимыми.

Зависимым называется допуск формы или расположения, минимальное значение которого указывается в чертежах или технических требованиях и которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия):

$$T_{зав} = T_{min} + T_{доп},$$

где T_{min} — минимальная часть допуска, связанная при расчете с допустимым зазором;

$T_{доп}$ — дополнительная часть допуска, зависящая от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Зависимые допуски расположения устанавливаются для деталей, которые сопрягаются с контрдеталями одновременно по двум и более поверхностям и для которых требования взаимозаменяемости сводятся к обеспечению собираемости, то есть возможности соединения деталей по всем сопрягаемым поверхностям. Зависимые допуски связаны с зазорами между сопрягаемыми поверхностями, и предельные отклонения их должны быть в соответствии с наименьшим предельным размером охватывающей поверхности (отверстий) и наибольшим предельным размером охватываемой поверхности (валов). Зависимые допуски обычно контролируют комплексными калибрами, являющимися прототипами сопрягаемых деталей. Эти калибры всегда проходные, что гарантирует беспригоночную сборку изделий.

Пример. На рис. 2.24 показана деталь с отверстиями разных размеров $\varnothing 20^{+0,1}$ и $\varnothing 30^{+0,2}$ с допуском на соосность $T_{min} = 0,1$ мм. Дополнительная часть допуска определится по выражению $T_{доп} = D1_{дейст} - D1_{min} + D2_{дейст} - D2_{min}$.

При наибольших значениях действительных размеров отверстий $T_{доп\ max} = 30,2 - 30 + 20,1 - 20 = 0,3$. При этом $T_{зав\ max} = 0,1 + 0,3 = 0,4$.

Независимым называют допуск расположения (формы), числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготовляемых по данному чертежу, и не зависит от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Например, когда необходимо выдержать соосность посадочных гнезд под подшипники качения, ограничить колебание межосевых расстояний в корпусах редукторов и т. п., следует контролировать собственно расположение осей поверхностей.

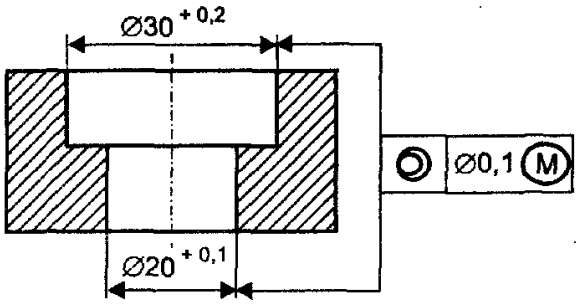


Рис. 2.24. Зависимый допуск соосности отверстий

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей. Согласно ГОСТ 24643–81 для каждого вида допуска формы и расположения поверхностей установлено 16 степеней точности. Числовые значения допусков от одной степени к другой изменяются с коэффициентом возрастания 1,6. В зависимости от соотношения между допуском размера и допусками формы или расположения устанавливают следующие уровни относительной геометрической точности: *A* — нормальная относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 60% допуска размера); *B* — повышенная относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 40% допуска размера); *C* — высокая относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 25% допуска размера).

Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням *A*, *B* и *C*, составляют примерно 30, 20 и 12% допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера — отклонение диаметра поверхности. Допуски формы и расположения можно ограничивать полем допуска размера. Эти допуски указывают только тогда, когда по функциональным или технологическим причинам они должны быть меньше допусков размера или неуказанных допусков по ГОСТ 25670–83.

2.4.6. Обозначение на чертежах допусков формы и расположения

Вид допуска формы и расположения согласно ГОСТ 2.308–79* следует обозначать на чертеже знаками (графическими символами), приведенными в табл. 2.7. Знак и числовое значение допуска вписывают в рамку, указывая на первом месте знак, на втором — числовое значение допуска в миллиметрах, на третьем (при необходимости) — буквенное значение базы (баз) или поверхности, с которой связан допуск расположения.

На рис. 2.25 приведены некоторые правила простановки допусков формы и расположения на чертежах: *а* — допуск и база *А* относятся к поверхности, а не к оси (стрелку располагают на некотором расстоянии от конца размерной линии); *б* —

допуск и база *Б* относятся к боковой поверхности резьбы; *в* — допуск и база *В* относятся к оси или плоскости симметрии (конец соединительной линии должен совпадать с продолжением размерной линии этого элемента); *г* — допуск и база *Г* относятся к оси резьбы; *д* — допуск и база *Д* относятся к общей оси; *е* — допуск относится ко всей поверхности (длине элемента) и на нормируемом участке, который может занимать любое положение на поверхности; *ж* — выступающее поле допуска (контур выступающей части нормируемого элемента указывают сплошной тонкой линией).

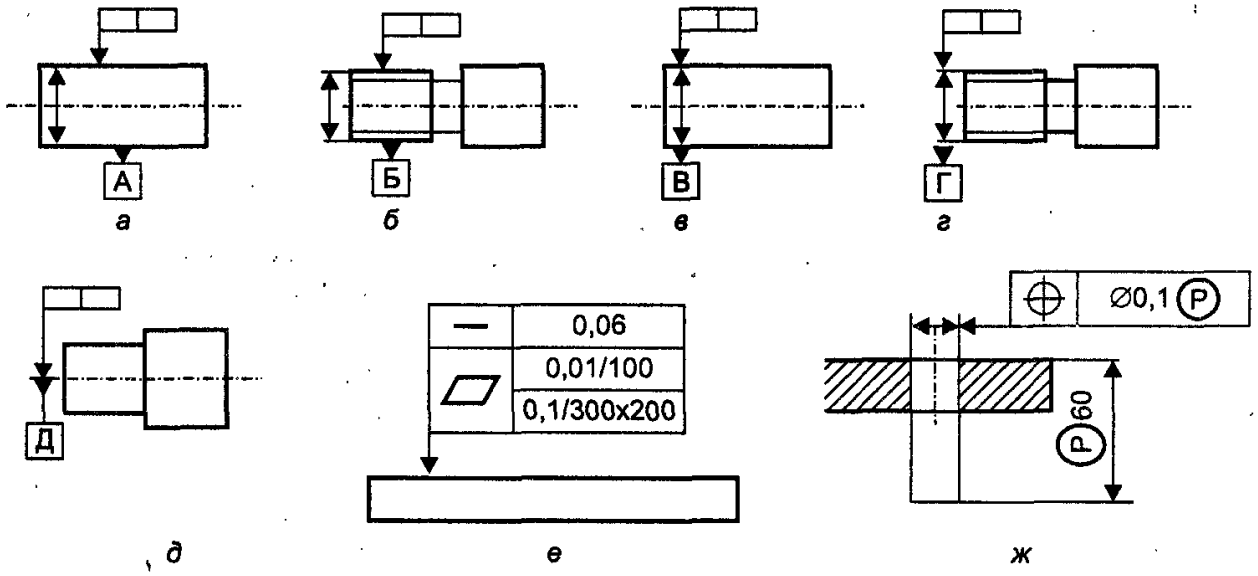


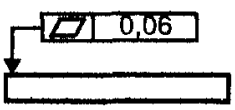
Рис. 2.25. Правила простановки допусков формы и расположения

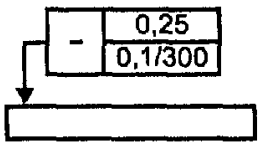
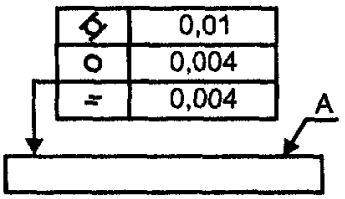
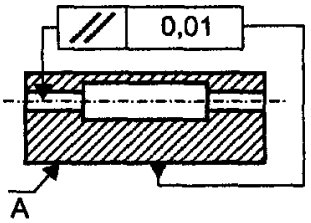
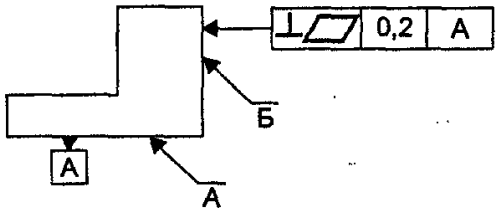
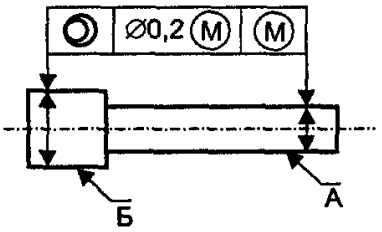
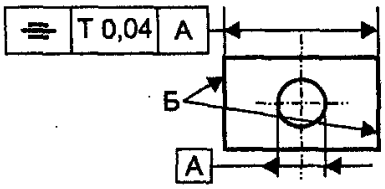
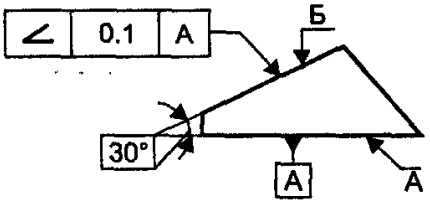
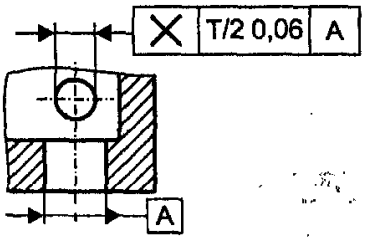
Кроме нанесения отклонений формы и расположения на чертеже иногда применяют текстовые записи в случаях, когда условные обозначения слишком затемняют чертеж или не раскрывают полностью технических требований к изготовлению детали. В текстовой части дается краткое наименование заданного отклонения и буквенное обозначение или наименование параметра (например, поверхности), для которого задаются отклонение и его числовая величина. Если допускаемое отклонение относится к расположению поверхностей, то показываются еще и базы, относительно которых задано отклонение. Примеры обозначений допусков формы и расположения приведены в табл. 2.8.

2.4.7. Неуказанные допуски формы и расположения

Непосредственно в чертеже указывают, как правило, наиболее ответственные допуски формы и расположения поверхностей.

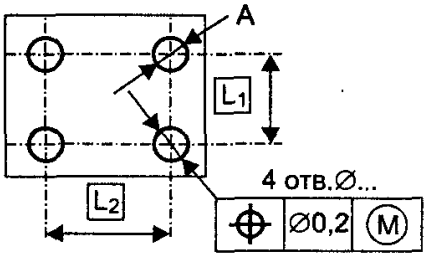
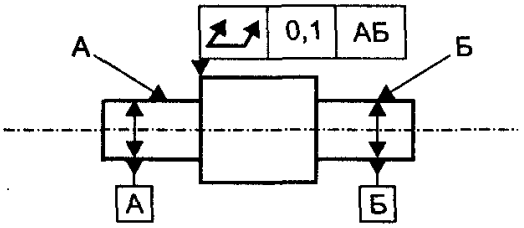
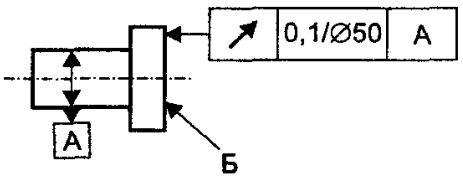
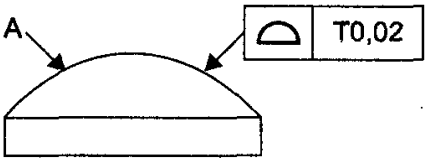
Таблица 2.8. Примеры обозначения допусков формы и расположения на чертежах

Вид допуска	Условное обозначение	Указание в чертеже текстовой записью
Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности не более 0,06 мм

Вид допуска	Условное обозначение	Указание в чертеже текстовой записью
Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности поверхности не более 0,25 мм на всей длине и не более 0,1 мм на длине 300 мм
Допуск цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения		Допуск цилиндричности поверхности А не более 0,1 мм, круглости не более 0,004 мм, профиля продольного сечения не более 0,004 мм
Допуск параллельности		Допуск параллельности общей оси отверстий относительно поверхности А не более 0,01 мм
Допуск перпендикулярности и плоскостности		Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности поверхности Б относительно поверхности А 0,2 мм
Допуск соосности		Допуск соосности поверхностей А и Б Ø 0,2 мм (допуск зависимый в диаметральном выражении)
Допуск симметричности (в диаметральном выражении)		Допуск симметричности поверхностей Б относительно оси отверстия Т 0,04 мм
Допуск наклона		Допуск наклона поверхности Б относительно поверхности А 0,1 мм
Допуск пересечения осей (в радиусном выражении)		Допуск пересечения осей отверстий Т/2 0,06 мм

Продолжение

Таблица 2.8. Продолжение

Вид допуска	Условное обозначение	Указание в чертеже текстовой записью
Позиционный допуск (в диаметральном выражении)		Позиционный допуск осей отверстий А Ø 0,2 мм (допуск зависимый)
Допуск полного радиального биения		Допуск полного радиального биения поверхности В относительно общей оси поверхностей А и Б 0,1 мм
Допуск торцового биения		Допуск торцового биения поверхности Б относительно оси поверхности А 0,1 мм на диаметре 50 мм
Допуск формы заданной поверхности		Допуск формы заданной поверхности А Т 0,02

По ГОСТ 25069–81 все показатели точности формы и расположения, установленные в ГОСТ 24642–81*, могут быть подразделены на три группы (табл. 2.9).

Таблица 2.9. Классификация неуказанных допусков формы (по ГОСТ 25069–81)

Характеристика точности формы и расположения по ГОСТ 24642–81*	Способ нормирования неуказанных допусков
Плоскостность Прямолинейность Цилиндричность Круглость Профиль продольного сечения Параллельность	Допускаются любые отклонения в пределах поля допуска размера рассматриваемой поверхности или размера между рассматриваемой поверхностью и базой. Правило действует независимо от ссылок на стандарт
Перпендикулярность Соосность Симметричность Пересечение осей Радиальное биение Торцовое биение	Установлены числовые значения неуказанных допусков, выбор которых производится по определяющему допуску размера. Неуказанные допуски должны соблюдаться при наличии ссылок на стандарт

Характеристика точности формы и расположения по ГОСТ 24642–81*	Способ нормирования неуказанных допусков
Наклон Позиционный допуск Полное радиальное биение Полное торцовое биение Форма заданного профиля Форма заданной поверхности	Неуказанные допуски не установлены. Данные характеристики косвенно ограничиваются другими видами указанных или неуказанных допусков размеров, формы и расположения. При необходимости прямого нормирования их допуски всегда указываются в чертежах

К первой группе относятся те показатели, отклонения которых допускаются в пределах поля допуска размера рассматриваемого элемента или размера между рассматриваемыми элементами. Это правило основывается на стандартном определении поля допуска размера и поэтому не должно специально оговариваться в чертежах. Его соблюдение не требует обязательного измерения данного отклонения формы или расположения. Необходимо лишь, чтобы контроль соблюдения поля допуска размера производился с учетом возможных отклонений формы и расположения.

Для определения допусков формы и расположения, относящихся ко второй группе, в ГОСТ 25069–81 приведены правила их определения и таблицы допусков.

Для их нахождения по приведенным таблицам необходимо определить базы, номинальный размер и определяющий допуск размера.

Правила определения баз

1. Если деталь имеет более двух элементов, для которых установлены одноименные неуказанные допуски расположения или биения, то эти допуски следует относить к одной и той же базе.
2. Если деталь имеет элементы, для которых установлены одноименные указанные и неуказанные допуски расположения или биения, то неуказанные допуски следует относить к той же базе, что и указанные.
3. При определении неуказанного допуска *перпендикулярности* за базу принимается поверхность (или ее ось), имеющая больший размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях, а при одинаковых размерах — поверхность, имеющая меньшую шероховатость.
4. При определении неуказанного допуска *соосности, пересечения осей, радиального или торцового биения* за базу принимается ось поверхности, имеющей большую длину, при одинаковых длинах — ось поверхности с допуском диаметра по более точному квалитету, а при одинаковых длинах и квалитетах — ось поверхности с большим диаметром.
5. При определении неуказанного допуска *симметричности* за базу принимается плоскость (ось) симметрии элемента, имеющего большую длину в плоскости, параллельной плоскости симметрии, при одинаковых длинах — элемента с допуском размера по более точному квалитету в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии, а при одинаковых длинах и квалитетах — элемента с большим размером в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии.

Правила определения номинального размера

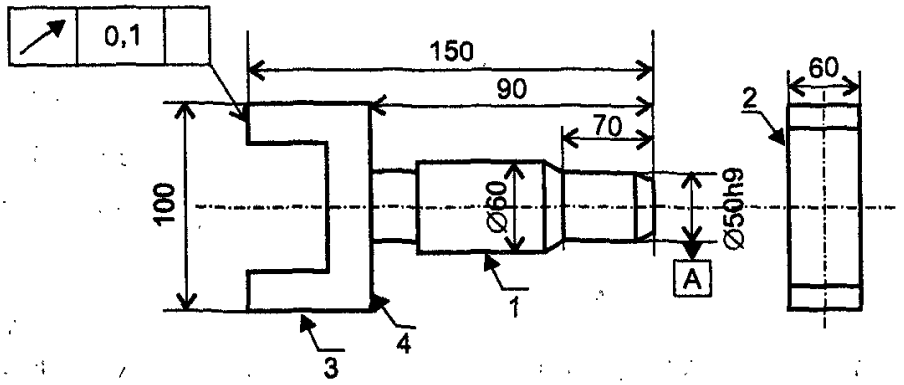
Под номинальным размером понимается: при определении неуказанных допусков *перпендикулярности* — номинальная длина рассматриваемого элемента; *соосности, пересечения осей, радиального биения* и *симметричности* — больший из номинальных размеров рассматриваемого или базового элемента; *торцового биения* — номинальный диаметр рассматриваемой торцовой поверхности.

Правила определения определяющего допуска размера

Под определяющим допуском размера понимается:

1. При определении неуказанного допуска *перпендикулярности* или *торцового биения* — допуск размера, координирующего расположение рассматриваемого элемента в направлении, параллельном базовому элементу. Если имеется несколько таких размеров различной точности, то выбор неуказанного допуска перпендикулярности или торцового биения производится по более точному квалитету.
2. При определении неуказанного *допуска соосности, симметричности, пересечения осей* или *радиального биения* — допуск диаметра рассматриваемого или базового элемента по более грубому квалитету.

Примеры. Определить неуказанные допуски соосности поверхности 1, перпендикулярности поверхностей 2 и 3 и биения поверхности 4 по чертежу, приведенному на рис. 2.26.



Неуказанные предельные отклонения — $H14$; $h14$; $\pm f_2/2$

Рис. 2.26. Эскиз детали для определения неуказанных допусков расположения

1. Соосность поверхности 1 относительно базовой. За базу принимаем ось поверхности *А* (согласно п. 1.2). Номинальный размер — ∅60 как больший из номинальных размеров рассматриваемого и базового элемента. Определяющий допуск размера — *IT*14 как допуск диаметра рассматриваемого или базового элемента по более грубому квалитету. Неуказанный допуск соосности согласно ГОСТ 25069–81 — 0,40 мм.
2. Перпендикулярность поверхностей 2 и 3. За базу принимаем поверхность 2 как поверхность, имеющую больший размер. Номинальный размер — 60 как номинальная длина рассматриваемого элемента. Определяющий допуск —

*IT*14 как допуск размера 100, координирующего расположение рассматриваемого элемента в направлении, параллельном базовому элементу. Неуказанный допуск перпендикулярности согласно ГОСТ 25069–81–0,25 мм.

3. Торцовое биение поверхности 4 относительно базовой. За базу принимаем ось поверхности *А* (согласно п. 1.2). Номинальный размер — 100 как номинальный размер рассматриваемой торцовой поверхности. Определяющий допуск размера — *IT*14 как допуск размера 90, координирующего расположение рассматриваемого элемента в направлении, параллельном базовому элементу. Неуказанный допуск торцового биения согласно ГОСТ 25069–81 — 0,12 мм.

К третьей группе (табл. 2.9) относятся показатели, которые нормируются лишь при необходимости и только с помощью указанных в чертеже допусков. При неуказанных допусках эти показатели косвенно ограничиваются допусками других параметров. Например, при неуказанных позиционных допусках точность расположения осей определяется предельными отклонениями межосевых расстояний.

2.5. Волнистость поверхности

Под *волнистостью* поверхности понимают совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояния между смежными возвышенностями или впадинами превышают базовую длину *l*. Волнистость занимает промежуточное положение между отклонениями формы и шероховатостью поверхности. Условно границу между различными порядками отклонений поверхности можно установить по значению отношения шага S_w к высоте неровностей W_z. При $(S_w/W_z) < 40$ отклонения относят к шероховатости поверхности, при $1000 \geq (S_w/W_z) \geq 40$ — к волнистости, при $(S_w/W_z) > 1000$ — к отклонениям формы.

Параметры волнистости установлены рекомендацией СЭВ (РС 3951–73).

Высота волнистости (рис. 2.27, *а*) $W_z = \dfrac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5}{5}$.

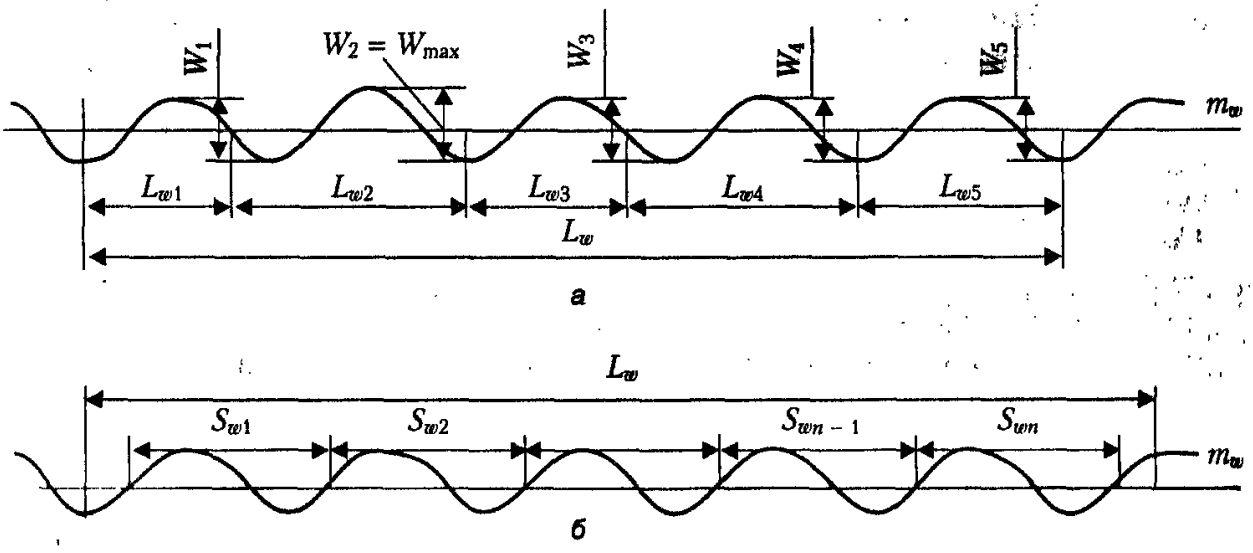


Рис. 2.27. Схема для определения высоты (*а*) и шага (*б*) волнистости

Наибольшая высота волнистости W_{max} — расстояние между наивысшей и наинизшей точками измеренного профиля в пределах длины L_w, измеренное на одной полной волне.

Средний шаг волнистости (рис. 2.27, *б*) $S_w = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_{w\,i}$.

2.6. Система допусков и посадок для подшипников качения

Подшипники качения обладают полной внешней взаимозаменяемостью по присоединительным размерам и неполной внутренней между телами качения и кольцами. Комплекты шариков, роликов и кольца подшипников подбирают селективным методом.

Термины и определения, установленные ГОСТ 25256–82 в области допусков на подшипники качения, их детали и отдельные элементы, обязательны для применения в документации, всех видов научно-технической, учебной и справочной литературы.

Основные присоединительные размеры подшипников качения, по которым они монтируются на валах (осях) и в корпусах (корпусных деталях) машин и приборов, установлены ГОСТ 520–89*:

- d — диаметр отверстия внутреннего кольца радиальных и радиально-упорных подшипников или тугого кольца одинарных упорных подшипников;
- $d_m = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$ — средний диаметр отверстия внутреннего кольца, причем d_{min} и d_{max} — наибольшее и наименьшее значения диаметра d, определенные двухточечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной оси);
- d_1 — диаметр отверстия тугого кольца двойных упорных подшипников;
- D — наружный диаметр наружного кольца радиальных и радиально-упорных подшипников или свободного кольца упорных подшипников;
- $D_m = \frac{D_{min} + D_{max}}{2}$ — средний наружный диаметр наружного кольца, причем D_{min} и D_{max} — наибольшее и наименьшее значения диаметра D, определенные двухточечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной оси).

Допуски подшипников качения. Качество подшипников при прочих равных условиях определяется: 1) точностью присоединительных размеров и ширины колец, а для роликовых радиально-упорных подшипников еще и точностью монтажной высоты; точностью формы и взаимного расположения поверхностей колец подшипников и их шероховатости; точностью формы и размеров тел качения в одном подшипнике и шероховатостью их поверхностей; 2) точностью вращения, характеризуемой радиальным и осевым биениями дорожек качения и торцов колец.

По ГОСТ 520–89* установлены девять классов точности, обозначаемых в порядке ее возрастания 8; 7; 0; 6X, 6; 5; 4; 2; Т. Классы точности 8 и 7 изготавливаются по заказу потребителя.

Поле допуска диаметра отверстия и наружного диаметра подшипника расположено вниз от нулевой линии. В большинстве узлов машин применяют подшипники качения класса точности 0. При повышенных требованиях к точности вращения следует выбирать подшипники более высокого класса точности.

В зависимости от требований по уровню вибрации, волнистости и отклонений по круглости поверхности качения устанавливаются три категории *A*, *B*, *C*.

Категория A включает классы точности 5, 4, 2, Т и дополнительно регламентирует: момент трения, угол контакта, осевое и радиальное биение.

Категория B включает классы точности 0, 6X, 6, 5 с дополнительными требованиями по моменту трения; углу контакта; осевому и радиальному биению, соответствующему следующему более точному классу точности.

Категория C включает классы точности 8, 7, 0, 6, к которым не предъявляются требования по уровню вибрации, моменту трения и др.

Выбор посадок подшипников качения. Посадку подшипника качения на вал и в корпус выбирают в зависимости от типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, значения и характера действующих на него нагрузок и вида нагружения колец. Согласно ГОСТ 3325–85* различают три основных вида нагружения колец: местное, циркуляционное и колебательное.

При *местном нагружении* кольцо воспринимает постоянную по направлению результирующую радиальную нагрузку F_r (например, натяжение приводного ремня, сила тяжести конструкции) лишь ограниченным участком окружности дорожки качения и передает ее соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности вала или корпуса. Такое нагружение возникает, например, когда кольцо не вращается относительно нагрузки (рис. 2.28, *а*).

При *циркуляционном нагружении* кольцо воспринимает результирующую радиальную нагрузку F_r последовательно всей окружностью дорожки качения и передает ее всей посадочной поверхности вала или корпуса. Такое нагружение кольца получается при его вращении и постоянно направленной нагрузке F_r или, наоборот, при радиальной нагрузке F_c, вращающейся относительно рассматриваемого кольца (рис. 2.28, *б*).

При *колебательном нагружении* невращающееся кольцо воспринимает равнодействующую F_{r+c} двух радиальных нагрузок (F_r — постоянна по направлению, F_c вращается, причем $F_r > F_c$) ограниченным участком окружности дорожки качения и передает ее соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности вала или корпуса. Равнодействующая нагрузка F_{r+c} не совершает полного оборота, а колеблется между точками *A* и *B* (рис. 2.28, *в*). Посадки следует выбирать так, чтобы вращающееся кольцо подшипника было смонтировано с натягом, исключающим возможность обкатки и проскальзывания этого кольца по посадочной поверхности вала или отверстия в корпусе в процессе работы под нагрузкой; другое кольцо должно быть установлено с зазором. Следовательно, при вращающемся вале соединение внутреннего кольца с валом должно быть неподвижным, а наружное кольцо установлено в корпусе с небольшим зазором;

при неподвижном вале соединение внутреннего кольца с валом должно иметь посадку с небольшим зазором, а наружного кольца с корпусом должно быть неподвижным. Рекомендуемые посадки для подшипников качения и примеры их применения приведены в ГОСТ 3325–85*.

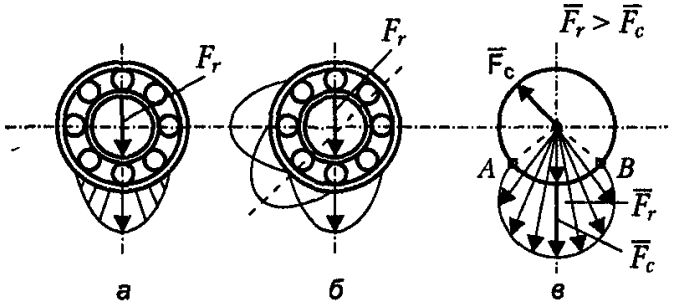


Рис. 2.28. Схемы нагружения колец подшипника

Варианты видов нагружения колец шарико- и роликоподшипников приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10. Варианты нагружения колец шарико- и роликоподшипников по ГОСТ 3325–85*

Радиальная нагрузка, воспринимаемая подшипником	Вращающееся кольцо	Вид нагруження колец	
		внутреннего	наружного
Постоянная по направлению	Внутреннее	Циркуляционное	Местное
	Наружное	Местное	Циркуляционное
Постоянная по направлению и вращающаяся — меньшая по величине	Внутреннее	Циркуляционное	Колебательное
	Наружное	Колебательное	Циркуляционное
Постоянная по направлению и вращающаяся — большая по величине	Внутреннее	Местное	Циркуляционное
	Наружное	Циркуляционное	Местное
Постоянная по направлению	Внутреннее и наружное кольца в одном или противоположных направлениях	Циркуляционное	Циркуляционное
Вращающаяся с внутренним кольцом		Местное	Циркуляционное
Вращающаяся с наружным кольцом		Циркуляционное	Местное

Циркуляционно нагруженные кольца должны иметь неподвижную посадку, которая назначается в зависимости от величины и интенсивности нагрузки P_r на посадочной поверхности кольца:

$$P_r = \frac{F_r}{b} k_1 k_2 k_3,$$

где F_r — радиальная нагрузка на подшипник, *кН*;

b — рабочая ширина посадочного места, *м*;

k_1 — динамический коэффициент посадки (при нагрузке с умеренными толчками и вибрациями $k_1 = 1{,}0$; при сильных ударах и вибрациях $k_1 = 1{,}8$);

k_2 — коэффициент, учитывающий снижение посадочного натяга (при полом вале или тонкостенном корпусе $k_2 > 1$, при сплошном вале и толстостенном корпусе $k_2 = 1$);

k_3 — коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки (F_r) между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой силы F_a на опору. Значения k_3, зависящие от $\frac{F_a}{F_r}\operatorname{ctg}\beta$, где β — угол контакта тел качения с дорожкой качения наружного кольца. Для радиальных и радиально-упорных подшипников при расположении тел качения в один ряд $k_3 = 1$. По подсчитанной интенсивности нагрузки P_r выбирается посадка.

Колебательно нагруженные кольца подшипников устанавливаются в корпус с основными отклонениями K и J_s, а на вал — с отклонениями k, j_s, h. Точность выполнения посадочных поверхностей в корпусе и на валу определяется классом точности подшипника. Для классов точности 0 и 6 рекомендуется для валов назначить квалитет *IT*6, а для отверстий — *IT*7, для классов точности 2, 4 и 5 — соответственно *IT*5 и *IT*6.

Пример. Для подшипника качения № 6–304 ($d = 20$ мм; $D = 52$ мм; $B = 15$ мм; $r = 2$ мм) 6-го класса точности, нагруженного $F_r = 6000$ *Н*, $\frac{d_B}{d} = 0{,}7$, выбрать посадки на вал и в корпус. Вращающаяся деталь — вал, вид нагрузки — с умеренными толчками.

Решение

1. При вращающемся вале и постоянно действующей силе F_r внутреннее кольцо нагружено циркуляционной, а наружное — местной нагрузками.
2. Интенсивность нагрузки

$$P_r = \frac{F_r}{b} k_1 k_2 k_3 = \frac{6}{11 \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 1 = 873 \text{ кН/м},$$

где $k_1 = 1$; $k_2 = 1{,}6$; $k_3 = 1$ [10]; $b = B - 2r = 15 - 4 = 11$ мм.

3. При $P_r = 873$ кН/м по [10] для вала выбираем поле допуска *k*6, для отверстия в корпусе поле допуска *H*7.
4. Схемы полей допусков приведены на рис. 2.29.

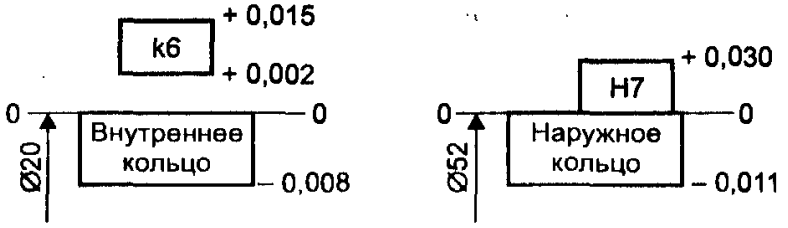


Рис. 2.29. Схема полей допусков

5. По ГОСТ 3325–85* принимаем допуски круглости, профиля продольного сечения, торцевого биения и шероховатость вала и отверстия.
6. Для длины участка вала под подшипник назначаем неуказанные предельные отклонения по «среднему» классу точности (ГОСТ 25670–83).

Эскизы подшипникового узла, вала и отверстия приведены на рис. 2.30.

Условные обозначения подшипников. Система условных обозначений шарико- и роликоподшипников установлена ГОСТ 3189–89. Условное обозначение подшипника дает полное представление о его габаритных размерах, конструкции, точности изготовления, термообработке, величине зазора и т. п.

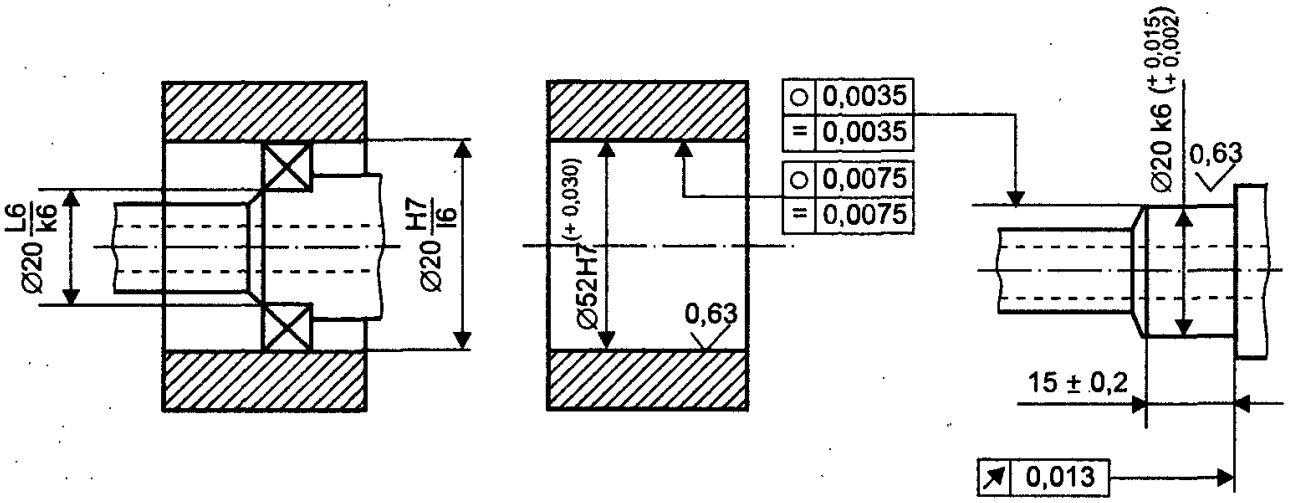


Рис. 2.30. Эскизы подшипникового узла, вала и отверстия

Основное условное обозначение включает в себя семь цифр (рис. 2.31).

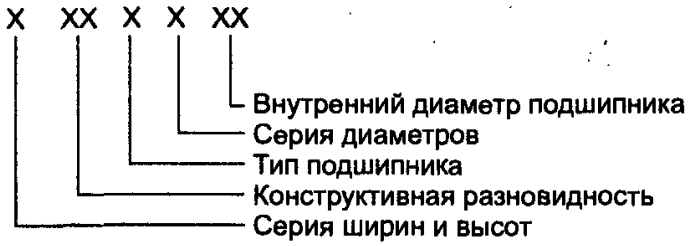


Рис. 2.31. Схема условного обозначения подшипника

Пример условного обозначения подшипника роликового двухрядного с короткими цилиндрическими роликами типа 182000 (с коническим отверстием внутреннего кольца с бортами на внутреннем кольце), серии диаметров 1, серии ширин 3 с d = 100 мм, D = 150 мм, B = 37 мм:

Подшипник 3182120 ГОСТ 7634–75*.

Пример условного обозначения подшипника с учетом его точности. Подшипник обозначен *А* 125–205, где *А* — категория; 1 — ряд момента трения; 2 — группа радиального зазора; 5 — класс точности.

В обозначении *А* 25 205 нет требований по моменту трения. В обозначении *А* 5 205 нет требований по моменту трения и по радиальному зазору.

2.7. Допуски на угловые размеры. Взаимозаменяемость конических соединений

Все нормальные углы, применяемые при конструировании, можно разделить на три группы: 1) нормальные углы общего назначения (наиболее распространенные); 2) нормальные углы специального назначения (в стандартизованных специальных деталях); 3) специальные углы (углы, размеры которых связаны расчетными зависимостями с другими принятыми размерами и которые нельзя округлить до нормальных углов; углы, определяемые специфическими эксплуатационными или технологическими требованиями). Размеры углов 1-й группы приведены в ГОСТ 8908–81 и ГОСТ 8593–81. Размеры углов 2-й группы — в [10].

2.7.1. Допуски угловых размеров

Допуски угловых размеров назначают по ГОСТ 8908–81. Допуски углов AT (от англ. *angle tolerance* — допуск угла) должны назначаться в зависимости от номинальной длины L_1 меньшей стороны угла. Допуск угла может выражаться: 1) в угловых единицах радианной и градусной мер $AT\alpha$ (точное значение) и $AT^{\circ}\alpha$ (округленное значение допуска в градусной мере (рис. 2.32, *а* и *б*); 2) длиной противолежащего отрезка на перпендикуляре к стороне угла на расстоянии L_1 от вершины (этот отрезок приближенно равен дуге с радиусом L_1) AT_h (рис. 2.32); 3) допуском на разность диаметров в двух сечениях конуса на расстоянии L между ними AT_D (рис. 2,32, *б*).

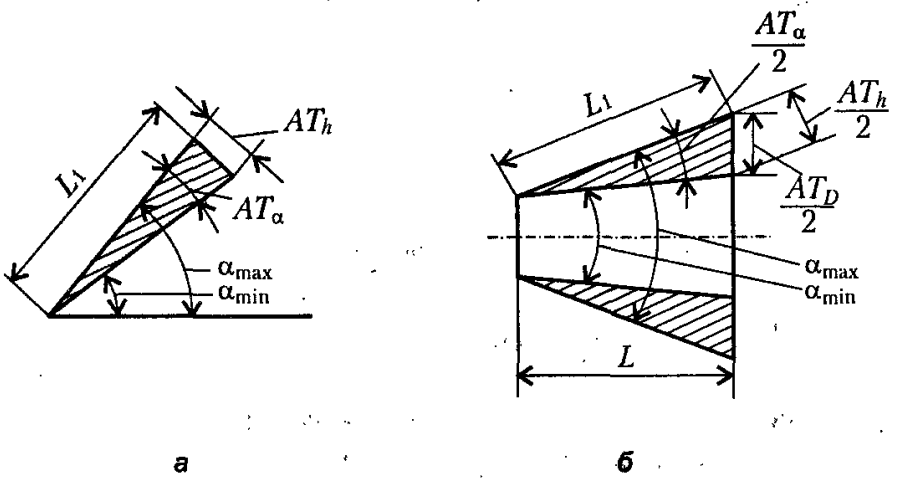


Рис. 2.32. Схемы полей допусков угловых размеров и конусов

Допуски углов конусов с конусностью не более 1: 3 должны назначаться в зависимости от номинальной длины конуса L (разность между длиной конуса и образующей в этом случае не более 2%). При большей конусности допуски назначаются в зависимости длины образующей конуса L_1. Связь между допусками в угловых и линейных единицах выражается следующей формулой:

$$AT_h = AT_\alpha \cdot L_1 \cdot 10^{-3},$$

где AT_h выражается в мкм; $AT\alpha$ – в мкрад; L_1 – в мм.

Для малых углов ($C \le 1/3$) $AT_D \approx AT_h$.

Для конусов с конусностью более 1:3 значения AT_D определяют по формуле

$$AT_D = AT_h \cos \alpha/2,$$

где α — номинальный угол конуса.

Для допусков углов установлено 17 степеней точности. Степени выше 1-й — 01 и 0 — перспективные (для измерительных устройств высшей точности); 1–5 — для калибров; 5–7 — для сопряжений.

2.7.2. Система допусков и посадок для конических соединений

Коническое соединение по сравнению с цилиндрическим имеет преимущества: можно регулировать величину зазора или натяга относительным смещением деталей вдоль оси; при неподвижном соединении с натягом возможна частая разборка и сборка сборочных единиц (узлов); конические соединения обеспечивают хорошее центрирование деталей и герметичность.

Основные параметры конусов приведены на рис. 2.33.

Угол $\alpha/2$ между образующей конуса и осью называется *углом наклона*, а угол α — *углом конуса*. Отношение разности $D - d$ к длине конуса L равно $\operatorname{tg} \alpha/2$ и называется *конусностью* C.

$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

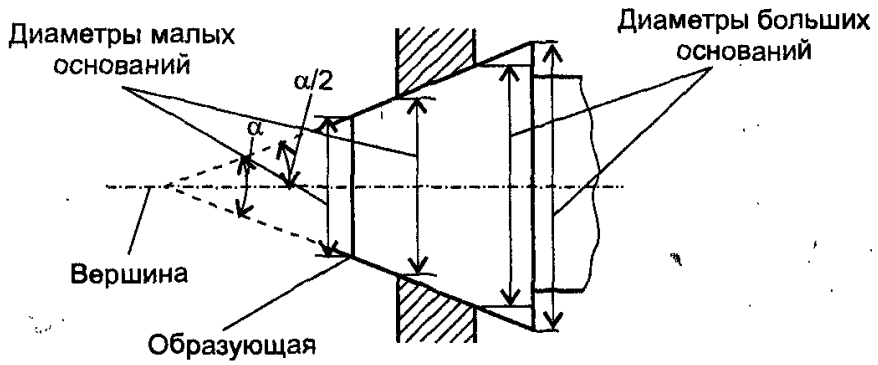


Рис. 2.33. Параметры конуса

Уклон $i = C/2 = \operatorname{tg} \alpha/2$. *Основная плоскость* — плоскость поперечного сечения конуса, в которой задают номинальный диаметр конуса (D или d). *Базовая плоскость* — плоскость, служащая для определения положения основной плоскости (или данного конуса относительно сопрягаемого с ним конуса).

Базорасстояние конуса Z_e, Z_i — осевое расстояние между основной и базовой плоскостями соответственно для наружного и внутреннего конусов.

Для конусов устанавливают допуски: диаметра конуса в любом сечении T_D, в заданном сечении T_{DS}; угла конуса AT, формы конуса (допуск круглости T_{FR} и допуск прямолинейности образующей T_{FL}).

Допуски конусов деталей нормируют двумя способами:

1. Совместным нормированием всех видов допусков допуском диаметра T_D, одинаковым в любом поперечном сечении конуса; этот допуск ограничивает

не только отклонение диаметра, но и отклонения угла и формы конуса, если эти отклонения не ограничены меньшими допусками.

2. Раздельным нормированием каждого вида допусков: T_{DS} — допуск в заданном сечении конуса — по ГОСТ 25307–82, AT (в угловых $AT\alpha$ или линейных AT_D единицах) — по ГОСТ 8908–81, T_{FR} и T_{FL} — по ГОСТ 24643–81.

По способу фиксации осевого расположения сопрягаемых конусов посадки подразделяют:

1. Путем совмещения конструктивных элементов конусов (базовых плоскостей) (рис. 2.34, *а*); при этом способе фиксации возможно получение посадок с зазором, переходных и с натягом.
2. По заданному осевому расстоянию Z_{pf} между базовыми плоскостями (рис. 2.34, *б*); при этом способе фиксации возможно получение посадок с зазором, переходных и с натягом.
3. По заданному осевому смещению $E\alpha$ конусов от их начального положения (рис. 2.34, *в*); при этом способе фиксации обеспечивается получение посадок с зазором и с натягом.
4. По заданному усилию запрессовки F_S, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов (рис. 2.34, *г*); при этом способе фиксации возможно получение посадок с натягом.

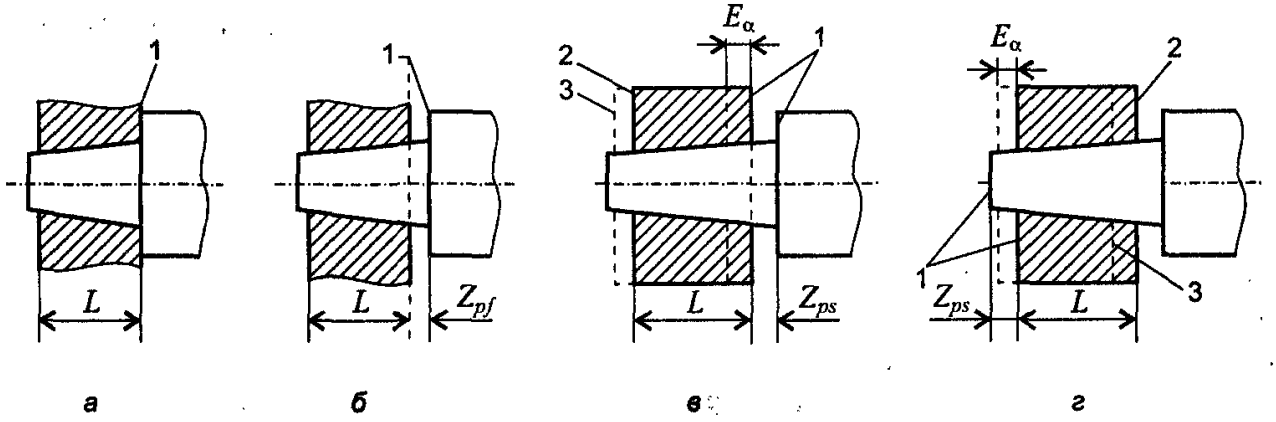


Рис. 2.34. Способы фиксации осевого расположения сопрягаемых конусов: 1 — базовые плоскости; 2 — начальное положение; 3 — конечное положение

В посадках с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов и по заданному осевому расстоянию между базовыми плоскостями (рис. 2.34, *а* и *б*) допуски конусов предпочтительно нормировать первым способом, поскольку в этих посадках величины зазоров или натягов зависят от предельных отклонений диаметров сопрягаемых конусов. В посадках с фиксацией по заданному осевому смещению или по заданному усилию запрессовки (см. рис. 2.34, *в* и *г*) допуски конусов предпочтительно нормировать 2-м способом, так как в этих посадках величины зазоров или натягов определяются условиями сборки. На неравномерность зазоров или натягов и на длину контакта оказывают влияние только допуски угла и формы конуса, допуски диаметра влияют на базорасстояние соединения.

На рис. 2.35 представлены эскизы конического соединения, а также наружного и внутреннего конусов с допусками, проставленными по ГОСТ 2.320–82.

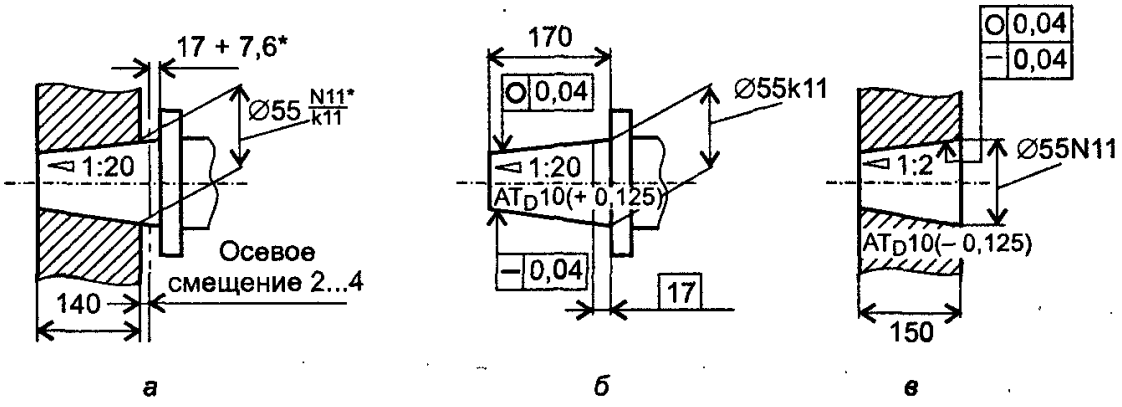


Рис. 2.35. Эскизы конического соединения (*а*), наружного (*б*) и внутреннего (*в*) конусов

Подробный расчет соотношения между допусками диаметра, угла и формы конуса, а также предельных базорасстояний конических соединений приведен в ГОСТ 25307–82 и в [10].

2.8. Взаимозаменяемость резьбовых соединений

Резьбовые соединения широко используются в конструкциях машин, аппаратов, приборов, инструментов и приспособлений различных отраслей промышленности.

Классификация резьб. По *назначению* резьбы разделяют на: 1) общие и 2) специальные. К резьбам *общего назначения* относятся резьбы, предназначенные для применения в любых отраслях промышленности, например, резьбы крепежные для скрепления деталей и регулировочных устройств; резьбы для преобразования движений в различных винтовых механизмах; трубные и арматурные резьбы для плотного (герметичного) соединения изделий (труб, арматуры и т. д.). Резьбами *специального назначения* называют такие, которые применяют только в определенных изделиях некоторых отраслей промышленности (например, резьба для цоколей и патронов электрических ламп, резьба для противогаза, окулярная резьба для оптических приборов и т. д.).

По *профилю витков* (виду контура осевого сечения) резьбы подразделяют на: 1) треугольные, 2) трапецеидальные, 3) упорные (пилообразные), 4) прямоугольные, 5) круглые.

По *числу заходов* — на: 1) однозаходные и 2) многозаходные (двухзаходные, трехзаходные и т. д.).

По *форме поверхностей*, на которой нарезана резьба — на: 1) цилиндрические и 2) конические.

В зависимости от *направления вращения контура осевого сечения* — на: 1) правые и 2) левые резьбы.

По *принятой единице измерения линейных размеров* — на: 1) метрические и 2) дюймовые.

2.8.1. Основные параметры метрической крепежной резьбы

Параметры цилиндрической резьбы (рис. 2.36, *а*): средний d_2 (D_2); наружный d (D) и внутренний d_1 (D_1) диаметры наружной (внутренней) резьбы; шаг P (для многозаходной резьбы ход $P_h = P_n$, где n — число заходов); угол профиля α; высота исходного треугольника H; длина свинчивания l, рабочая высота профиля H_1 и номинальный радиус закругления впадины резьбы болта R. Профиль, номинальные размеры диаметров, а также параметры P, α, и H_1 являются общими как для наружной (болта, шпильки, винта и др.), так и внутренней (гайки, гнезда и др.) резьб.

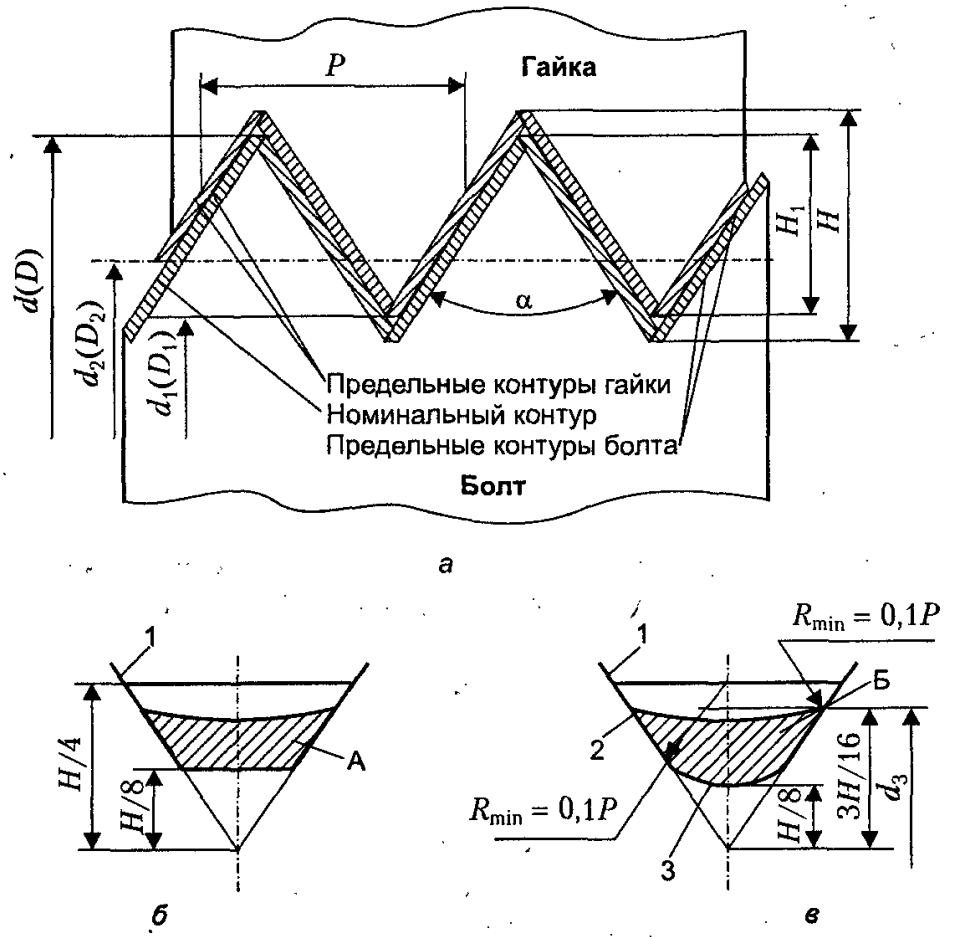


Рис. 2.36. Профиль и предельные контуры резьбового соединения (*а*), плоскосрезанная (*б*) и закругленная (*в*) форма впадин

Профиль метрической резьбы для диаметров от 0,25 до 600 мм и размеры его элементов ($H = 0{,}8660254P$; $H_1 = (5/8)\,H = 0{,}541265877P$; $R = H/6 = 0{,}144337567P$) регламентированы ГОСТ 9150–81, который предусматривает срезы вершин резьбы, равные $H/4$ у гайки и $H/8$ у болта.

Впадины наружной резьбы выполняют плоскосрезанными или закругленными. При плоскосрезанной форме реальный профиль впадины должен быть расположен между линиями плоского среза на расстоянии $H/4$ и $H/8$ от вершины исходного треугольника, то есть в зоне A (рис. 2.36, *б*). При закругленной форме впадины резьбы, которая является предпочтительной, радиус кривизны ни в одной

точке не должен быть менее $0{,}1P$ (рис. 2.36, *в*), а ее профиль должен находиться в зоне *Б*. При высоких требованиях к прочности резьбы допускается устанавливать $R_{min} = 0{,}125P$. Форма впадины резьбы гайки не регламентируется.

Форма впадины резьбы влияет на циклическую долговечность болтов. Наименьшую циклическую долговечность имеют болты с плоской впадиной профиля, наибольшую — с впадиной, очерченной радиусом $R = H/4 \approx 0{,}216P$ (при закругленной впадине резьбы значительно уменьшается концентрация напряжений).

2.8.2. Общие принципы взаимозаменяемости цилиндрических резьб

Системы допусков и посадок, обеспечивающих взаимозаменяемость метрической, трапецеидальной, упорной, трубной и других цилиндрических резьб, построены на едином принципе: они учитывают наличие взаимосвязи погрешностей отдельных параметров резьбы.

Для обеспечения требований взаимозаменяемости свинчиваемых изделий устанавливают предельные контуры резьбы болта и гайки (рис. 2.36, *а*). Свинчиваемость резьбовых деталей и требуемое качество соединения обеспечиваются, если действительные контуры болта и гайки не будут выходить за соответствующие предельные контуры на всей длине свинчивания.

Посадки резьбовых соединений (для резьб общего назначения и большинства специальных резьб) определяются в основном характером соединений по боковым сторонам профиля. Расположение полей допусков наружного и внутреннего диаметров исключает возможность получения натяга по вершинам и впадинам резьбы.

Отклонения шага и угла профиля резьбы и их диаметральная компенсация. У всех цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля отклонения шага и угла профиля для обеспечения свинчивания могут быть скомпенсированы соответствующим изменением действительного среднего диаметра резьбы.

Отклонение шага состоит из прогрессивных погрешностей шага, пропорциональных числу витков резьбы на длине свинчивания l, периодических, изменяющихся по периодическому закону, и местных, не зависящих от числа витков резьбы на длине свинчивания. Обычно прогрессивные погрешности шага превышают местные.

При наложении на осевое сечение резьбы гайки, имеющей номинальные профиль и размеры, осевого сечения резьбы болта, у которого на длине свинчивания шаг увеличен на ΔP_n (рис. 2.37), получим перекрытие правых боковых сторон *EF* профиля резьбы болта и *CD* профиля резьбы гайки (при совмещенных левых сторонах по линии *AB*). В результате эти детали не свинчиваются.

Свинчивание резьбовых деталей, имеющих погрешность шага резьбы, возможно только при уменьшении среднего диаметра резьбы болта или увеличения среднего диаметра резьбы гайки. При уменьшении среднего диаметра резьбы болта на f_p профиль его резьбы сместится из положения *EF* в положение *E'F'*, то есть свинчивание станет возможным. Величину f_p называют диаметральной компенсацией погрешностей шага резьбы.

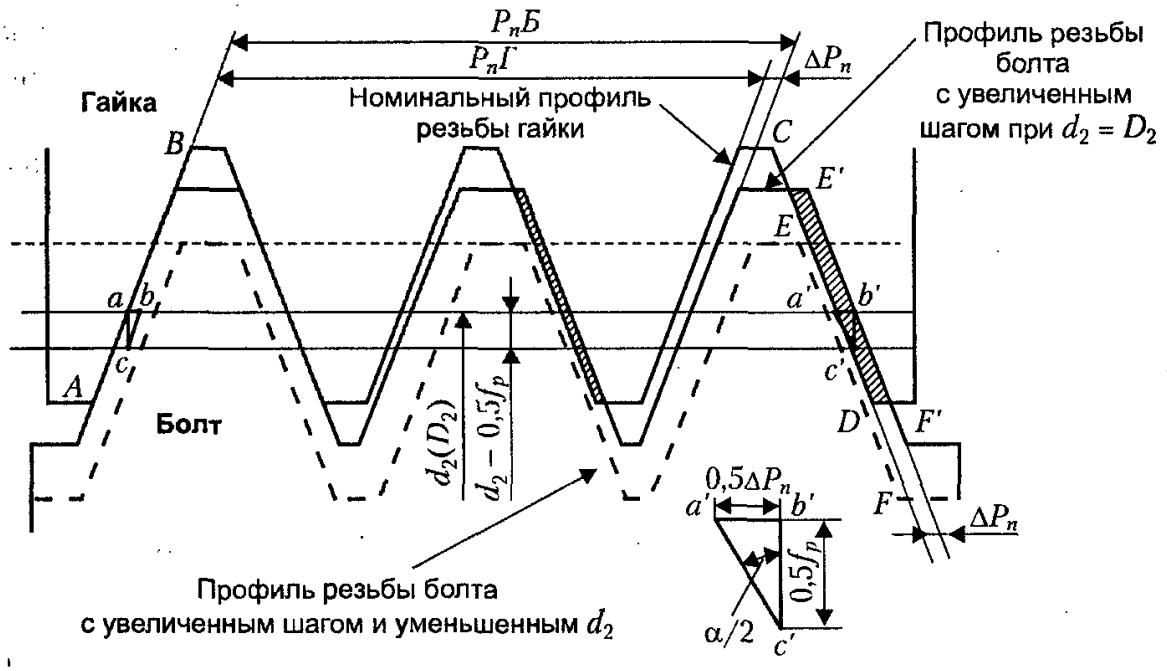


Рис. 2.37. Схема для определения диаметральной компенсации погрешности шага

Из треугольника $a'b'c'$, в котором $b'c' = 0{,}5f_p$, найдем

$$0{,}5f_p = 0{,}5\,\Delta P_n \operatorname{ctg} \alpha/2, \text{ или } f_p = \Delta P_n \operatorname{ctg} \alpha/2.$$

При несимметричном профиле

$$f_p = \frac{2\Delta P_n}{\operatorname{tg}\gamma + \operatorname{tg}\beta},$$

где γ и β — углы профиля резьбы.

Диаметральную компенсацию погрешностей шага необходимо определять исходя из абсолютного значения наибольшего отклонения ΔP_n (накопленной или местной погрешности шага), которая может быть как положительной, так и отрицательной.

При анализе *погрешностей угла профиля* резьбы обычно измеряют не угол α, а половину угла профиля $\alpha/2$, которая для метрической резьбы равна 30°. Измеряя $\alpha/2$, можно установить не только величину α, но и перекос резьбы.

Отклонением половины угла профиля резьбы $\Delta\alpha/2$ болта или гайки (для резьб с симметричным профилем) называют разность между действительными и номинальными значениями $\alpha/2$. Эта погрешность может быть вызвана погрешностью полного угла профиля (при равенстве половин угла), перекосом профиля относительно оси детали (когда биссектриса угла симметричного профиля неперпендикулярна оси резьбы) и сочетанием обоих факторов.

Отклонение $\Delta\alpha/2$ при симметричном профиле резьбы находят как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений обеих половин угла профиля:

$$\Delta\alpha/2 = 0{,}5\left[\left(\left|\Delta(\alpha/2)_{пр}\right| + \left|\Delta(\alpha/2)_{лев}\right|\right)\right].$$

На рис. 2.38 показано сечение резьбы гайки с номинальным профилем 1, на которое наложено сечение резьбы болта 2, имеющего погрешность половины угла

профиля $\Delta\alpha/2$. При равенстве диаметров резьбы болта и гайки свинчивание этих деталей невозможно вследствие перекрытия профилей резьбы (зона 3). Свинчивание возможно только при наличии необходимого зазора по средним диаметрам, то есть диаметральной компенсации f_α этой погрешности, которая может быть получена в результате уменьшения среднего диаметра резьбы болта или увеличения среднего диаметра резьбы гайки.

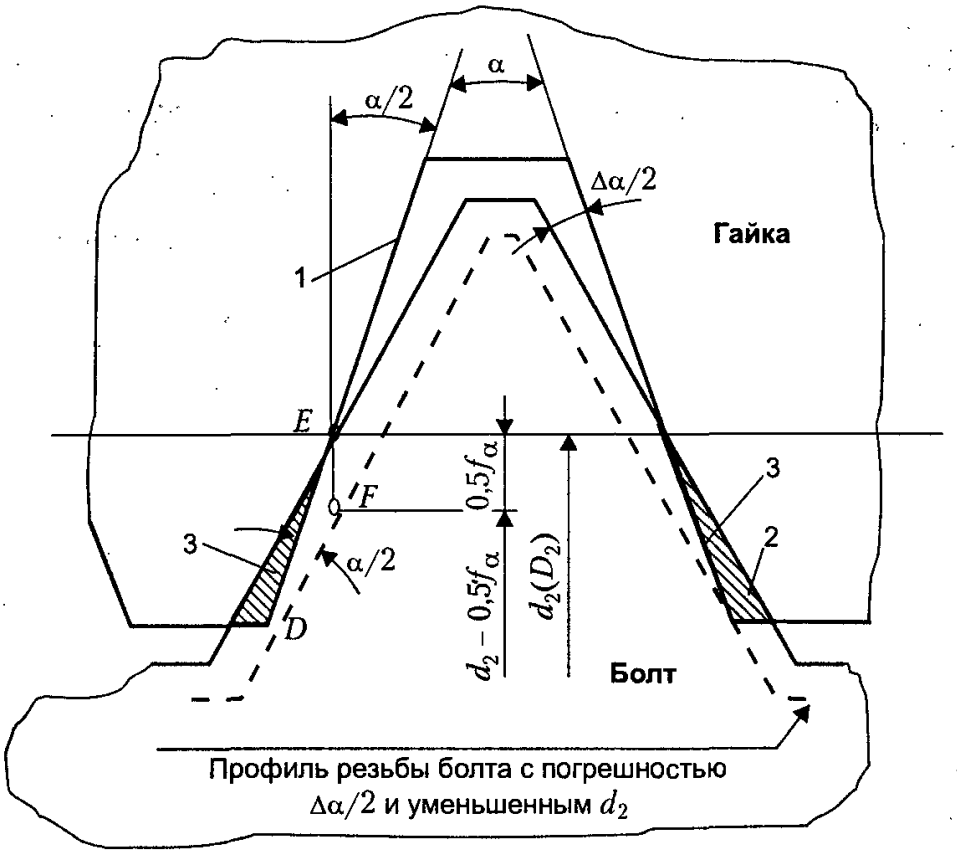


Рис. 2.38. Схема для определения диаметральной компенсации погрешности угла профиля

Величину $f\alpha$ можно найти из треугольника *DEF*.

Применив теорему синусов, получим:

$$\frac{EF}{ED} = \frac{\sin(\Delta\alpha/2)}{\sin[180-(\alpha/2+\Delta\alpha/2)]},$$

где $EF = 0{,}5\,f_\alpha$; $ED = h/\cos(\Delta\alpha/2)$.

После преобразования получим $f_\alpha = (4h\Delta\alpha/2)/\sin\alpha/2$, где $\Delta\alpha/2$ — в радианах; h и f_α в — в миллиметрах. Если $\Delta\alpha/2$ выразить в угловых минутах, f_α — в микрометрах, а h — через шаг резьбы ($h = 0{,}2165P$), то:

$$f_\alpha = \frac{4h\Delta\alpha/2}{\sin\alpha}\frac{2\pi}{360\cdot 60} \approx \frac{0{,}2459P}{\sin\alpha}\Delta\alpha/2.$$

Приведенный средний диаметр резьбы. Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для наружной или уменьшенное для внутренней резьбы на суммарную диаметральную компенсацию отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля, называют *приведенным средним диаметром*:

- для наружной резьбы $d_{2пр} = d_{2изм} + f_p + f_\alpha$;
- для внутренней резьбы $D_{2пр} = D_{2изм} - f_p - f_\alpha$.

Здесь $d_{2изм}$ и $D_{2изм}$ — измеренные (действительные) значения среднего диаметра наружной и внутренней резьб. При этом для определения $d_{2пр}$ в формулу f_p и f_α всегда входят со знаком плюс, а в формулу для $D_{2пр}$ — со знаком минус.

При точном определении значения приведенного диаметра необходимо учитывать отклонения формы боковых поверхностей и другие погрешности резьб.

При наличии погрешностей шага и половины угла профиля резьбы у обеих деталей получаемый в соединении зазор определяется разностью действительных значений приведенных средних диаметров внутренней и наружной резьбы.

Суммарный допуск среднего диаметра резьбы. Вследствие взаимосвязи между отклонениями шага, угла профиля и собственно среднего диаметра допускаемые отклонения этих параметров раздельно не нормируют (за исключением резьб с натягом, резьб калибров и инструмента). Устанавливают только суммарный допуск на средний диаметр болта T_{d2} и гайки T_{D2}, который включает допускаемое отклонение собственно среднего диаметра $\Delta_{d2} \cdot (\Delta_{D2})$ и диаметральные компенсации погрешности шага и угла профиля:

$$T_{d2}\,(T_{D2}) = \Delta_{d2} \cdot (\Delta_{D2}) + f_p + f_\alpha.$$

Верхний предел суммарного допуска среднего диаметра наружной резьбы ограничивает приведенный средний диаметр $d_{2пр\,max}$, а нижний предел — средний диаметр d_{2min}. Для внутренней резьбы — это допуск, нижний предел которого ограничивает приведенный средний диаметр $D_{2пр\,min}$, а верхний предел — средний диаметр D_{2max}.

2.8.3. Допуски и посадки резьб с зазором

Допуски метрических резьб с крупными и мелкими шагами для диаметров 1–600 мм регламентированы ГОСТ 16093–81. Этот стандарт устанавливает предельные отклонения диаметров резьбы в посадках типа скользящих и с зазорами (рис. 2.39).

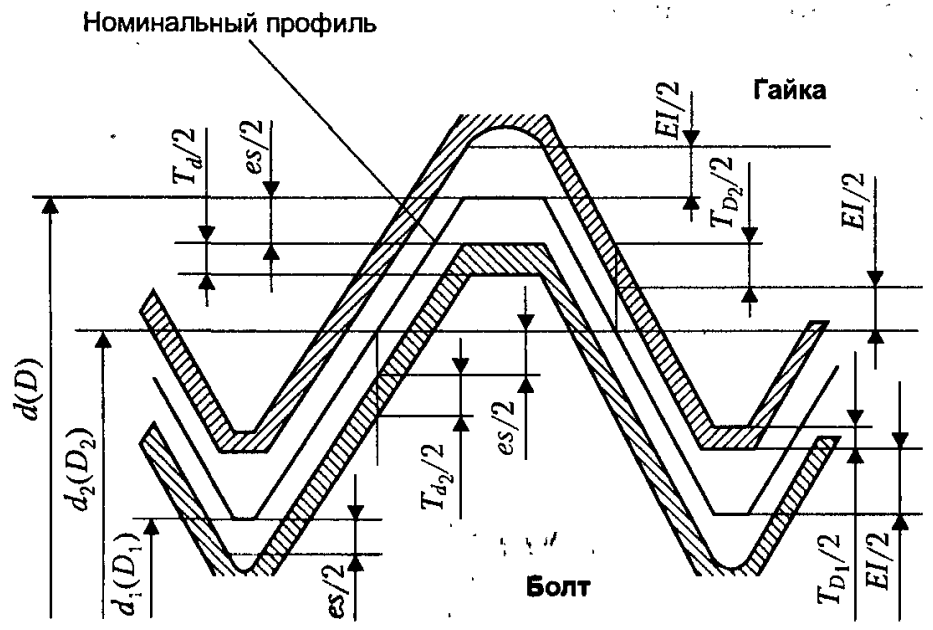


Рис. 2.39. Расположение полей допусков метрической резьбы при посадке с зазором

Установлены ряды основных отклонений: для болтов h, g, f, e, d; для гаек H, G, E, F.

Основные отклонения, определяющие положение полей допусков относительно номинального профиля, зависят только от шага резьбы (кроме h и H). Для резьбы с данным шагом одноименные основные отклонения для всех (наружного, среднего, внутреннего) диаметров равны (например, g для d, d_2 и d_1).

Численные значения основных отклонений рассчитываются по формулам:

- для наружной резьбы:

$$es_d = -(80 + 11P);$$

$$es_e = -(50 + 11P);$$

$$es_f = -(30 + 11P);$$

$$es_g = -(15 + 11P);$$

$$es_h = 0;$$

- для внутренней резьбы:

$$EI_E = (50 + 11P);$$

$$EI_F = (30 + 11P);$$

$$EI_G = (15 + 11P);$$

$$EI_H = 0,$$

где es и EI — верхнее и нижнее отклонения, мкм; P — шаг резьбы, мм.

Установлены также следующие степени точности, определяющие значения допусков диаметров наружной и внутренней резьбы:

- диаметры болта:
  - наружный d 4, 6, 8;
  - средний d_2 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10*;
- диаметры гайки:
  - внутренний D_1 4, 5, 6, 7, 8;
  - средний D_2 4, 5, 6, 7, 8, 9*.

ПРИМЕЧАНИЕ

Степени 9* и 10* применяются только для резьб на деталях из пластмасс.

Основным рядом допусков для всех диаметров резьб является 6-я степень точности. Допуски по 6-й степени точности определяются по формулам:

- для наружного диаметра болтов $Td(6) = 180\sqrt[3]{P^2} - 3{,}15/P$;
- для внутреннего диаметра гаек $TD_1(6) = 433P - 190P^{1,22}$ при $P \le 0{,}8$ мм; $TD_1(6) = 230P^{0,7}$ при $P > 1$ мм;
- для среднего диаметра болтов $Td_2(6) = 90P^{0,4}d^{0,1}$;
- для среднего диаметра гаек $Td_2(6) = 1{,}32Td_2(6)$;

(где P и d в мм; T в мкм).

Допуски остальных степеней точности определяются умножением допуска 6-й степени точности на следующие коэффициенты:

- Степень точности 3 4 5 7 8 9 10.
- Коэффициент 0,5 0,63 0,8 1,25 1,6 2 2,5.

В зависимости от длины свинчивания резьбы разделены на три группы:

- малые S — длины свинчивания до $2{,}24P\,d^{0,2}$;
- нормальные N — длины от $2{,}24P\,d^{0,2}$ до $6{,}7P\,d^{0,2}$;
- большие L — длины свинчивания свыше $6{,}7P\,d^{0,2}$.

В зависимости от точности резьбового соединения установлены три класса точности: точный, средний и грубый (табл. 2.11).

Таблица 2.11. Поля допусков болтов и гаек

Длина свинчивания	Класс точности	Поля допусков гаек		Поля допусков болтов		
		H	***G***	***h***	***g***	***d, e, f***
S	Точный	4H	–	(3h4h)	–	–
	Средний	5H	5G	(5h6h)	5g6g	–
	Грубый	–	–	–	–	–
N	Точный	5H	–	4h	4g	–
	Средний	6H	6G	6h	6g	6d, 6c, 6f
	Грубый	7H	7G	8h	8g	–
L	Точный	6H	–	(5h4h)	–	–
	Средний	7H	(7G)	(7h6h)	7g6g	(7e6c)
	Грубый	8H	(8G)	–	(9g8g)	–

Для стандартизованных полей допусков задаются предельные отклонения для резьбы: болтов: верхнее — для наружного d, среднего d_2 и внутреннего d_1 диаметров; нижнее — для наружного d и среднего d_2 диаметров. Для внутреннего диаметра резьбы болта нижнее отклонение не регламентируется, но косвенно ограничивается формой впадины болта. При неоговоренной форме впадины оно не должно выходить за линию плоского среза на расстоянии $H/8$ от вершины остроугольного профиля (рис. 2.36, *б*). При закругленной впадине резьбы болта радиус кривизны впадины ни в одной из точек не должен быть менее $0{,}1P$ (рис. 2.36, *в*).

Для резьбы гаек задаются следующие предельные отклонения: нижнее для всех трех диаметров (D, D_1, D_2), верхнее — для среднего D_2 и внутреннего D_1 диаметров.

Обозначение точности и посадок резьбы. *Обозначение поля допуска диаметра резьбы* состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение (например, 6*h*, 6*g*, 6*H*).

Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов (например, 7*g*6*g*; 5*H*6*H*). Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, его в обозначении поля допуска резьбы не повторяют (например, 6*g*, 6*H*). Если длина свинчивания отличается от нормальной, ее указывают в обозначении резьбы.

Примеры. *M*24 × 1,5–7*g*6*g* – *R* – 50 (резьба метрическая: наружный диаметр 24 мм; шаг 1,5 мм; поле допуска на средний диаметр 7*g*; поле допуска на наружный диаметр 6*g*; *R* – резьба с закругленной впадиной; длина свинчивания 50 мм).

*M*12 × 1*LH* – 6*H*/6*g* (*LH* – резьба левая; 6*H* – поля допусков среднего и внутреннего диаметров гайки; 6*g* – поля допусков среднего и наружного диаметров болта).

2.8.4. Допуски резьб с натягом и с переходными посадками

Рассматриваемые посадки служат главным образом для соединения шпилек с корпусными деталями, если нельзя применить соединения винтовое или типа болт – гайка. Эти посадки применяют в крепежных соединениях, работающих при ударах, вибрациях, колебаниях температуры, для центрирования деталей на резьбе и т. д.

Посадки с натягом и переходные должны обеспечивать неподвижность собранных деталей, исключающую самоотвинчивание шпилек и возможность вывинчивания их из гнезда под действием моментов, возникающих на другом конце шпилек при отвинчивании гаек. Натяги создаются только по боковым сторонам профиля, то есть по средним диаметрам сопрягаемых резьб; по наружным и внутренним диаметрам предусматриваются зазоры (рис. 2.40, *а*). Резьбовые соединения с натягом требуют ограничения допусков на диаметры d_2 и D_2 и, следовательно, допуска натяга.

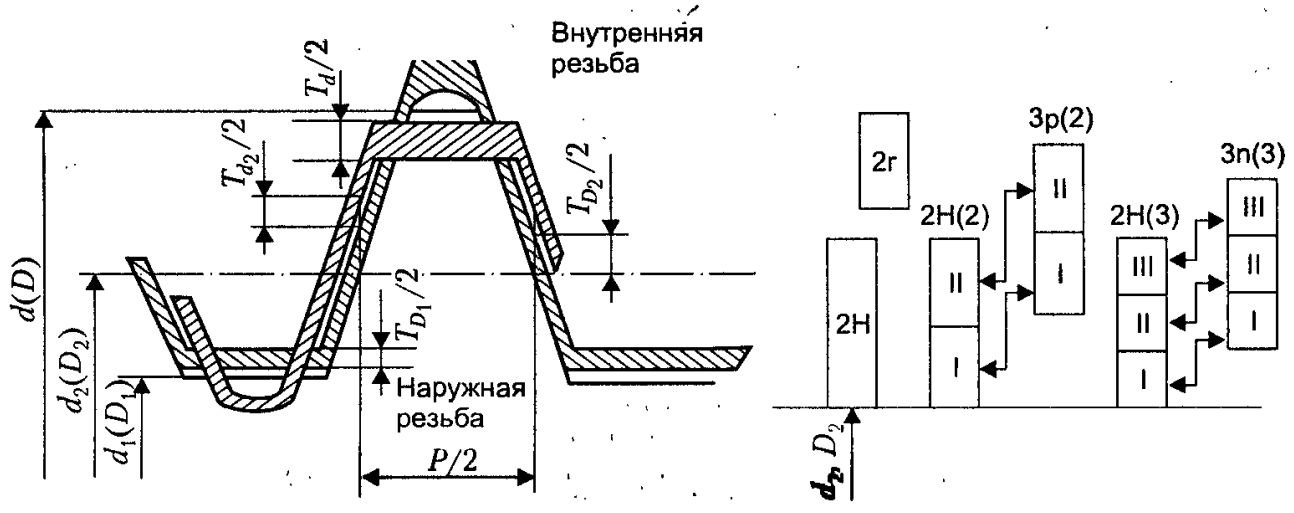


Рис. 2.40. Расположение полей допусков резьбы с натягом

ГОСТ 4608–81* предусматривает *посадки с натягом* только в системе отверстия. Посадки $\frac{2H5D(2)}{3p(2)}$, $\frac{2H5C(2)}{3p(2)}$, $\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$ и $\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$ должны осуществляться с сортировкой наружной и внутренней резьб по собственно среднему диаметру в средней части резьбы на группы. Число групп (две или три) указано в скобках. Сборка резьбовых деталей (шпильки, гнезда) должна осуществляться из одноименных сортировочных групп по схеме, показанной на рис. 2.40, *б*. Посадки $\frac{2H5D}{2r}$ и $\frac{2H5C}{2r}$ осуществляются без сортировки. Допускается применение посадок $3H6H/3p$ и $3H6H/3n$ без сортировки на группы. Указанные посадки относятся к переходным и их применение требует дополнительной проверки.

Допуски среднего диаметра резьбы деталей, сортируемых на группы, не включают диаметральных компенсаций отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля. В этом случае на шаг и угол профиля предусмотрены допуски, которые контролируются только у шпилек, для гнезд эти отклонения обеспечивают при изготовлении резьбообразующего инструмента соответствующей точности.

Предельные отклонения внутреннего диаметра наружной резьбы по дну впадины d_3 не устанавливаются. Они ограничиваются положением поля допуска среднего диаметра d_2 и предельными отклонениями формы впадины наружной резьбы.

Резьбы с *переходными посадками* применяют при одновременном дополнительном заклинивании шпилек по коническому сбегу резьбы, по плоскому бурту и цилиндрической цапфе. По ГОСТ 24834–81* предусмотрены следующие посадки: $\frac{4H6H}{4jk}$; $\frac{5H6H}{4jk}$; $\frac{5H6H}{4jh}$; $\frac{4H6H}{4j}$; $\frac{5H6H}{4j}$; $\frac{3H6H}{2m}$.

В условных обозначениях резьб с натягом и с переходными посадками поле допуска наружного диаметра d шпильки (болта) не проставляется, поскольку оно постоянное (для резьб с натягом — 6*e* или 6*c*, а для резьб с переходными посадками — 6*g*).

2.8.5. Стандартные резьбы общего и специального назначения

В табл 2.12 приведены наименования стандартных резьб общего назначения, наиболее широко распространенных в машино- и приборостроении, и даны примеры их обозначения на чертежах.

К наиболее распространенным *цилиндрическим резьбам* специального назначения относятся: метрическая для приборостроения, упорная усиленная 45°, окулярная для оптических приборов, круглая для санитарно-технической арматуры, круглая для цоколей и патронов электрических ламп, для обсадных и колонковых труб геологического бурения, для объективов микроскопов, для масленок консистентной смазки; к *коническим резьбам* специального назначения относятся: коническая для вентилей и горловин баллонов для газов, замковая для труб

геологоразведочного бурения, для обсадных труб и муфт к ним, для насосно-компрессорных труб и муфт к ним.

Таблица 2.12. Резьбы общего назначения

Для скрепления деталей и регулировочных устройств

Тип резьбы	Наименование резьбы	Профиль и угол профиля	Номер стандарта на допуски	Примеры обозначения на чертежах
Цилиндрическая метрическая	Для диаметров 0,25–0,9 мм	Треугольный $\alpha = 60°$	ГОСТ 9000–81	М0,5–4Н5/5h5
	С крупным шагом		ГОСТ 16093–81	М20–6Н/6g
	С мелким шагом			М20×2–6Н/6g
	С натягом		ГОСТ 4608–81*	М16–2Н5С(2)/3р(2)
	С переходными посадками		ГОСТ 24834–81*	М12–4Н6Н/4j
	Круглая	Закругленный $\alpha = 30°$	СТ СЭВ 3962–83	Rd12–7Н6Н/7е6е

Для преобразования движений в винтовых механизмах

Тип резьбы	Наименование резьбы	Профиль и угол профиля	Номер стандарта на допуски	Примеры обозначения на чертежах
Цилиндрическая метрическая	Трапецеидальная однозаходная	Трапецеидальный $\alpha = 30°$	ГОСТ 9562–81	Tr20×6 – 7H/7e
	Трапецеидальная многозаходная		ГОСТ 24739–81	Tr20×4(P2) – 8H/8e
	Упорная	Пилообразный $\beta = 30°$; $\gamma = 3°$	ГОСТ 25096–82	S80×10 – 7AZ/7h

Для плотного (герметичного) соединения труб, арматуры и т. д.

Тип резьбы	Наименование резьбы	Профиль и угол профиля	Номер стандарта на допуски	Примеры обозначения на чертежах
Дюймовая	Трубная цилиндрическая	Треугольный $\alpha = 55°$	ГОСТ 6357–81	G2 – A/A
	Трубная коническая		ГОСТ 6211–81	$\frac{R_c}{R}$ 2
	Коническая дюймовая	Треугольный $\alpha = 60°$	ГОСТ 6111–52*	К3/4" ГОСТ 6111–52*
Коническая метрическая	Коническая метрическая	Треугольный $\alpha = 60°$	ГОСТ 25229–82	МК20×1,5

ПРИМЕЧАНИЯ

Левая резьба обозначается буквами LH, например, М20 LH – 6H.

Для многозаходной резьбы указывается ход резьбы, а затем в скобках буква P и численное значение шага, например Tr20 × 4(P2) – 8e.

2.9. Допуски зубчатых и червячных передач

Точность в значительной мере определяет работоспособность зубчатых и червячных передач, так как их погрешности вызывают дополнительные динамические нагрузки, неравномерность вращения, вибрации, шум, концентрацию нагрузок по длине контактных линий и другие дефекты. Существующие системы допусков для зубчатых и червячных передач ограничивают погрешности изготовления с целью получения работоспособных механизмов. Работоспособность передач с учетом условий их работы можно обеспечить, зная, какие основные эксплуатационные показатели определяют точность передач. Эта задача облегчается тем, что по условиям работы все зубчатые и червячные передачи можно подразделить на несколько групп, каждая из которых характеризуется своим основным показателем точности. Так, для *отсчетных* передач основным точностным требованием является кинематическая точность; для *высокоскоростных* – плавность работы; для *тяжелонагруженных тихоходных* — полнота контактных зубьев; для *реверсивных* (особенно отсчетных) — ограничение величины и колебания бокового зазора.

С учетом условий эксплуатации в стандартах на допуски для зубчатых и червячных передач установлены нормы точности: *кинематической, плавности работы и контакта зубьев.*

По точности изготовления все зубчатые колеса и передачи разделены на 12 степеней (от 1-й — наиболее точной до 12-й — наиболее грубой). Для некоторых степеней числовые значения допусков и отклонений пока не предусмотрены. Эти степени точности оставлены для будущего развития. К таким степеням точности относятся: для цилиндрических передач — 1 и 2; для конических — 1–3; для червячных — 1 и 2 при $m < 1$ мм.

Независимо от норм и степеней точности в стандартах предусмотрены необходимые *виды сопряжений* зубьев, отличающихся наименьшими боковыми зазорами, и *виды допусков* на боковой зазор.

2.9.1. Система допусков для цилиндрических зубчатых передач

Для эвольвентных цилиндрических зубчатых передач разработан ГОСТ 1643–81, который распространяется на эвольвентные цилиндрические зубчатые колеса и зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами с диаметром делительной окружности до 6300 мм, модулем зубьев от 1 до 55 мм, шириной зубчатого венца или полушеврона до 1250 мм.

2.9.1.1. Кинематическая точность передачи

Для обеспечения кинематической точности предусмотрены нормы, ограничивающие кинематическую погрешность передачи и кинематическую погрешность колеса.

Кинематической погрешностью передачи $F_{к.п.п.}$ называют разность между действительным φ_2 и номинальным (расчетным) φ_{2H} углами поворота ведомого зубчатого колеса передачи, выраженную в линейных величинах длиной дуги его делительной окружности, то есть $F_{к.п.п.}(\varphi_2 - \varphi_{2H})\,r$, где r — радиус делительной окружности ведомого колеса.

Наибольшая кинематическая погрешность F'_{io} передачи определяется наибольшей алгебраической разностью значений кинематической погрешности передачи за полный цикл изменения относительного положения зубчатых колес (рис. 2.41, *а*) Здесь и далее штрихом обозначены погрешности, соответствующие однопрофильному зацеплению.

Наибольшая кинематическая погрешность передачи ограничена допуском F'_{io}. Его значения в стандарте не приведены и определяются как сумма допусков на кинематическую погрешность ее колес, то есть

$$F'_{io} = F'_{i1} + F'_{i2}.$$

Кинематической погрешностью зубчатого колеса $F'_{к.п.к}$ называют разность между действительным и номинальным (расчетным) углами поворота зубчатого колеса на его рабочей оси, ведомого точным (измерительным) колесом при номинальном взаимном положении осей вращения этих колес; ее выражают в линейных величинах длиной дуги делительной окружности (рис. 2.41, *б*).

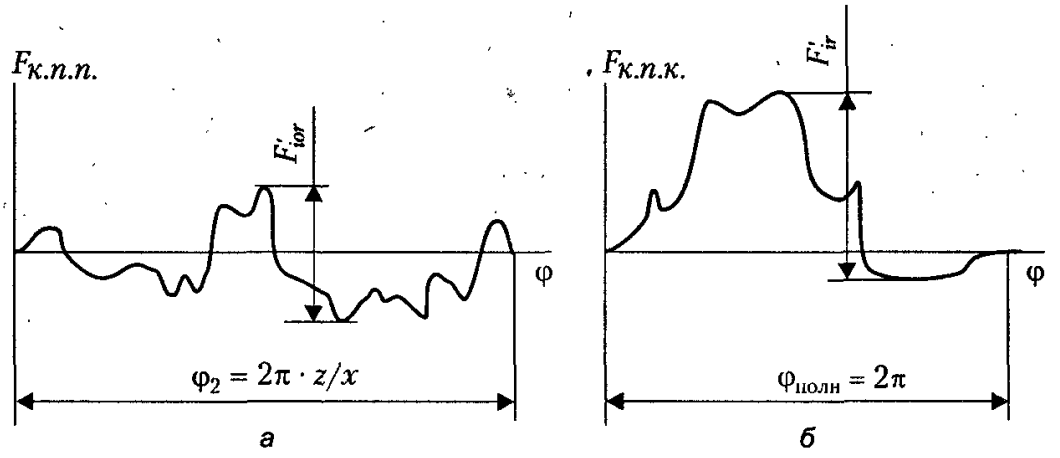


Рис. 2.41. Кривые кинематической погрешности зубчатой передачи (*а*) и зубчатого колеса (*б*)

Наибольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса F'_{ir} — наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности зубчатого колеса в пределах угла $\varphi_{полн}$ полного оборота (рис. 2.41, *б*), *Эта погрешность ограничивается допуском на кинематическую погрешность колеса* F'_i (значения в стандарте не приведены). Он определяется как сумма допусков на накопленную погрешность шага F_p и на погрешность профиля зуба f_f: $F'_i = F_p + f_f$.

Допускается нормировать кинематическую погрешность колеса на k шагах — F'_{ikr}. Эта погрешность ограничивается допуском F'_{ik}.

Погрешность обката F_{cr} возникает в результате кинематической погрешности делительной цепи зубообрабатывающего станка. Эту составляющую кинематической погрешности колеса определяют при его вращении на технологической оси, исключив циклические погрешности зубцовой частоты и кратных ей более высоких частот. Погрешность обката ограничивается допуском F_c, выраженным в тех же единицах, что и допуск на кинематическую погрешность колеса.

Накопленная погрешность k шагов F_{pkr} (рис. 2.42) — наибольшая разность дискретных значений кинематической погрешности зубчатого колеса при номинальном его повороте на k целых угловых шагов:

$$F_{pkr} = (\varphi - k\,2\pi/z)\,r,$$

где φ — действительный угол поворота зубчатого колеса;

z — число зубьев зубчатого колеса;

$k\,2\pi/z$ — номинальный угол поворота колеса ($k \geq 2$ — число целых угловых шагов);

r — радиус делительной окружности колеса.

Допуск на накопленную погрешность k шагов обозначают F_{pk}.

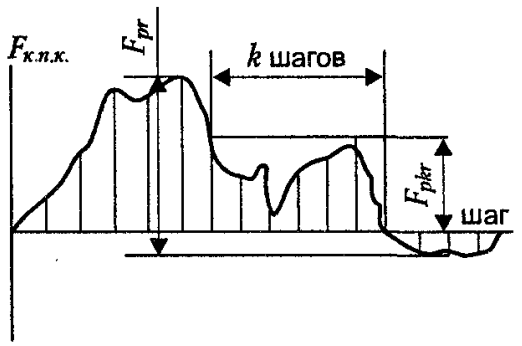


Рис. 2.42. Накопленная погрешность k шагов F_{pkr} и накопленная погрешность по зубчатому колесу F_{pr}

Накопленная погрешность шага зубчатого колеса F_{pr} — наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей в пределах зубчатого колеса (рис. 2.42). Допуск на накопленную погрешность шага зубчатого колеса обозначают F_p. Накопленная погрешность шага зубчатого колеса образуется в основном вследствие погрешности обката и монтажного эксцентриситета зубчатого колеса.

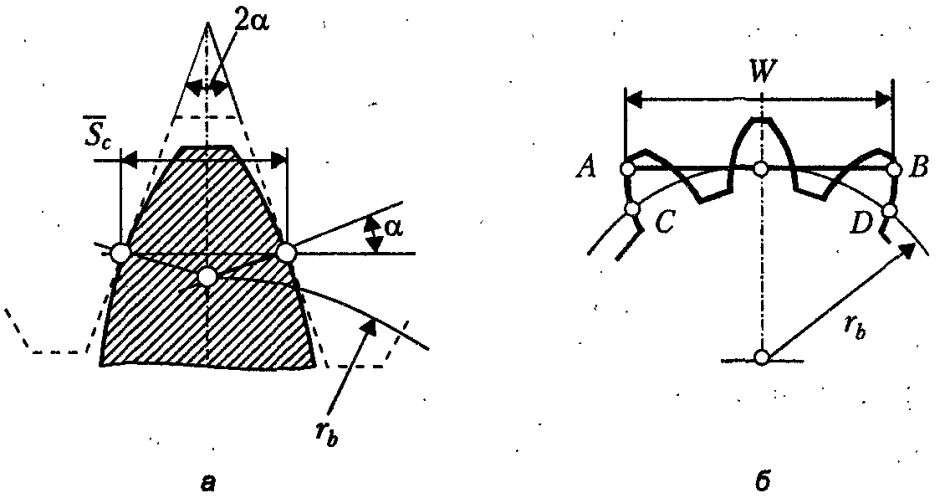
Радиальное биение зубчатого венца F_{rr} — разность действительных предельных положений исходного контура в пределах зубчатого колеса (от его рабочей оси).

Радиальное биение зубчатого венца ограничивается допуском F_r. Практически F_{rr} определяется разностью расстояний от рабочей оси колеса до постоянных хорд S_r зубьев (рис. 2.43, *а*). Радиальное биение зубчатого венца вызвано неточным совмещением рабочей оси колеса с технологической осью при обработке зубьев, а также радиальным биением делительного колеса станка.

Колебанием длины общей нормали F_{rW} называют разность между наибольшей и наименьшей действительными длинами общей нормали в одном и том же зубча-

том колесе: $F_{yWr} = W_{наиб} - W_{наим}$. Оно зависит от тангенциальной составляющей погрешности обката. Эта погрешность ограничена допуском F_{vW}.

Длина общей нормали зубчатого колеса W — расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям A и B зубьев колеса (рис. 2.43, *б*). При этом общая нормаль к эвольвентным профилям является одновременно касательной к основной окружности.



а *б*

Рис. 2.43. Параметры зубчатого колеса, влияющие на его кинематическую точность: *а* — постоянная хорда S_c; *б* — длина общей нормали W

Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса F''_{ir} — разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемыми при повороте последнего на полный оборот (рис. 2.44).

Номинальным измерительным межосевым расстоянием a называют расчетное расстояние между осями измерительного и проверяемого колеса, имеющего наименьшее дополнительное смещение исходного контура. При этом сопряженные зубья колес находятся в плотном двухпрофильном зацеплении.

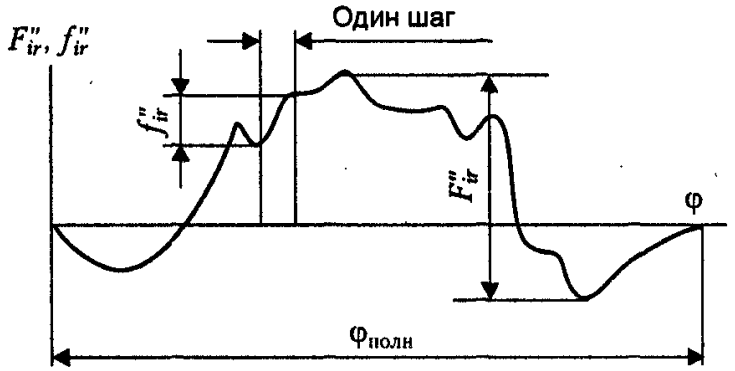


Рис. 2.44. Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса F''_{ir} и на одном шаге f''_{ir}

Здесь и далее двумя штрихами обозначены погрешности, соответствующие двухпрофильному зацеплению. Эти колебания ограничиваются допусками F''_i.

2.9.1.2. Плавность работы передачи

Эта характеристика передачи определяется параметрами, погрешности которых многократно (циклически) проявляются за оборот зубчатого колеса и также составляют часть кинематической погрешности. Аналитически или с помощью анализаторов кинематическую погрешность можно представить в виде спектра гармонических составляющих, амплитуда и частота которых зависят от характера составляющих погрешностей. Например, отклонения шага зацепления (основного шага) вызывают колебания кинематической погрешности с зубцовой частотой, равной частоте входа в зацепление зубьев колес.

Циклический характер погрешностей, нарушающих плавность работы передачи, и возможность гармонического анализа дали основание определять и нормировать эти погрешности по спектру кинематической погрешности.

Под циклической погрешностью передачи f_{zkor} (рис. 2.45, *а*) и *зубчатого колеса* f_{zkr} (рис. 2.45, *б*) понимают удвоенную амплитуду гармонической составляющей кинематической погрешности соответственно передачи или колеса. Для ограничения циклической погрешности установлены допуски:

- f_{zok} — на циклическую погрешность передачи;
- f_{zk} — на циклическую погрешность зубчатого колеса.

Для ограничения циклической погрешности с частотой повторения, равной частоте входа зубьев в зацепление f_{zzor} и f_{zzr}, установлены допуски на циклическую погрешность зубцовой частоты в передаче f_{zzo} и f_{zz}. Эти допуски зависят от частоты циклической погрешности (равной числу зубьев колес z), степени точности, коэффициента осевого перекрытия ε_β и модуля m.

Коэффициентом осевого перекрытия косозубой цилиндрической передачи ε_β называют отношение угла осевого перекрытия зубчатого колеса к угловому шагу. *Угол осевого перекрытия* φ_β (рис. 2.46) — это угол поворота зубчатого колеса косозубой цилиндрической передачи, при котором точка контакта зубьев перемещается по линии зуба этого колеса от одного его торца до другого (то есть угол поворота колеса передачи от положения входа до выхода зуба из зацепления).

Косозубые передачи со значительным коэффициентом осевого перекрытия ε_β по сравнению с прямозубыми имеют меньший зубцовый импульс (меньшую амплитуду первой гармонической составляющей), поэтому с увеличением ε_β допуск f_{zzo} уменьшается.

Местные кинематические погрешности передачи f'_{ior} *и зубчатого колеса* f'_{ir} определяются наибольшей разностью между местными соседними экстремальными (минимальными и максимальными) значениями кинематической погрешности передачи или зубчатого колеса за полный цикл вращения колес передачи или в пределах оборота колеса $\varphi_{полн}$ (рис. 2.47). Эти погрешности ограничиваются допусками соответственно f'_{io}, f'_i, причем $f'_i = |f_{pt}| + f_f$.

Погрешность профиля зуба f_{fr} (рис. 2.48) — расстояние по нормали между двумя ближайшими номинальными торцовыми профилями 1, между которыми размещается действительный торцовый активный профиль 2 зуба колеса. Под действительным торцовым профилем зуба понимают линию пересечения действитель-

ной боковой поверхности зуба зубчатого колеса плоскостью, перпендикулярной к его рабочей оси.

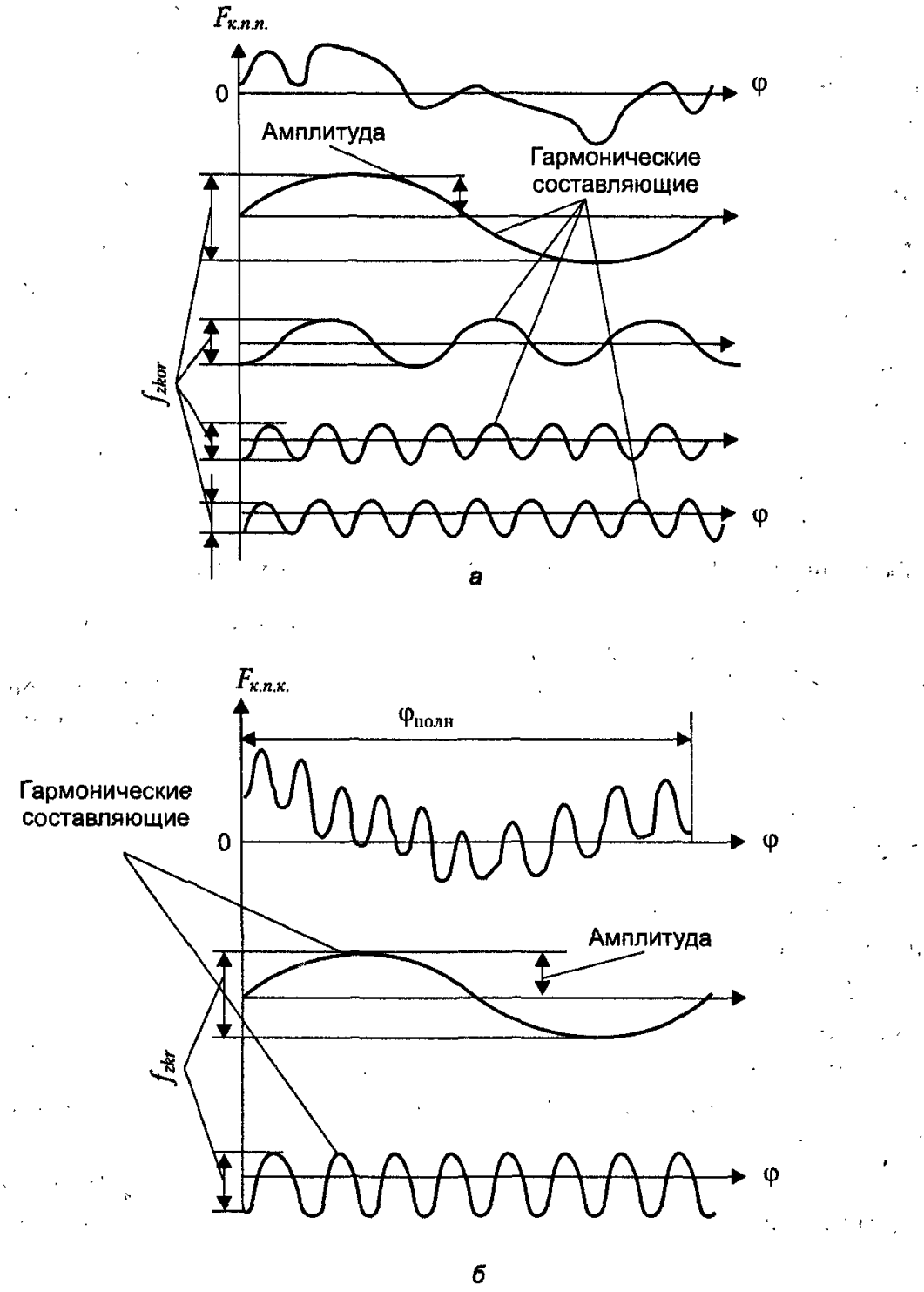


Рис. 2.45. Характер изменения кинематической погрешности и ее гармонических составляющих: *а* — для передачи; *б* — для зубчатого колеса

Погрешности профиля вызывают неравномерность движения колес, дополнительные динамические нагрузки, а также уменьшают поверхность контакта зубьев. Предельная погрешность профиля регламентируется допуском f_f.

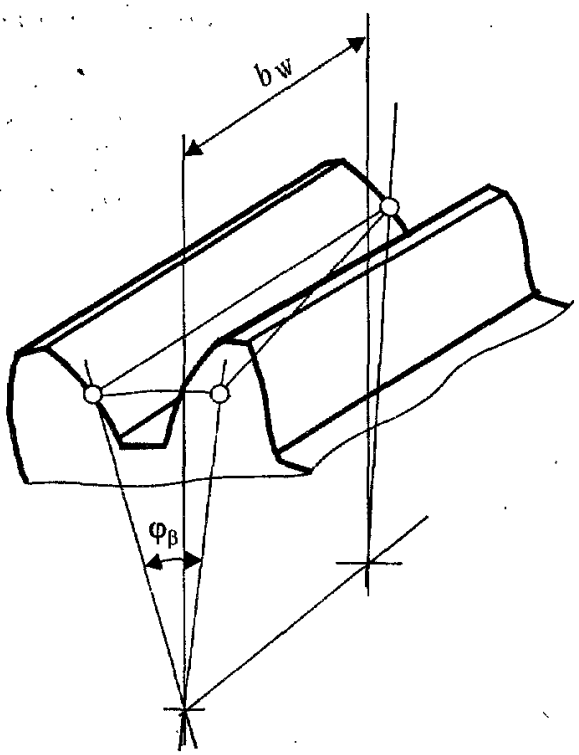


Рис. 2.46. Угол осевого перекрытия φ_β при рабочей ширине венца b_w

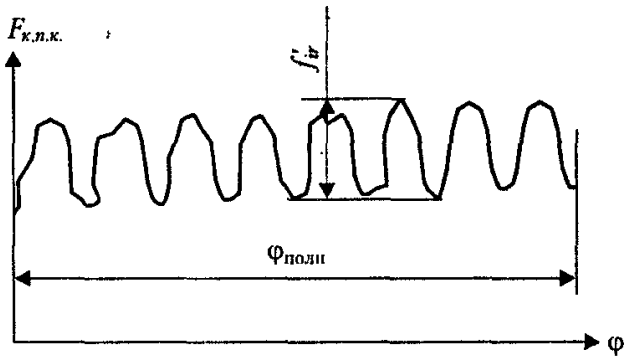


Рис. 2.47. Местная кинематическая погрешность зубчатого колеса

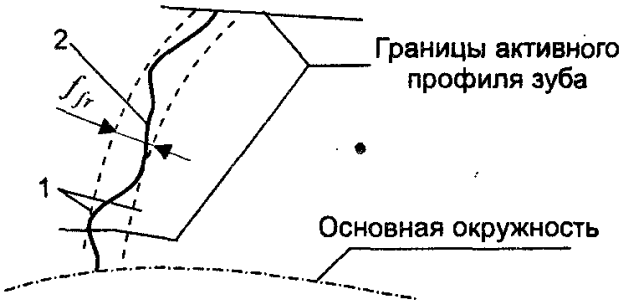


Рис. 2.48. Погрешность профиля зуба f_{fr}

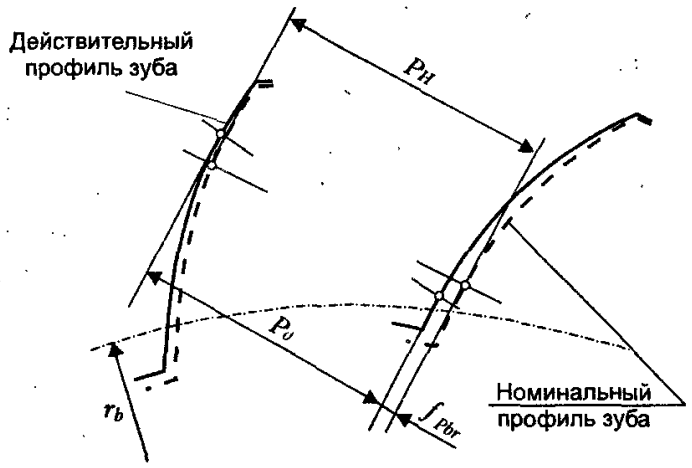


Рис. 2.49. Отклонение шага зацепления f_{Pbr}

Действительный профиль рабочего участка зуба может иметь срез у вершины головки, называемый *фланком*. Применение колес с фланкированными зубьями значительно улучшает плавность работы передачи, обеспечивая более плавный вход зубьев в зацепление и выход из него. Если плавность работы колес соответствует требованиям стандарта, контроль плавности передач не обязателен, и, наоборот, если плавность передачи соответствует нормативам, плавность колес определять не обязательно. *Отклонение шага (углового) в колесе* f_{Pbr} — это кинематическая погрешность зубчатого колеса при его повороте на один номинальный угловой шаг.

Отклонение шага зацепления f_{Pbr} — разность между действительным $P_д$ и номинальным *Pн* шагами зацепления (рис. 2.49).

Установлены верхнее и нижнее предельные *отклонения шага* $\pm f_{Pt}$ и *шага зацепления* (основного) $\pm f_{Pb}$. Вместо отклонения шага f_{Ptr} можно применять *разность любых шагов* f_{vPtr}, причем допуск на разность любых шагов $f_{vPtr} = 1{,}6\,|f_{Pt}|$.

Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе f_{ir}'' — разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемыми при повороте последнего на один угловой шаг (рис. 2.44). Эти колебания ограничиваются допусками f_i''.

Измерительное межосевое расстояние на одном зубе может изменяться вследствие колебаний положения зуборезного инструмента относительно оси колеса, неравенства шагов зацепления (основных шагов) сопрягаемых колес, погрешностей в направлении зубьев колес и т. п.

2.9.1.3. Контакт зубьев в передаче

Для повышения износостойкости и долговечности зубчатых передач необходимо, чтобы полнота контакта сопряженных боковых поверхностей зубьев колес была наибольшей. При неполном и неравномерном прилегании зубьев уменьшается несущая площадь поверхности их контакта, неравномерно распределяются контактные напряжения и смазочный материал, что приводит к интенсивному изнашиванию зубьев. Для обеспечения необходимой полноты контакта зубьев в передаче установлены наименьшие размеры суммарного пятна контакта.

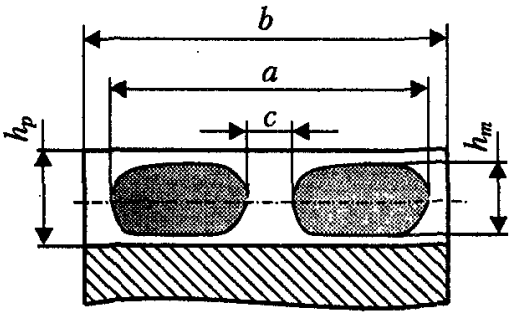


Рис. 2.50. Пятно контакта зубьев в передаче

Суммарным пятном контакта называют часть активной боковой поверхности зуба колеса, на которой располагаются следы прилегания зубьев парного колеса (следы надиров или краски) в собранной передаче после вращения под нагрузкой, устанавливаемой конструктором. Пятно контакта (рис. 2.50) определяется: по длине зуба — отношением расстояния *a* между крайними точками следов прилегания за вычетом разрывов *c*, превышающих модуль (в мм), к длине зуба *b*, то есть $[(a-c)/b]\cdot 100\%$; по высоте зуба — отношением средней (по длине зуба) высоты следов прилегания h_m к высоте зуба соответствующей активной боковой поверхности h_p, то есть $(h_m/h_p)\cdot 100\%$.

Мгновенное пятно контакта, определяемое после поворота колеса собранной передачи на полный оборот при легком торможении.

На полноту контакта колес влияют погрешности формы зубьев и погрешности их взаимного расположения в передаче.

Отклонением осевых шагов по нормали F_{Pxnr} называют разность между действительным осевым расстоянием зубьев и суммой соответствующего числа номинальных осевых шагов, умноженную на синус угла наклона делительной линии зуба β_p, то есть $F_{Pxnr} = F_{Pxr}\sin\beta$ (рис. 2.51, *а*).

Под действительным осевым расстоянием зубьев понимают расстояние между одноименными линиями зубьев косозубого зубчатого колеса по прямой, параллельной рабочей оси. Расстояние между одноименными линиями соседних зубьев является действительным осевым шагом. По ГОСТу 1643–81 предусмотрены предельные отклонения осевых шагов по нормали $\pm F_{pxn}$.

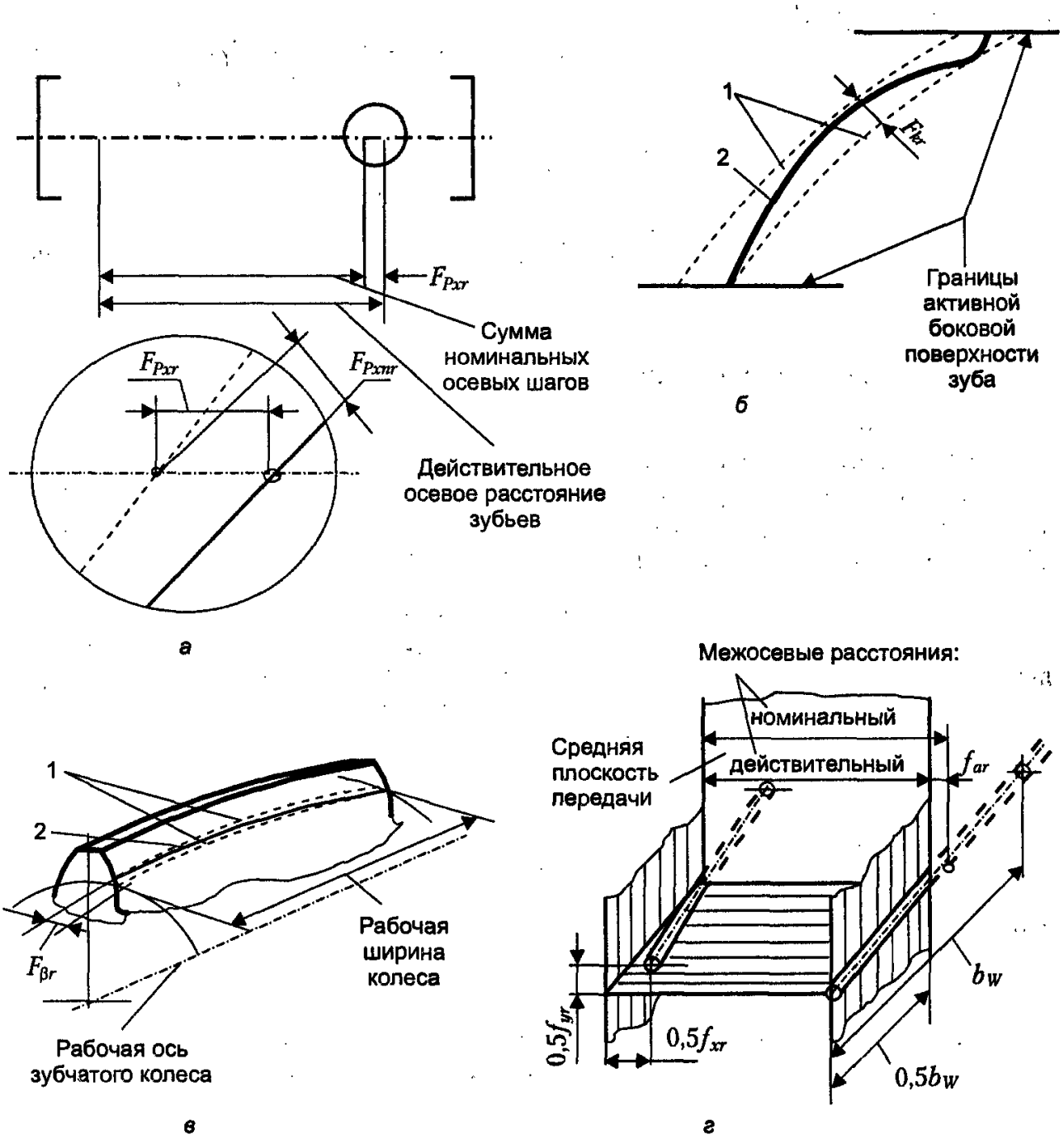


Рис. 2.51. Параметры полноты контакта зубьев в передаче: *а* — отклонение осевых шагов по нормали F_{Pxnr}; *б* — суммарная погрешность контактной линии F_{kr}; *в* — погрешность направления зуба $F_{\beta r}$; *г* — отклонение от параллельности осей f_{xr}, перекос осей f_{yr} и отклонение межосевого расстояния f_{ar}

Суммарная погрешность контактной линии F_{k}, — расстояние по нормали между двумя ближайшими номинальными потенциальными контактными линиями 1, условно наложенными на плоскость (поверхность) зацепления, между которыми

размещается действительная потенциальная контактная линия 2 на активной боковой поверхности зуба (рис. 2.51, *б*). Под контактной линией понимают линию пересечения поверхности зуба поверхностью зацепления.

Допуск на суммарную погрешность контактной линии F_k для данного модуля зависит от ширины колеса (или длины контактной линии) и коэффициента ε_β (с их увеличением допуск увеличивается). Отклонение F_{Pxnr} влияет на продольный, а погрешность F_{kr} — на высотный контакт зубьев.

Погрешность направления зуба $F_{\beta r}$ — расстояние по нормали между двумя ближайшими номинальными делительными линиями зуба 1 в торцовом сечении (рис. 2.51, *в*), между которыми проходит действительная делительная линия зуба 2, соответствующая рабочей ширине венца или полушеврона. Под действительной делительной линией зуба понимают линию пересечения действительной боковой поверхности зуба колеса делительным цилиндром, ось которого совпадает с рабочей осью. Допуск на направление зуба F_β увеличивается с увеличением ширины колеса (или длины контактной линии).

Отклонением от параллельности осей f_{xr} называют отклонение от параллельности проекций рабочих осей зубчатых колес в передаче на плоскость, в которой лежит одна из осей и точка второй оси в средней плоскости передачи (рис. 2.51, *г*). Средней плоскостью передачи считают плоскость, проходящую через середину рабочей ширины зубчатого венца или (для шевронной передачи) через середину расстояния между внешними торцами, ограничивающими рабочую ширину полушевронов.

Перекос осей f_{yr} — отклонение от параллельности проекции рабочих осей зубчатых колес в передаче на плоскость, параллельную одной из осей и перпендикулярную плоскости, в которой лежит эта ось, и точка пересечения второй оси со средней плоскостью передачи (рис. 2.51, *г*).

Отклонение от параллельности и перекос осей определяют в торцовой плоскости в линейных единицах на длине, равной рабочей ширине венца или ширине полушеврона. Эти погрешности, характеризующие точность монтажа передачи с нерегулируемым расположением осей, ограничивают допусками f_x и f_y.

Отклонениями межосевого расстояния f_{ar} определяется точность монтажа передачи (рис. 2.51, *г*). Для этой погрешности установлены предельные отклонения $\pm f_a$.

При соответствии суммарного или мгновенного пятна контакта требованиям стандарта контроль по другим показателям, определяющим контакт зубьев в передаче, не является необходимым. Допускается определять пятна контакта с помощью измерительного колеса.

2.9.1.4. Боковой зазор

Для устранения возможного заклинивания при нагреве передачи, обеспечения условий протекания смазочного материала и ограничения мертвого хода при реверсировании отсчетных и делительных реальных передач они должны иметь боковой зазор j_n (между нерабочими профилями зубьев сопряженных колес). Этот зазор необходим также для компенсации погрешностей изготовления и монтажа передачи и для устранения удара по нерабочим профилям, который

может быть вызван разрывом контакта рабочих профилей вследствие динамических явлений. Такая передача является однопрофильной (контакт зубьев колес происходит по одним рабочим профилям).

Боковой зазор определяют в сечении, перпендикулярном к направлению зубьев, в плоскости, касательной к основным цилиндрам (рис. 2.52).

Независимо от степени точности изготовления колес передачи предусмотрено шесть видов сопряжении (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *H*), определяющих различные значения $j_{n\,min}$ (рис. 2.53). Установлено шесть классов отклонений межосевого расстояния, обозначаемых в порядке убывания точности римскими цифрами от I до VI. Соответствие видов сопряжении и указанных классов, приведенных в табл. 2.13, допускается изменять.

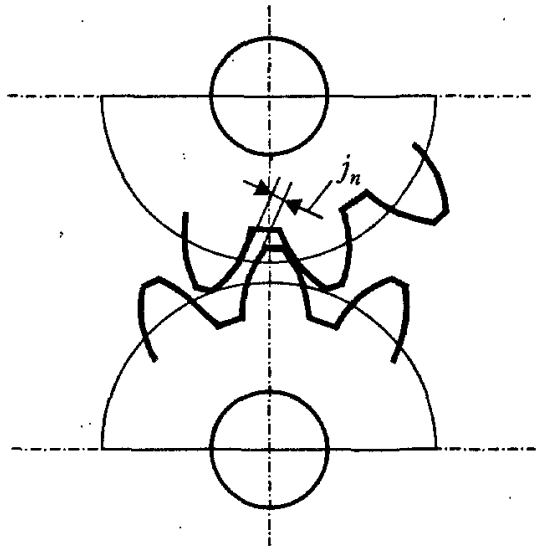


Рис. 2.52. Боковой зазор j_n

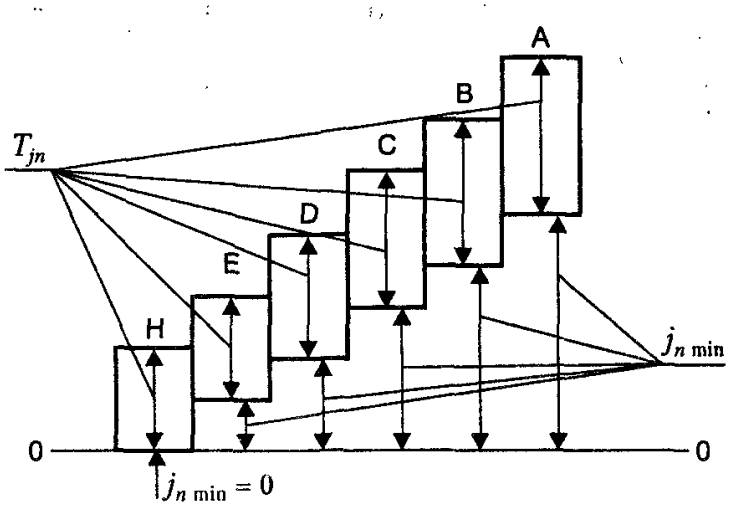


Рис. 2.53. Виды сопряжений и допуски на боковой зазор

На боковой зазор установлен допуск T_{jn}, определяемый разностью между наибольшим и наименьшим зазорами. По мере увеличения бокового зазора увеличивается допуск T_{jn}. Установлено восемь видов допуска на боковой зазор: *x*, *y*, *z*, *a*, *b*, *c*, *d*, *h*. Каждому виду сопряжения соответствует определенный вид допуска (табл. 2.13). Соответствие видов сопряжений и видов допусков допускается изменять, используя при этом и виды допуска *x*, *y* и *z*.

Боковой зазор $j_{n\,min}$, необходимый для компенсации температурных деформаций и размещения смазочного материала, определяют по формуле

$$j_{n\,min} = V + a_w(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2)\, 2 \sin\alpha,$$

где V — толщина слоя смазочного материала между зубьями;

a_w — межосевое расстояние;

α_1 и α_2 — температурные коэффициенты линейного расширения материала колес и корпуса;

Δt_1 и Δt_2 — отклонение температур колеса и корпуса от 20 °С;

α — угол профиля исходного контура.

Деформацию от нагрева определяют по нормали к профилям.

Боковой зазор обеспечивают путем радиального смещения исходного контура рейки (зуборезного инструмента) от его номинального положения в тело колеса (рис. 2.54). Под *номинальным положением исходного контура* понимают положение исходного контура на зубчатом колесе, лишенном погрешностей, при котором номинальная толщина зуба соответствует плотному двухпрофильному зацеплению.

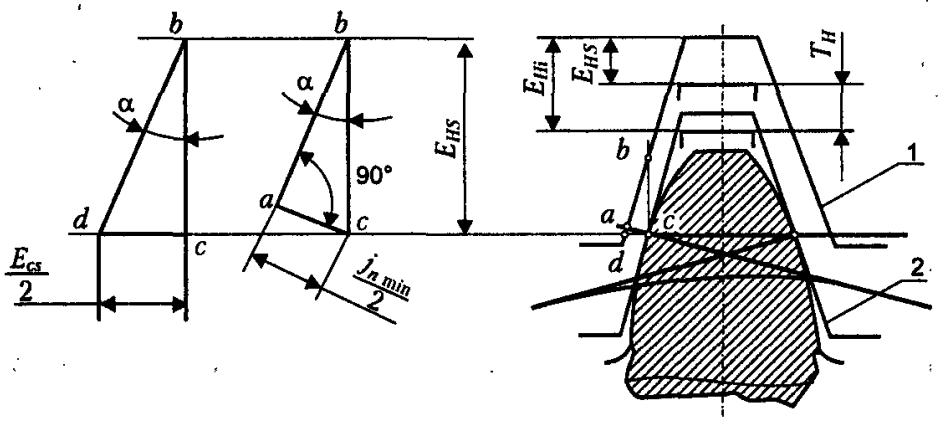


Рис. 2.54. Исходный контур: 1 — номинальное положение; 2 — действительное положение

Таблица 2.13. Виды сопряжений и соответствующие им виды допусков на боковой зазор и классы отклонений на межосевое расстояние

Виды сопряжений с зазором	Обозначение вида сопряжений	Для степеней точности по нормам плавности	Виды допусков на боковой зазор	Классы отклонений на межосевое расстояние
				I
Нулевым	H	3–7	h	II
Весьма малым	E	3–7	h	II
Малым	D	3–8	d	III
Уменьшенным	C	3–9	c	IV
Нормальным	B	3–11	b	V
Увеличенным	A	3–12	a	VI
			z, y, x	

Связь смещения исходного контура с боковым зазором j_n и утолщением зуба по постоянной хорде E_{cs} можно установить соответственно из треугольников *abc* и d_{bc} (рис. 2.54):

$$j_{n\min} = 2E_{Hs}\sin\alpha;\ E_{cs} = 2E_{Hs}\operatorname{tg}\alpha.$$

Дополнительное смещение исходного контура E_{Hr} от его номинального положения в тело зубчатого колеса осуществляют для обеспечения в передаче гаранти-

рованного бокового зазора. Наименьшее дополнительное смещение исходного контура назначают в зависимости от степени точности по нормам плавности и вида сопряжения и обозначают: для зубчатых колес с внешними зубьями как $-E_{Hs}$, для колес с внутренними зубьями через $+E_{Hi}$.

В табл. 2.14 приведены показатели, определяющие гарантированный боковой зазор, допуски и отклонения по нормам бокового зазора.

Таблица 2.14. Показатели бокового зазора

Контролируемый объект	Показатель		Допуск или отклоиение	
	наименование	обозначение	наименование	обозначение
Передача с нерегулируемым расположением осей	Отклонение межосевого расстояния	f_{ar}	Предельные отклонения межосевого расстояния	$\pm f_a$
Передача с регулируемым положением осей	Наименьший боковой зазор	$j_{n\,min}$	Допуск бокового зазора	T_{jn}
Зубчатые колеса	Наименьшее дополнительное смещение исходного контура	E_{Hs}	Допуск на смещение исходного контура	T_H
	Наименьшее отклонение средней длины общей нормали	E_{Wms}	Допуск на среднюю длину общей нормали	T_{wm}
	Наименьшее отклонение длины общей нормали	E_{Ws}	Допуск на длину общей нормали	T_w
	Наименьшее отклонение толщины зуба	E_{cs}	Допуск на толщину зуба	T_c
	Верхнее отклонение измерительного межосевого расстояния	$E_{a''s}$	Нижнее отклонение измерительного межосевого расстояния	$E_{a''i}$

ПРИМЕЧАНИЕ

Среднюю длину общей нормали определяют по формуле $W_m = (W_1 + W_2 + \ldots + Wz)/z$, где $W_1 + W_2 + \ldots + Wz$ — действительные длины общей нормали; z — число зубьев.

Общий боковой зазор должен состоять из гарантированного бокового зазора $j_{n\,min}$ и зазора K_j, компенсирующего погрешности изготовления зубчатых колес и монтажа передачи и уменьшающего боковой зазор:

$$J_{n\,min} + K_j = 2(E_{Hs1} + E_{Hs2}) \sin\alpha.$$

Зазор K_j отсчитывают по нормали к зубьям.

Необходимое наименьшее смещение исходного контура на обоих зубчатых колесах

$$E_{Hs1} + E_{Hs2} = 0{,}5\,(J_{n\,\min} + K_j)/\sin\alpha.$$

Зазор K_j предназначен для компенсации ряда погрешностей изготовления зубчатых колес и монтажа передачи и определяется по формуле

$$K_j = \sqrt{(2f_a \sin\alpha)^2 + 2(f_{Pb})^2 + 2(F_\beta)^2 + (f_x \sin\alpha)^2 + (f_y \cos\alpha)^2}.$$

Наибольший боковой зазор, получаемый между зубьями в передаче, не ограничен стандартом. Он представляет собой замыкающее звено сборочной размерной цепи, в которой составляющими размерами, ограниченными допусками, являются межосевое расстояние и смещение исходных контуров при нарезании обоих колес и др. Поэтому наибольший зазор не может превышать значения, получаемого при наиболее неблагоприятном сочетании отклонений составляющих размеров:

$$j_{n\,\max} = j_{n\,\min} + 2(T_{H1} + T_{H2} + 2f_a)\sin\alpha.$$

2.9.1.5. Обозначение точности колес и передач

Точность изготовления зубчатых колес и передач задают степенью точности, а требования к боковому зазору — видом сопряжения по нормам бокового зазора. Примеры условного обозначения: 7 — С ГОСТ 1643–81 — цилиндрическая передача со степенью точности 7 по всем трем нормам, с видом сопряжения зубчатых колес С и соответствием между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор (вид допуска с), а также между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния; 8–7–6 — Ва ГОСТ 1643–81 — цилиндрическая передача со степенью 8 по нормам кинематической точности, со степенью 7 — по нормам плавности, со степенью 6 — по нормам контакта зубьев с видом сопряжения В, видом допуска на боковой зазор а и соответствием между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния.

Пример обозначения передачи со степенью точности 7 по всем нормам, с видом сопряжения колес *С*, видом допуска на боковой зазор а и более грубым классом отклонений межосевого расстояния — *V* (при $a_w = 450$ мм и уменьшенном гарантированном боковом зазоре $j_{n\,min} = 128$ мкм): 7 — *Ca/V* — 128 ГОСТ 1643–81. Здесь уменьшенный гарантированный зазор определен по формуле

$$j'_{n\,\min} = j_{n\,\min} - 0{,}68\,(|f'_a| - |f_a|) = 155 - 0{,}68\,(120 - 80) \approx 128,$$

где f'_a — отклонение межосевого расстояния для более грубого класса;

$j_{n\,min}$ и f_a — гарантированный боковой зазор и предельное отклонение межосевого расстояния для данного вида сопряжения найдены по ГОСТ 1643–81.

При более точном классе отклонений a_w боковой зазор в передаче больше табличного и его в обозначении можно не указывать.

В тех случаях, когда на одну из норм цилиндрических зубчатых передач не задается степень точности, вместо соответствующей цифры указывается буква *N*. Например, *N* — 8–8 — D ГОСТ 9178–81.

2.9.1.6. Выбор степени точности и контролируемых параметров зубчатых передач

Степень точности колес и передач устанавливают в зависимости от требований к кинематической точности, плавности, передаваемой мощности, а также окружной скорости колес. При выборе степени точности учитывают опыт эксплуатации аналогичных передач. При комбинировании степеней точности необходимо учитывать, что нормы плавности работы колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев можно назначать по любым степеням, более точным, чем нормы плавности, а также на одну ступень грубее норм плавности.

Указанные ограничения вызваны наличием определенной взаимосвязи между показателями точности колес. Так, циклическая погрешность является частью кинематической погрешности, многократно повторяющейся за оборот колеса (рис. 2.45). Поэтому при сохранении допуска на кинематическую погрешность колеса расширение допуска на циклическую погрешность более чем на одну степень вызывает заметное уменьшение допускаемого значения кинематической погрешности и делает практически невозможным изготовление такого колеса.

Передача не может работать плавно при плохом контакте зубьев. Если контакт смещен к головке или ножке зуба, то зуб работает кромкой на входе или выходе из зацепления, что вызывает неспокойную работу передачи. В большинстве случаев степени точности по нормам контакта совпадают со степенями точности по нормам плавности.

Точность зубчатых колес проверяют различными методами и с помощью различных средств, поэтому установлено несколько равноправных вариантов показателей точности колес. Выбор контролируемых параметров (показателей точности) зубчатых колес зависит от требуемой точности, размера, особенностей производства и других факторов.

Предпочтение следует отдавать комплексным показателям F'_{ior}, f_{zzor}, f_{zkor} и суммарному пятну контакта. При комплексном контроле точность колес и передач оценивают по суммарному проявлению отклонений отдельных параметров, часть из которых может быть увеличена за счет уменьшения других или же вследствие компенсации одних погрешностей другими.

Для контроля кинематической точности, плавности, полноты контакта и бокового зазора колес установлены *комплексы контролируемых параметров*, приведенные в ГОСТ 1643–81.

Показатели кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев колес установлены так, что результаты контроля зубчатого колеса по одному из указанных комплексов не противоречат результатам проверки по другому комплексу. Например, если колесо по нормам кинематической точности признано годным по третьему комплексу, то оно не должно быть забраковано при повторном контроле по первому или любому другому комплексу. Для этого допуски различных показателей точности между собой взаимосвязаны.

2.9.2. Допуски зубчатых конических и гипоидных передач

Принципы построения системы допусков для зубчатых конических (ГОСТ 1758–81) и гипоидных передач (ГОСТ 9368–81) аналогичны принципам построения системы для цилиндрических передач. Установлено 12 степеней точности зубчатых колее и передач, причем для степеней точности 1, 2 и 3 допуски и предельные отклонения не даны (они предусмотрены для будущего развития). Для каждой степени точности установлены нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев колес в передаче. Допускается комбинирование указанных норм различных степеней точности. При этом нормы плавности могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев нельзя назначать по степеням точности более грубыми, чем нормы плавности.

Независимо от степеней точности и их комбинирования установлено шесть видов сопряжении зубчатых колес в передаче: *A*, *B*, *C*, *D*, *E* и *H* (в порядке убывания гарантированного бокового зазора).

На *кинематическую точность* колес, скомплектованных пар колес и передач кроме параметров, предусмотренных для цилиндрических передач, предусмотрены также следующие специфические параметры:

- *колебание измерительного межосевого угла пары* (измерительной пары) *за полный цикл* $F''_{i\Sigma or}$ (за полный оборот зубчатого колеса $F''_{i\Sigma r}$), определяемое разностью наибольшего и наименьшего измерительных межосевых углов за полный цикл (оборот колеса) изменения относительного положения зубчатых колее пары при беззазорном их зацеплении;
- *колебание бокового зазора в передаче* F_{vjr};
- *колебание относительного положения зубчатых колес пары* (измерительной пары) *по нормали за полный цикл* F''_{inor} (за полный оборот зубчатого колеса F''_{inr}), определяемое наибольшей разностью положений одного колеса пары относительно другого в направлении, перпендикулярном плоскости, проходящей через общую образующую начальных конусов и касательную к ним (применяются вместо $F''_{i\Sigma or}$ и $F''_{i\Sigma r}$ соответственно).

Показатели плавности работы и контакта зубьев примерно те же, что и для цилиндрических передач.

Для оценки *плавности работы* предусмотрен специфический параметр — *осевое смещение зубчатого венца* f_{AMr}, определяемое смещением зубчатого венца вдоль его оси при монтаже передачи от положения, при котором плавность работы и пятно контакта являются наилучшими, установленными при обкаточном контроле пары 1–2 (рис. 2.55). Установлены предельные осевые смещения зубчатого венца $\pm f_{AM}$.

Примеры условного обозначения точности конической передачи:

8-7-6 – В ГОСТ 1758-81.

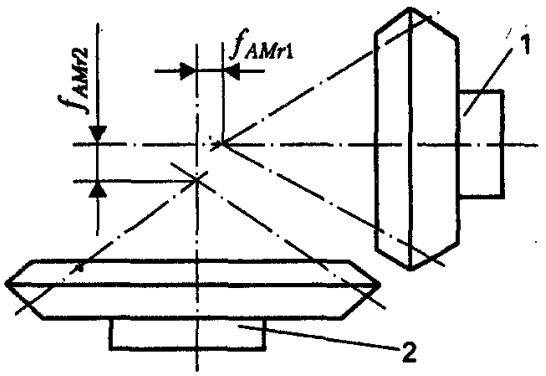


Рис. 2.55. Осевые смещения зубчатого венца конических зубчатых колес при монтаже

2.9.3. Допуски червячных цилиндрических передач

Для червячных цилиндрических передач ГОСТ 3675–81 устанавливает 12 степеней точности: 1, 2, ..., 12 (в порядке убывания точности).

Для червяков, червячных колес и червячных передач каждой степени точности установлены нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев и витков. Допускается комбинирование указанных норм разных степеней точности при соблюдении правил, аналогичных правилам, установленным для цилиндрических зубчатых передач.

Независимо от степеней точности установлено шесть видов сопряжении червяка с червячным колесом в передаче: *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *H* — и восемь видов допуска T_{jn}: *x*, *y*, *z*, *a*, *b*, *c*, *d*, *h*. Обозначения даны в порядке убывания бокового зазора и допуска на него.

Показатели кинематической точности *червячных колес* и *передач* такие же, что и у цилиндрических зубчатых передач.

Показателями плавности работы *червяков* являются:

- погрешность винтовой поверхности витка червяка f_{hsr};
- радиальное биение витка червяка f_{rr};
- отклонение осевого шага червяка f_{Pxr};
- накопленная погрешность k шагов червяка f_{Pxkr};
- погрешность винтовой линии в пределах оборота f_{lr} и на всей длине червяка f_{hkr};
- погрешность профиля витка червяка f_{flr}.

Показателями плавности работы червячных колес и передачи являются такие же показатели, что у цилиндрических зубчатых передач.

Показателями контакта зубьев червячного колеса с витками червяка являются:

- суммарное пятно контакта;
- смещение средней плоскости в передаче f_{xr} (рис. 2.56, *а*);
- отклонение межосевого расстояния в передаче f_{ar} (рис. 2.56, *б*);
- отклонение межосевого угла передачи $f_{\Sigma r}$ (рис. 2.56, *в*).

Пример условного обозначения червячной передачи:

8-7-6 Ва ГОСТ 3675–81.

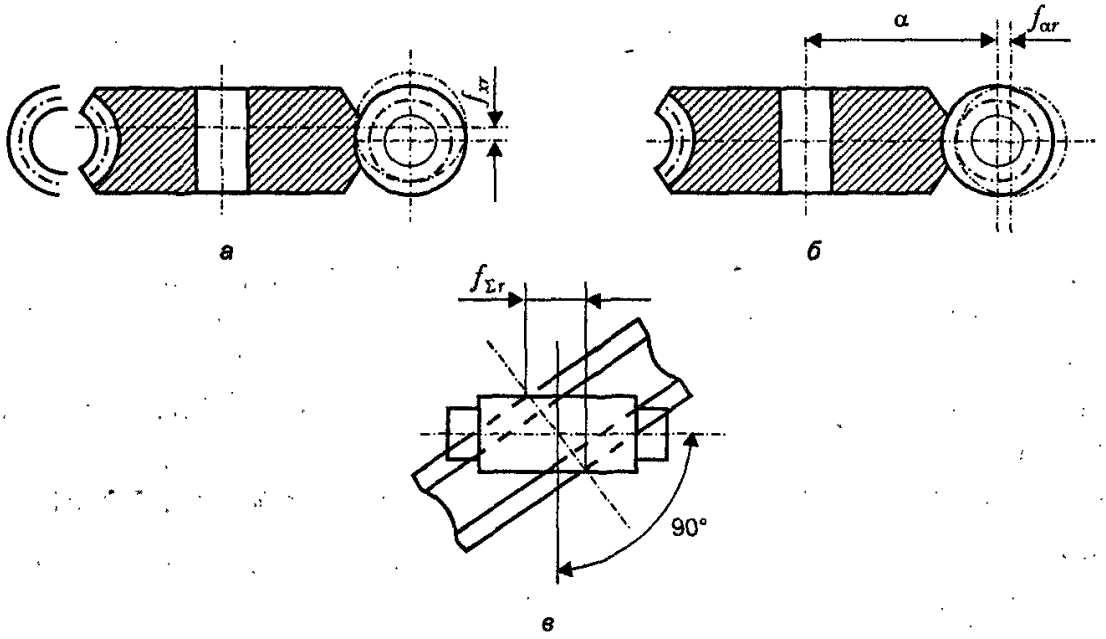


Рис. 2.56. Погрешности червячных передач

2.10. Взаимозаменяемость шлицевых соединений

Шлицевое соединение можно рассматривать как «многошпоночное» соединение, в котором шпонки выполнены заодно с валом или втулкой и расположены по всей окружности равномерно и параллельно их осям. В зависимости от профиля зубьев шлицевые соединения делятся на шлицевые прямобочные (ГОСТ 1139–80*), шлицевые эвольвентные с углом профиля 30° (ГОСТ 6033–80*) и треугольные.

Наибольшее распространение получили соединения шлицевые с прямобочным профилем зубьев, расположенных параллельно оси соединения. ГОСТ 1139–80* устанавливает число зубьев, номинальные размеры соединений легкой, средней и тяжелой серий, а также допуски для соединений с центрированием по внутреннему и наружному диаметрам и по боковым сторонам зубьев.

Шлицевые соединения называют подвижными, когда детали, насаживаемые на вал, имеют возможность осевого перемещения (например, зубчатые колеса коробок передач, муфты сцепления и другие узлы), и неподвижными, если втулка не может перемещаться относительно вала.

Шлицевые соединения с эвольвентным профилем зубьев, расположенных параллельно оси соединения, с углом профиля 30°, регламентируются ГОСТ 6033–80*. Стандарт устанавливает исходный контур, форму зубьев, номинальные диаметры, модули и числа зубьев, номинальные размеры, а также допуски и посадки.

Шлицевые соединения с эвольвентным профилем зубьев по сравнению с прямобочными обладают существенными преимуществами: они имеют большую нагрузочную способность и циклическую прочность, обеспечивают лучшее центрирование и направление деталей, проще в изготовлении.

Выбор типа шлицевых соединений связан с их конструированием и технологическими особенностями.

2.10.1. Допуски и посадки соединений с прямобочным профилем зубьев

По ГОСТ 1139–80* установлены допуски для соединений с центрированием по внутреннему d и наружному D диаметрам, а также по боковым сторонам зубьев b. Поскольку вид центрирования непосредственно связан с выбором полей допусков на отдельные элементы соединения и их посадки, то назначение допусков определяется характером центрирования.

Выбирая вид центрирования шлицевых соединений, учитывают характер и условия работы узла, номинальные размеры соединений легкой, средней и тяжелой серий и исполнение (A, B, C) шлицевых валов (рис. 2.57).

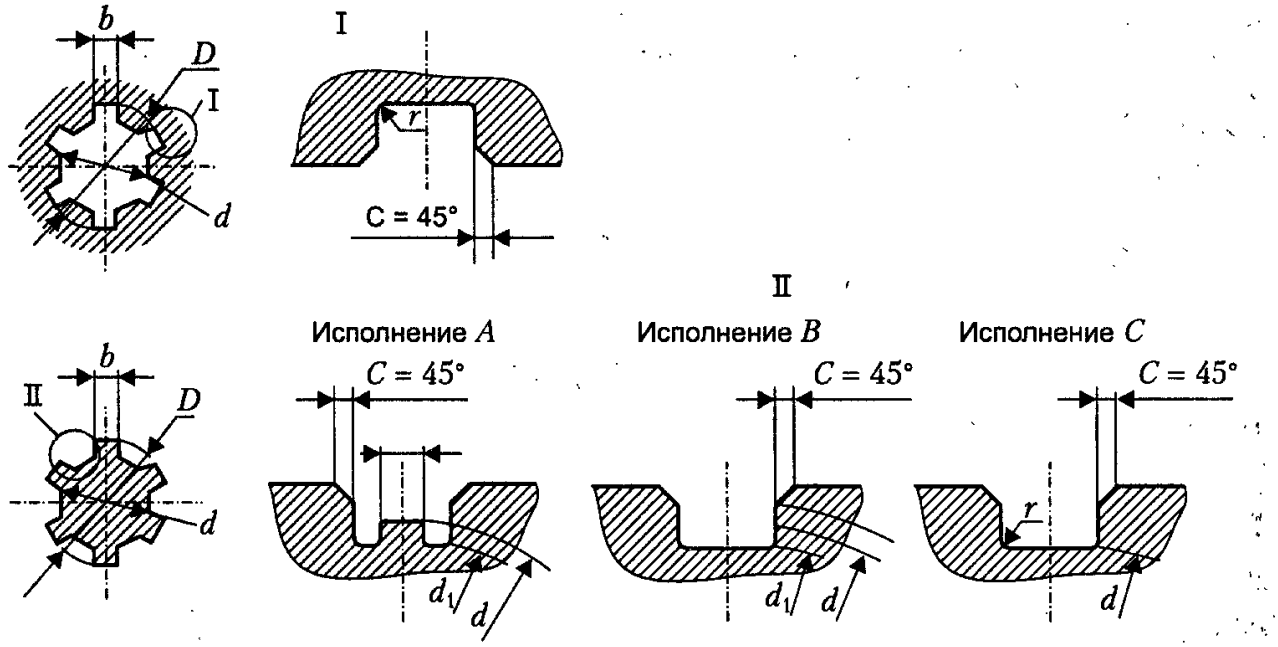


Рис. 2.57. Шлицевые соединения с прямобочным профилем зубьев

При изготовлении шлицевых валов с применением различных видов центрирования рекомендуется учитывать следующее: в соединениях легкой и средней серий размер d дан для валов исполнения A при изготовлении методом обкатки; валы соединений тяжелой серии исполнения A, как правило, методом обкатки не изготовляются; при центрировании по внутреннему диаметру шлицевые валы изготовляются в исполнениях A и C; при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам зубьев шлицевые валы изготовляются в исполнении B.

Центрирование по внутреннему диаметру d целесообразно, когда втулка имеет высокую твердость и ее нельзя обработать чистовой протяжкой (отверстие шлифуют на обычном внутришлифовальном станке) или когда могут возникнуть значительные искривления длинных валов после термической обработки. Способ обеспечивает точное центрирование и применяется обычно для подвижных соединений. Точные посадки выполняются по размерам d и b.

Центрирование по наружному диаметру D рекомендуется, когда втулку термически не обрабатывают или когда твердость ее материала после термической обработки допускает калибровку протяжкой, а вал — фрезерование до получения

окончательных размеров зубьев. Такой способ прост и экономичен. Его применяют для неподвижных соединений, а также для подвижных, воспринимающих небольшие нагрузки. Точные посадки выполняются по размерам D и b.

Центрирование по боковым сторонам зубьев b целесообразно при передаче знакопеременных нагрузок, больших крутящих моментов и при реверсивном движении. Этот метод способствует более равномерному распределению нагрузки между зубьями, но не обеспечивает высокой точности центрирования, поэтому редко применяется. Точные посадки выполняются по размеру b.

Для *нецентрирующих* диаметров рекомендуемые поля допусков приведены в ГОСТ 1139–80*.

Допуски и основные отклонения размеров d, D и b шлицевого соединения назначают по ГОСТ 25346–89.

Пример условного обозначения шлицевого соединения с числом зубьев $z = 8$, внутренним диаметром $d = 36$ мм, наружным диаметром $D = 40$ мм, шириной зуба $b = 7$ мм, с центрированием по внутреннему диаметру d, с посадкой по диаметру d — $H8/e8$ и по размеру b — $D9/f8$:

$$d - 8 \times 36H8/e8 \times 40H12/a11 \times 7D9/f8;$$

то же при центрировании по наружному диаметру с посадкой по наружному диаметру D — $H7/h7$ и по размеру b — $D9/f8$:

$$D - 8 \times 36 \times 40H7/h7 \times 7D9/f8$$

то же при центрировании по боковым сторонам зубьев:

$$b - 8 \times 36 \times 40H12/a11 \times 7D9/f8$$

Пример условного обозначения втулки того же соединения при центрировании по внутреннему диаметру: $d - 8 \times 36H8 \times 40H12 \times 7D9$;

вала того же соединения $d - 8 \times 36e8 \times 40a12 \times 7f8$.

2.10.2. Допуски и посадки шлицевых соединений с эвольвентным профилем зубьев

Номинальные размеры шлицевых соединений с эвольвентным профилем (рис. 2.58), номинальные размеры по роликам (рис. 2.59) и длины общей нормали для отдельных измерений шлицевых валов и втулок должны соответствовать ГОСТ 6033–80*.

Допуски и посадки шлицевых соединений установлены ГОСТ 6033–80* по трем видам центрирования: по боковым поверхностям зубьев, наружному диаметру и по внутреннему диаметру.

Для шлицевых эвольвентных соединений создана принципиально новая система в рамках международных норм взаимозаменяемости.

Для нормирования точности изготовления ширины впадины втулки и толщины зуба вала установлены два вида допусков: собственно ширины впадины втулки и толщины зуба вала, обозначаемые соответственно Te и Ts, и суммарный допуск T, включающий отклонение собственно ширины впадины (толщины зуба) и отклонение формы и расположения элементов профиля впадины (зуба). Расположение полей допусков собственно ширины впадины (толщины зуба) и поле

допуска для отклонения формы и расположения элементов профиля и посадки приведены на рис. 2.60. Числовые значения номинальных размеров по роликам, длин общей нормали и допусков на эти параметры, а также допусков *Te*, *Ts* и *T* даны в ГОСТ 6033–80*.

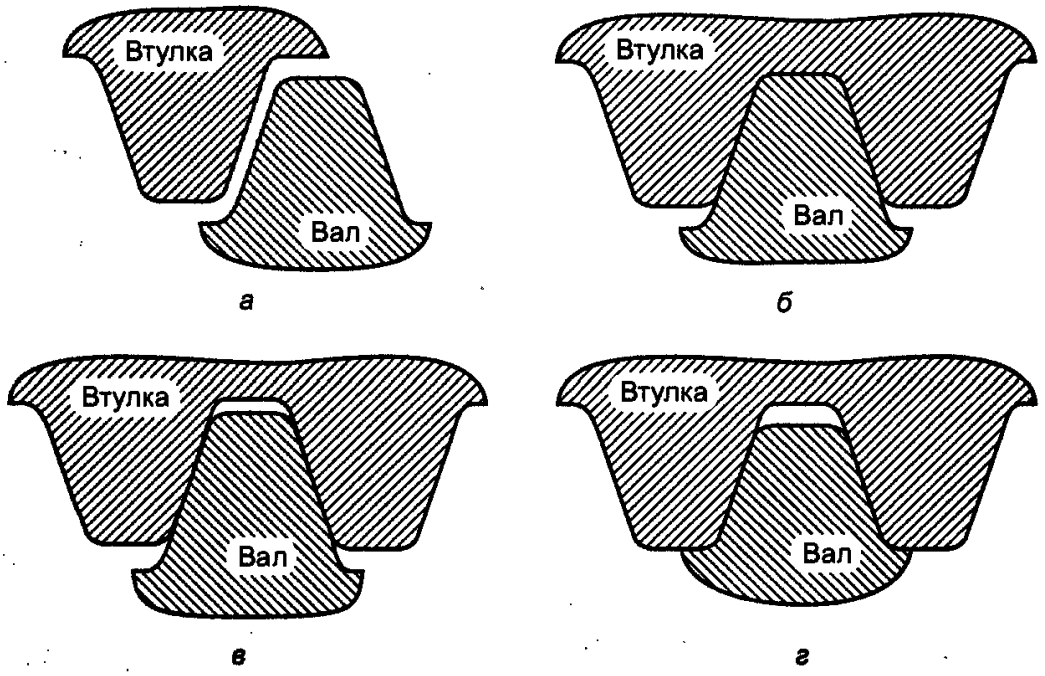


Рис. 2.58. Эвольвентные шлицевые соединения: *а* — исходный контур при центрировании по наружному диаметру; *б* — центрирование по наружному диаметру; *в* — центрирование по боковым поверхностям зубьев; *г* — центрирование по внутреннему диаметру

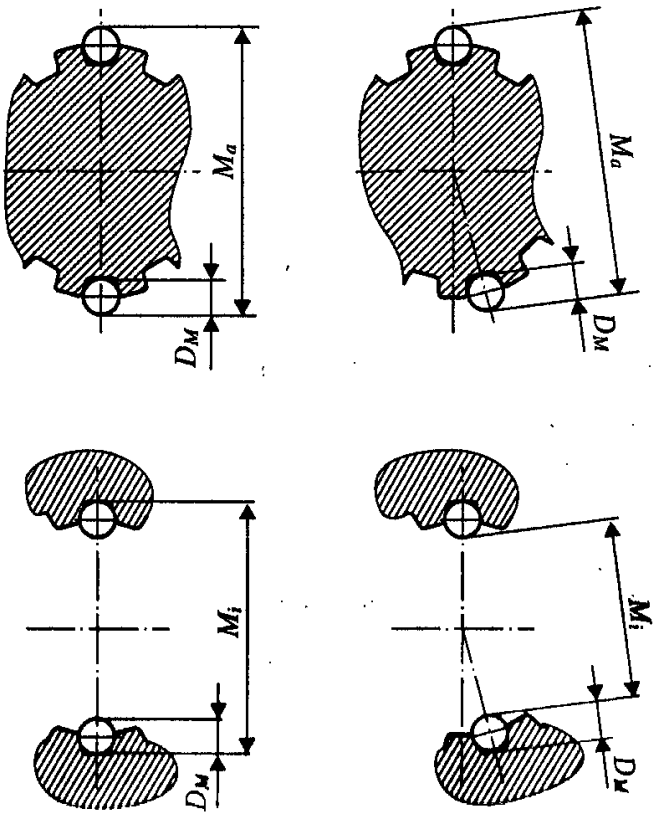


Рис. 2.59. Номинальные размеры по роликам

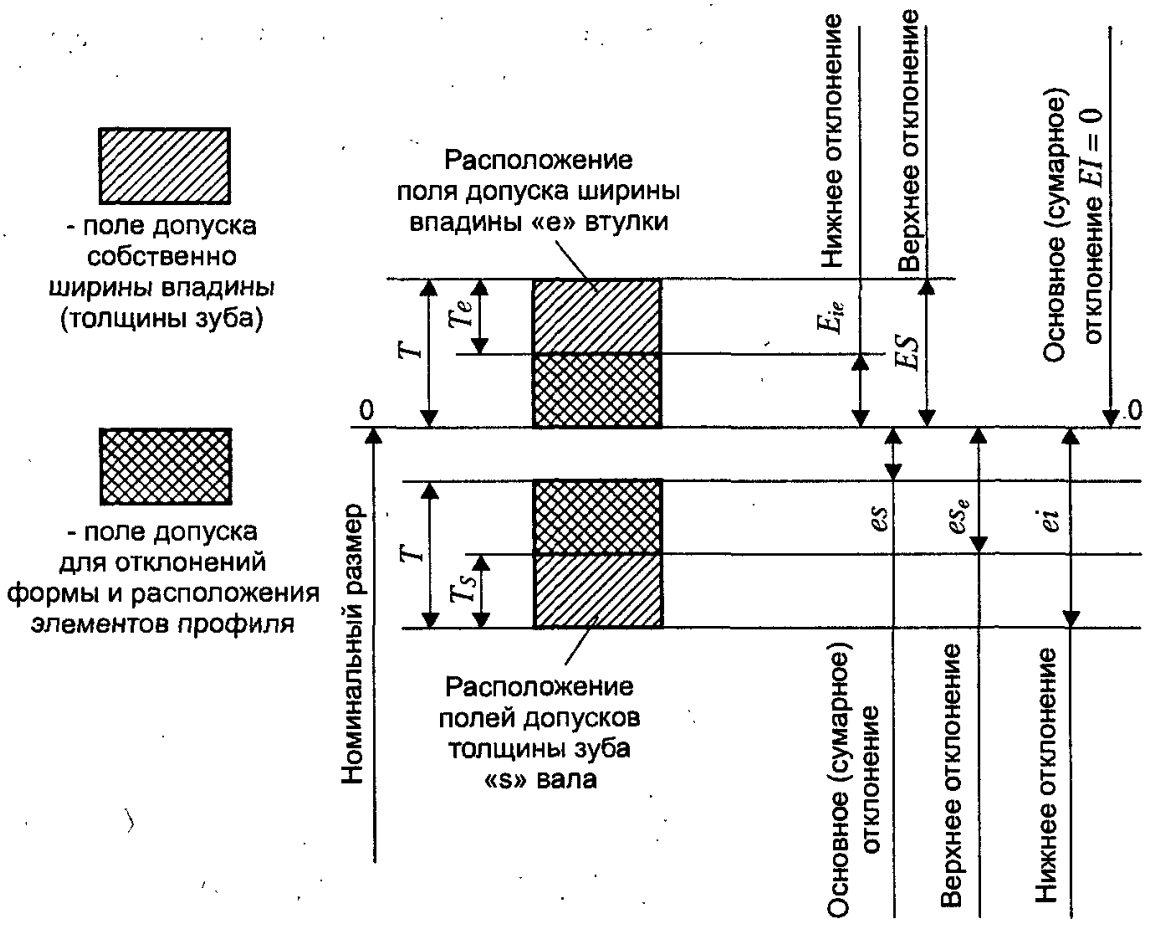


Рис. 2.60. Поля допусков по ширине впадины «e» и толщине зуба «s»

Допуски на наружный и внутренний диаметры (центрирующие и нецентрирующие) выполняются по ГОСТ 25347–82*.

Поля допусков нецентрирующих диаметров должны соответствовать указанным в ГОСТ 6033–80*.

Условные обозначения шлицевых эвольвентных соединений, валов и втулок содержат: номинальный диаметр соединения D, модуль m, обозначение посадки соединения (полей допусков втулки и вала), помещаемое после размеров центрирующих элементов, номер стандарта.

Примеры обозначений эвольвентных соединений:

1. D = 50 мм, m = 2 мм с *центрированием по боковым сторонам* зубьев, с посадкой по боковым поверхностям зубьев $9H/9g$: соединения 50 × 2 × $9H/9g$ ГОСТ 6033–80*; втулки 50 × 2 × $9H$ ГОСТ 6033–80*; вала 50 × 2 × $9g$ ГОСТ 6033–80*.
2. D = 50 мм, m = 2 мм с *центрированием по наружному диаметру*, с посадками по диаметру центрирования $H7/g6$ и по нецентрирующим боковым поверхностям зубьев $9H/9g$: соединения 50 × $7H/6g$ × 2 × $9H/9g$ ГОСТ 6033–80*; втулки 50 × $7H$ × 2 × $9H$ ГОСТ 6033–80*; вала 50 × $6g$ × 2 × $9g$ ГОСТ 6033–80*.
3. D = 50 мм, m = 2 мм с центрированием *по внутреннему диаметру* (*i*), с посадками по диаметру центрирования $H7/g6$ и по нецентрирующим боковым поверхностям зубьев $9H/9h$: соединения *i* 50 × 2 × $7H/6g$ × $9H/9h$ ГОСТ

6033–80*; втулки i 50 × 2 × 7H × 9H ГОСТ 6033–80*; вала i 50 × 2 × 6g × 9h ГОСТ 6033–80*.

2.10.3. Контроль точности шлицевых соединений

Шлицевые соединения контролируют комплексными проходными калибрами (рис. 2.61) и поэлементными непроходными калибрами.

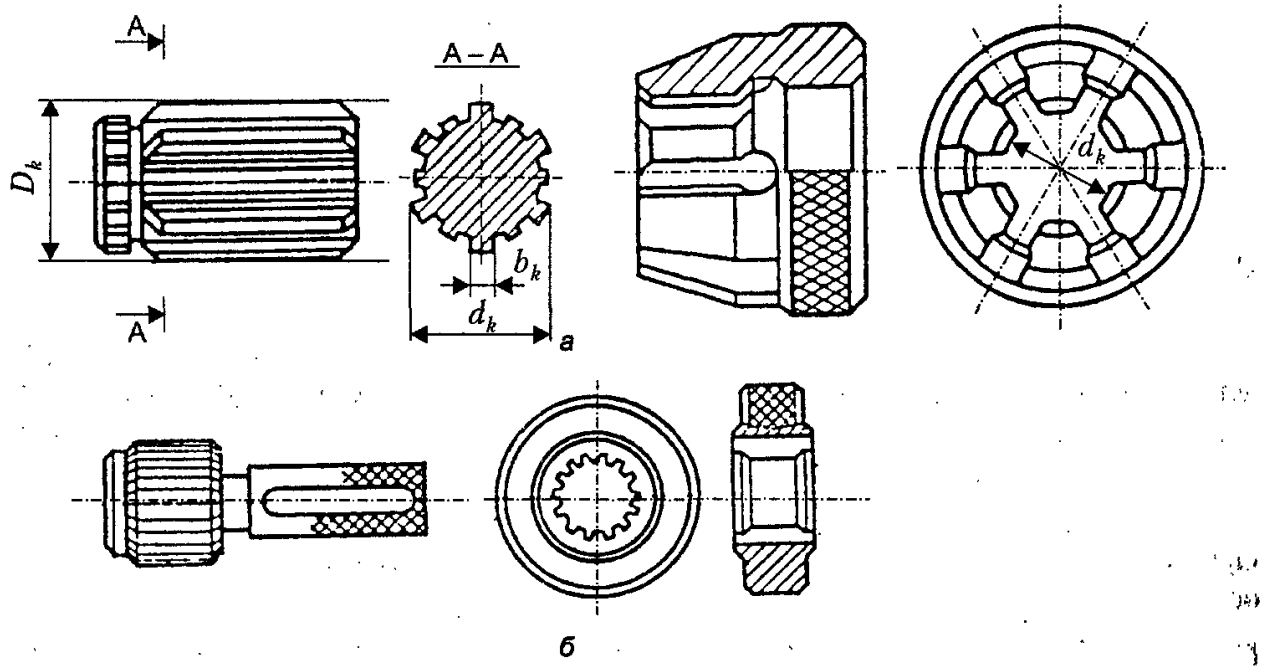


Рис. 2.61. Комплексные шлицевые калибры для контроля элементов прямобочных (*а*) и эвольвентных (*б*) соединений

Контроль шлицевого вала или втулки комплексным калибром достаточен в одном положении, без перестановки калибра. Контроль поэлементным непроходным калибром необходим не менее чем в трех различных положениях. Если поэлементный непроходной калибр проходит в одном из этих положений, контролируемую деталь считают бракованной.

Допуски калибров для контроля шлицевых прямобочных соединений регламентированы ГОСТ 7951–80*, допуски и виды калибров для контроля шлицевых эвольвентных соединений — ГОСТ 24969–81*.

2.11. Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи

2.11.1. Основные термины и определения, классификация размерных цепей

При конструировании механизмов, машин, приборов и других изделий, проектировании технологических процессов, выборе средств и методов измерений возникает необходимость в проведении размерного анализа, с помощью которого достигается правильное соотношение взаимосвязанных размеров и определяют-

ся допустимые ошибки (допуски). Подобные геометрические расчеты выполняются с использованием теории размерных цепей.

Размерной цепью называется совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур и определяющих взаимное положение поверхностей (или осей) одной или нескольких деталей.

Звеном называется каждый из размеров, образующих размерную цепь. Звеньями размерной цепи могут быть любые линейные или угловые параметры: диаметральные размеры, расстояния между поверхностями или осями, зазоры, натяги, перекрытия, мертвые ходы, отклонения формы и расположения поверхностей (осей) и т. д.

Любая размерная цепь имеет одно исходное (замыкающее) звено и два или более составляющих звеньев.

Исходным называется звено, к которому предъявляется основное требование точности, определяющее качество изделия в соответствии с техническими условиями. Понятие исходного звена используется при проектном расчете размерной цепи. В процессе обработки или при сборке изделия исходное звено получается обычно последним, замыкая размерную цепь. В этом случае такое звено именуется *замыкающим*. Понятие замыкающего звена используется при поверочном расчете размерной цепи. Таким образом, замыкающее звено непосредственно не выполняется, а представляет собой результат выполнения (изготовления) всех остальных звеньев цепи.

Составляющими называются все остальные звенья, с изменением которых изменяется и замыкающее звено.

На рис. 2.62 приведены примеры эскизов детали (*а*) и сборочного узла (*б*), а также размерные цепи для них (в виде размерных схем) — детальная (*в*) и сборочная (*г*), с помощью которых решаются задачи достижения заданной точности замыкающего звена A_Δ.

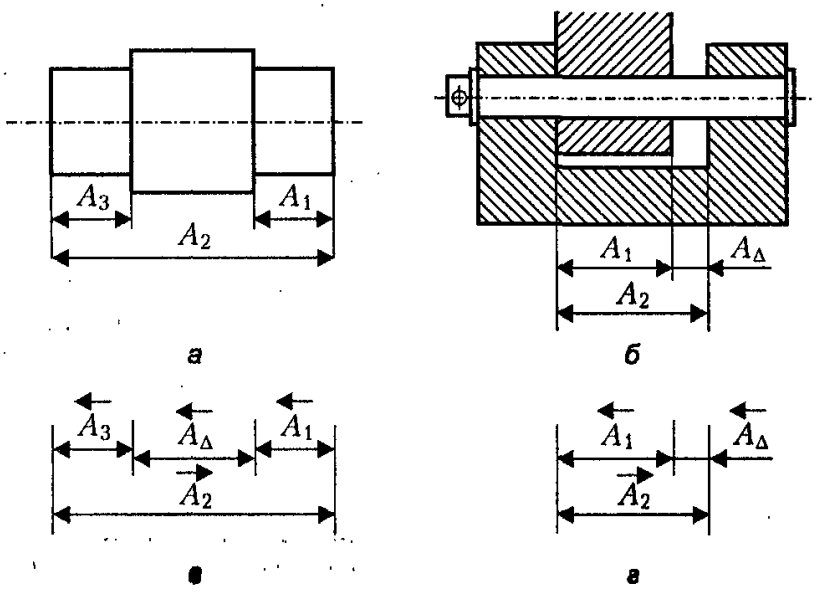


Рис. 2.62. Размерные цепи

Составляющие звенья размерной цепи разделяются на две группы. К первой группе относятся звенья, с увеличением которых (при прочих постоянных) увеличивается и замыкающее звено. Такие звенья называются *увеличивающими* (на рис. 2.62, *а* звено A_2).

Ко второй группе относятся звенья, с увеличением которых уменьшается замыкающее звено. Такие звенья называются *уменьшающими* (на рис. 2.62, *а* звено A_1 и A_3).

В более сложных размерных цепях можно выявить увеличивающие и уменьшающие звенья, применив правило обхода по контуру. На схеме размерной цепи исходному звену предписывается определенное направление, обозначаемое стрелкой над буквенным обозначением.

Все составляющие звенья также обозначаются стрелками, начиная от звена, соседнего с исходным, и должны иметь один и тот же замкнутый поток направлений (рис. 2.62, *а*). Тогда все составляющие звенья, имеющие то же направление стрелок, что и у исходного звена, будут уменьшающими, а остальные звенья цепи — увеличивающими.

Размерные цепи *классифицируются* по ряду признаков (табл. 2.15).

Расчет и анализ размерных цепей позволяет: установить количественную связь между размерами деталей машины и уточнить номинальные значения и допуски взаимосвязанных размеров исходя из эксплуатационных требований и экономической точности обработки деталей и сборки машины; определить наиболее рентабельный вид взаимозаменяемости (полная или неполная); добиться наиболее правильной простановки размеров на рабочих чертежах; определить операционные допуски и пересчитать конструктивные размеры на технологические (в случае несовпадения технологических баз с конструктивными).

Таблица 2.15. Классификация размерных цепей [10]

Классификационный признак	Название размерной цепи	Назначение, характеристика
Область применения	Конструкторская	Решается задача обеспечения точности при конструировании изделий
	Технологическая	Решается задача обеспечения точности при изготовлении изделий
	Измерительная	Решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий
Место в изделии	Детальная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей одной детали
	Сборочная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу

Продолжение

Таблица 2.15. Продолжение

Классификационный признак	Название размерной цепи	Назначение, характеристика
Расположение звеньев	Линейная	Звенья цепи являются линейными размерами. Звенья расположены на параллельных прямых
	Угловая	Звенья цепи представляют собой угловые размеры, отклонения которых могут быть заданы в линейных величинах, отнесенных к условной длине, или в градусах
	Плоская	Звенья цепи расположены произвольно в одной или нескольких параллельных плоскостях
	Пространственная	Звенья цепи расположены произвольно в пространстве
Характер звеньев	Скалярная	Все звенья цепи являются скалярными величинами
	Векторная	Все звенья цепи являются векторными погрешностями
	Комбинированная	Часть составляющих звеньев размерной цепи — векторные погрешности, остальные — скалярные величины
Характер взаимных связей	Параллельно связанные	Размерные цепи (две или более), имеющие хотя бы одно общее звено
	Независимые	Размерные цепи, не имеющие общих звеньев

Расчет размерных цепей и их анализ — обязательный этап конструирования машин, способствующий повышению качества, обеспечению взаимозаменяемости и снижению трудоемкости их изготовления. *Сущность расчета размерной цепи* заключается в установлении допусков и предельных отклонений всех ее звеньев исходя из требований конструкции и технологии. При этом различают две задачи:

- *Прямая задача.* По заданным номинальному размеру и допуску (отклонениям) исходного звена определить номинальные размеры, допуски и предельные отклонения всех составляющих звеньев размерной цепи. Такая задача относится к *проектному расчету* размерной цепи.
- *Обратная задача.* По установленным номинальным размерам, допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев определить номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена. Такая задача относится к поверочному расчету размерной цепи.

Решением обратной задачи проверяется правильность решения прямой задачи.

Существуют методы расчета размерных цепей, которые при внедрении результатов расчета обеспечивают полную и неполную (ограниченную) взаимозаменяе-

мость. Кроме того, применяют теоретико-вероятностный метод расчета размерных цепей.

2.11.2. Метод расчета размерных цепей, обеспечивающий полную взаимозаменяемость

Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, размерные цепи рассчитывают *методом максимума-минимума*, при котором допуск замыкающего размера определяют арифметическим сложением допусков составляющих размеров. Метод расчета на максимум-минимум, учитывающий только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания, обеспечивает заданную точность сборки без подгонки (подбора) деталей.

Обратная задача. Для вывода уравнений размера, предельных размеров, предельных отклонений и допуска замыкающего звена воспользуемся примером линейной размерной цепи, приведенной на рис. 2.63.

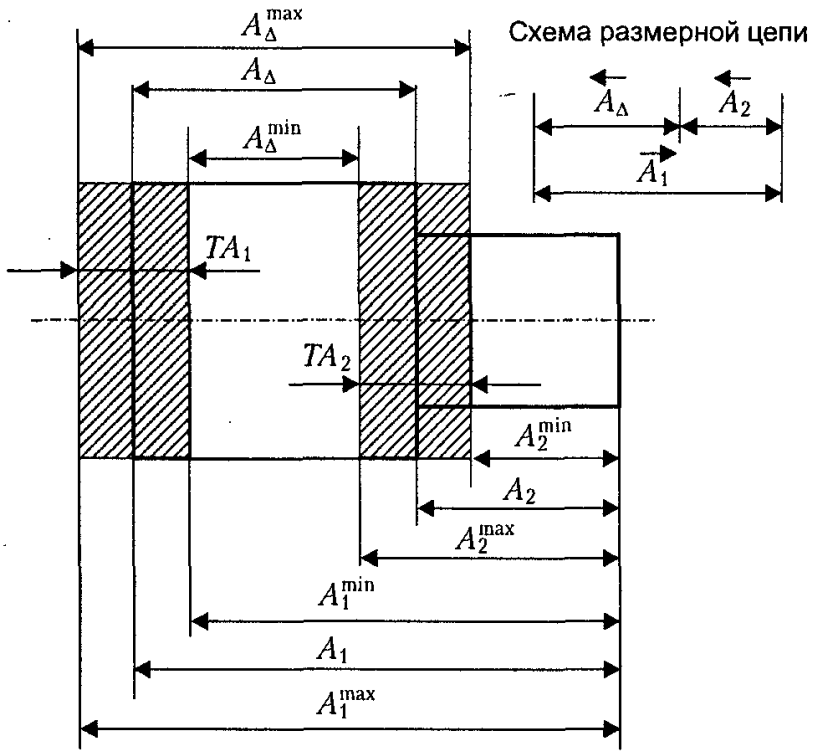


Рис. 2.63. Линейная размерная цепь

Искомые значения для замыкающего звена определятся выражениями:

- размер

$$A_\Delta = A_1 - A_2; \tag{2.6}$$

- предельные размеры

$$A_\Delta^{max} = A_1^{max} - A_2^{min},\ A_\Delta^{min} = A_1^{min} - A_2^{max}; \tag{2.7}$$

- предельные отклонения

$$Es(A_\Delta) = Es(A_1) - Ei(A_2),\ Ei(A_\Delta) = Ei(A_1) - Es(A_2); \tag{2.8}$$

- допуск

$$TA_\Delta = TA_1 + TA_2. \qquad (2.9)$$

По аналогии с уравнениями (2.6)–(2.9) зависимости для замыкающего звена при линейной размерной цепи можно представить в общем виде: $A_\Delta = A_1 - A_2$;

- размер

$$A_\Delta = \sum_{j=1}^{n} A_{juв} - \sum_{j=n+1}^{n+k} A_{juм}; \qquad (2.10)$$

- предельные размеры

$$A_\Delta^{\max} = \sum_{j=1}^{n} A_{juв}^{\max} - \sum_{j=n+1}^{n+k} A_{juм}^{\min};$$

$$A_\Delta^{\min} = \sum_{j=1}^{n} A_{juв}^{\min} - \sum_{j=n+1}^{n+k} A_{juм}^{\max};$$

- предельные отклонения

$$Es(A_\Delta) = \sum_{j=1}^{n} Es(A_j)_{ув} - \sum_{j=n+1}^{n+k} Ei(A_j)_{ум};$$

$$Ei(A_\Delta) = \sum_{j=1}^{n} Ei(A_j)_{ув} - \sum_{j=n+1}^{n+k} Es(A_j)_{ум}; \qquad (2.11)$$

- допуск

$$TA_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i, \qquad (2.12)$$

где n — количество увеличивающих звеньев;
k — количество уменьшающих звеньев;
m — общее количество звеньев, включая замыкающее звено;
Es — верхнее отклонение звена;
Ei — нижнее отклонение звена.

Прямая задача. Такая задача встречается на практике чаще. После определения размеров составляющих звеньев в результате конструирования механизма необходимо рассчитать допуски на эти размеры при заданной точности сборки (заданном допуске исходного размера). Точность составляющих размеров должна быть такой, чтобы гарантировалась заданная точность исходного (функционального) размера. Эту задачу можно решать одним из рассмотренных далее способов.

Способ равных допусков применяют, если составляющие размеры имеют один порядок (например, входят в один интервал диаметров) и могут быть выполнены с примерно одинаковой экономической точностью. В этом случае из формулы (2.12) получим средний допуск на звено

$$T_c A_i = TA_\Delta/(m-1).$$

Этот допуск корректируют для некоторых составляющих размеров в зависимости от их значений, конструктивных требований и технологических возможностей изготовления, но так, чтобы выполнялись условия по уравнениям (2.11) и (2.12). При этом выбирают стандартные поля допусков, желательно предпочтительного применения.

Способ равных допусков прост, но недостаточно точен, так как корректировка допусков составляющих размеров произвольна. Его можно рекомендовать только для предварительного назначения допусков составляющих размеров.

Способ допусков одного квалитета применяют, если все составляющие цепь размеры могут быть выполнены с допуском одного квалитета и допуски составляющих размеров зависят от их номинального значения.

Требуемый квалитет определяют следующим образом.

Допуск составляющего размера

$$TA_i = a_i\, i_i, \tag{2.13}$$

где i — единица допуска (мкм);

a — число единиц допуска, содержащееся в допуске данного размера (определяется по ГОСТ 25346–89).

Для размеров от 1 до 500 мм $i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D$, где D — средний геометрический размер (мм) для интервала диаметров по ГОСТ 25346–89, к которому относится данный линейный размер.

Подставив выражение (2.13) в уравнение (2.12) и решив его относительно a, получим:

$$a_c = \frac{TA_\Delta}{\sum_{i=1}^{m-1} i_i}. \tag{2.14}$$

По значению a_c выбирают ближайший квалитет. Число единиц допуска a_c, вычисленное по формуле (2.14), в общем случае не равно какому-либо значению a, определяющему квалитет, поэтому выбирают ближайший квалитет. Найдя по ГОСТ 25346–92 или по ГОСТ 25347–82* допуски составляющих размеров, корректируют их значения, учитывая конструктивно-эксплуатационные требования и возможность применения процесса изготовления, экономическая точность которого близка к требуемой точности размеров. Допуски для охватывающих размеров рекомендуется определять, как для основного отверстия, а для охватываемых — как для основного вала. При этом следует выполнить условия уравнения (2.12).

Найдя допуски, определяют значения и знаки верхних и нижних отклонений составляющих размеров так, чтобы они удовлетворяли уравнениям (2.11).

Решение прямой задачи способом назначения допусков одного квалитета более обосновано, чем решение способом равных допусков.

Пример 1. Рассчитать допуски и предельные отклонения для размеров A_1, A_3, A_4 и A_6 (рис. 2.64) при заданном $A_\Delta = 1 \ldots 3{,}5$ мм.

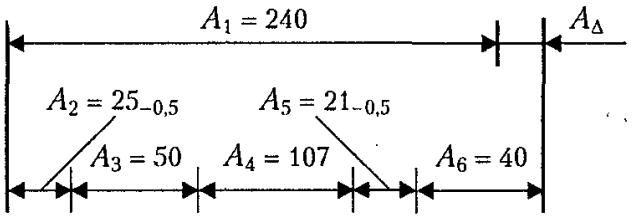


Рис. 2.64. Схема размерной цепи к примеру 1

Решим эту задачу методом полной взаимозаменяемости способом одного квалитета.

Согласно уравнению размерной цепи (2.10)

$$A_\Delta = A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 - A_1 = 25 + 50 + 107 + 21 + 40 - 240 = 3.$$

Определяем число единиц допуска или коэффициент квалитета. Для этого используем уравнение (2.14):

$$a_c = \frac{TA_\Delta - \sum_{i=1}^{k} TA_i}{\sum_{i=1}^{m-1-k} 0,45\sqrt[3]{A_i} + 0,001A_i} = \frac{TA_\Delta - \sum_{i=1}^{k} TA_i}{i_1 + i_3 + i_4 + i_6} =$$

$$= \frac{2500 - (500 + 500)}{2,9 + 1,56 + 2,17 + 1,56} = 183,$$

где $i_{A\,i}$ приняли по табл.3.3 [10]; k — количество звеньев с заданными допусками.

Зная число единиц допуска a_c, по ГОСТ 25347–82* определяем номер квалитета. В рассматриваемом случае значение находится между *IT*12 ($a = 160$) и *IT*13 ($a = 250$).

Рекомендуется выбирать допуски по более грубому квалитету. Однако в нашем случае a_c ближе к *IT*12, поэтому допуски на размер A_1 устанавливаем по *IT*13, а на остальные (более технологичные в изготовлении размеры) — по *IT*12.

Исходя из номинальных размеров звеньев цепи и выбранных квалитетов, по ГОСТ 25347–82* определяем допуски составляющих звеньев: $TA_1 = 720$ мкм; $TA_3 = 250$ мкм; $TA_4 = 350$ мкм; $TA_6 = 250$ мкм.

Произведем проверку суммы установленных допусков составляющих звеньев с остатком допуска замыкающего звена, который должен распределиться на оставшиеся составляющие звенья:

$$TA_\Delta - \sum_{i=1}^{k} TA_i = \sum_{i=1}^{m-1-k} TA_i.$$

Однако $1500 \neq 720 + 250 + 350 + 250 = 1570$.

Корректируем допуск одного составляющего звена так, чтобы получилось равенство допусков. Так как необходимо уменьшить допуск одного из звеньев, по конструкции узла следует проанализировать, какой размер экономически выгоднее выполнить более точным. Принимаем, что наиболее технологичны размеры A_3 и A_4.

Выбираем для корректировки размер A_4 и уменьшаем допуск на его изготовление на 70 мкм: $TA_4 = 280$ мкм. В этом случае равенство допусков соблюдено.

Назначаем отклонения для всех составляющих звеньев.

В рассматриваемом примере на все размеры назначаем отклонения в минус, за исключением размеров A_1 и A_6, для которых отклонения назначаем симметрично.

Проставляем отклонения на размеры:

$$A_1 = 240 \pm 0{,}360;\ A_2 = 50_{-0{,}250};\ A_4 = 107_{-0{,}280};\ A_6 = 40 \pm 0{,}125.$$

Производим проверку отклонений составляющих звеньев по отклонениям замыкающего звена:

$$E_s A_\Delta = A_{\Delta\,\max} - A_\Delta = 3{,}5 - 3 = +0{,}5;\ E_i A_\Delta = A_{\Delta\,\min} - A_\Delta = 1 - 3 = -2{,}0;\ A_\Delta = 3^{+0{,}5}_{-2{,}0}.$$

Проверяем соответствие отклонений по уравнениям (2.11):

$$+0{,}5 = (0 + 0 + 0 + 0 + 0{,}125) - (-0{,}360) = 0{,}125 + 0{,}360.$$

Поставленное условие не удовлетворяется. Тогда принимаем неизвестными отклонения для того звена, у которого корректировали допуск (нестандартный допуск), то есть A^{-x}_{4-y}.

Это звено увеличивающее, значит из уравнения (2.11) определяется его верхнее отклонение: $+0{,}5 - 0{,}125 - 0{,}360 = x;\ x = +0{,}015$.

Зная верхнее отклонение и допуск, определим нижнее отклонение по формуле

$ei = + es - T$; откуда $y = 0{,}015 - 0{,}280 = -0{,}265;\ A_4 = 107^{+0{,}015}_{-0{,}265}$.

Проверим второе отклонение по формуле (2.11):

$$-2{,}0 = (-0{,}250) + (-0{,}5) \cdot 2 + (-0{,}265) + (-0.125) - (+0{,}360) = -2{,}0.$$

Равенство удовлетворяется, значит все допуски и отклонения составляющих звеньев определены правильно.

2.11.3. Теоретико-вероятностный метод расчета размерных цепей

При расчете размерных цепей методом максимума-минимума предполагалось, что в процессе обработки или сборки возможно одновременное сочетание наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих размеров или обратное их сочетание. Оба случая наихудшие в смысле получения точности замыкающего звена, но они маловероятны, так как отклонения размеров в основном группируются около середины поля допуска. На этом положении и основан теоретико-вероятностный метод расчета размерных цепей.

Применение теории вероятностей позволяет расширить допуски составляющих размеров и тем самым облегчить изготовление деталей при практически ничтожном риске несоблюдения предельных значений замыкающего размера.

Обратная задача. В результате совместного влияния систематических и случайных погрешностей центр группирования может не совпадать с серединой поля допуска, а зона рассеяния — с величиной допуска. Величина такого несовпадения, выраженная в долях половины допуска на размер, называется коэффициентом асимметрии:

$$\alpha_j = \frac{M(A_j) - A_{cj}}{TA_j/2},$$

где $M(A_i)$ — математическое ожидание, средний арифметический размер i-го звена;
A_{ci} — размер, соответствующий середине поля допуска.

В этом случае уравнение размерной цепи по средним размерам будет иметь вид

$$A_{c\Delta} + \alpha_\Delta \frac{TA_\Delta}{2} = \sum_{j=1}^{n}\left(A_{cj.ув} + \alpha_{j.ув}\frac{TA_j}{2}\right) - \sum_{j=n+1}^{n+k}\left(A_{cj.ум} + \alpha_{i.ум}\frac{TA_{j.ум}}{2}\right). \quad (2.15)$$

Используя теорему о дисперсии,[$D(x_i) = \sigma_i^2$] суммы независимых случайных величин, можно записать:

$$\sigma_\Delta^2 = \sum_{i=1}^{m-1}\sigma_i^2. \quad (2.16)$$

Для перехода от средних квадратичних отклонений σ к допускам или полям рассеяния используют коэффициент относительного рассеяния λ_j. Он является относительным средним квадратичним отклонением и равен (при поле рассеяния $\omega_j = T_j$)

$$\lambda_i = 2\sigma_j / T_j \quad (2.17)$$

Для закона нормального распределения (при $T_j = 6\sigma_j$) $\lambda_j = \dfrac{2\sigma_j}{6\sigma_j} = \dfrac{1}{3}$;

для закона равной вероятности (при $T_j = 2\sqrt{3}\sigma_j$) $\lambda_j = \dfrac{2\sigma_j}{2\sqrt{3}\sigma_j} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$;

для закона треугольника (Симпсона) (при $T_j = 2\sqrt{6}\sigma_j$) $\lambda_j = \dfrac{2\sigma_j}{2\sqrt{6}\sigma_j} = \dfrac{1}{\sqrt{6}}$.

Подставив выражение (2.17) в уравнение (2.16), получим:

$$T_\Delta = \frac{1}{\lambda_\Delta}\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1}\lambda_j^2 T_j^2} \text{ или } T_\Delta = t\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1}\lambda_j^2 T_j^2}, \quad (2.18)$$

где t — коэффициент, зависящий от процента риска и принимаемый по данным [10].

Определив TA_Δ по формуле (2.18), вычисляют среднее отклонение замыкающего звена как

$$E_c(A_\Delta) = \sum_{j=1}^{n} E_c(A_j)_{ув} - \sum_{j=n+1}^{n+k} E_c(A_j)_{ум} \quad (2.19)$$

и его предельные отклонения:

$$Es(A_\Delta) = E_c(A_\Delta) + TA_\Delta/2; \quad Ei(A_\Delta) = E_c(A_\Delta) - TA_\Delta/2. \quad (2.20)$$

Прямая задача. Допуски составляющих размеров цепи при заданном допуске исходного размера можно рассчитывать четырьмя способами.

При *способе равных допусков* принимают, что величины TA_j, $E_c(A_j)$ и λ_j для всех составляющих размеров одинаковы. По заданному допуску TA_Δ по формуле (2.18) определяют средние допуски T_cA_j:

$$T_c A_j = \frac{TA_\Delta}{t\lambda_j \sqrt{m-1}}.$$

Найденные значения $T_c A_j$ и $E_c(A_j)$ корректируют, учитывая требования конструкции и возможность применения процессов изготовления деталей, экономическая точность которых близка к требуемой точности размеров. Правильность решения задачи проверяют по формуле (2.18).

При *способе назначения допусков одного квалитета* расчет в общем аналогичен решению прямой задачи методом полной взаимозаменяемости. При этом среднее количество единиц допуска определится по формуле

$$a_c = \frac{TA_\Delta}{t\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} i_i \lambda_i}}.$$

Способ пробных расчетов [50] заключается в том, что допуски на составляющие размеры назначают экономически целесообразными для условий предстоящего вида производства с учетом конструктивных требований, опыта эксплуатации имеющихся подобных механизмов и проверенных для данного производства значений коэффициентов λ. Правильность расчета проверяют по формуле (2.18).

Способ равного влияния [50] применяют при решении плоских и пространственных размерных цепей. Он основан на том, что допускаемое отклонение каждого составляющего размера должно вызывать одинаковое изменение исходного размера.

Пример 2. Рассчитать допуски и предельные отклонения для размеров A_1, A_3, A_4 и A_6 (рис. 2.64) при заданном A_Δ = 1...2,12 мм. TA_Δ = 1,12 мм.

Воспользуемся способом одного квалитета. Расчет ведется в той же последовательности, что и в примере 1.

Определяем коэффициент квалитета как

$$a_c = \sqrt{\frac{TA_\Delta^2 - \sum_{i=1}^{k} TA_i^2}{\sum_{i=1}^{m-1-k} i_{Ai}^2}}; \quad a_C = \sqrt{\frac{1{,}12^2 - (0{,}5^2 + 0{,}5^2)}{2{,}9^2 + 1{,}56^2 + 2{,}17^2 + 1{,}56^2}} = \sqrt{\frac{754400}{17{,}9861}} = 204,$$

где i_{Ai} приняли по табл. 3.3 [10]; k — количество звеньев с заданными допусками.

По ГОСТ 25347–82* определяем, что значение a_C, равное 204, находится между $IT12 = 160$ и $IT13 = 250$. По этому же стандарту определяем допуски на все размеры по $IT12$: TA_1 = 0,460; TA_3 = 0,250; TA_4 = 0,350; TA_6 = 0,250.

Определяем допуск замыкающего звена по уравнению (2.18):

$$TA_\Delta = t\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_{Ai}^2 TA_i^2} =$$

$$= 3\sqrt{\frac{1}{9}(0{,}46^2 + 0{,}5^2 + 0{,}25^2 + 0{,}35^2 + 0{,}5^2 + 0{,}25^2)} = 0{,}97,$$

где $\lambda_{Ai} = 1/3$ — коэффициент относительного рассеяния размеров для нормального закона распределения; $t = 3$ — коэффициент, характеризующий процент выхода рас-

четных отклонений за пределы допуска, задается в зависимости от процента риска ($P = 0{,}27\%$) [10].

Условие не выполнено, то есть $1{,}12 \neq 0{,}97$.

Чтобы получить равенство допусков, допуск одного из звеньев следует увеличить. Для этого выбираем звено A_1 (корпус) и определяем его допуск:

$$TA_1 = \sqrt{TA_\Delta^2 - \sum_{i=2}^{m-1} TA_i^2} = \sqrt{1{,}12^2 - (0{,}5^2 + 0{,}25^2 + 0{,}35^2 + 0{,}5^2 + 0{,}25^2)} = 0{,}71.$$

Назначаем отклонения составляющих звеньев аналогично предыдущему примеру:

$$A_1 = 240 \pm 0{,}355;\ A_2 = 25_{-0{,}5};\ A_3 = 50_{-0{,}25};\ A_4 = 107_{-0{,}35};\ A_5 = 21_{-0{,}5};\ A_6 = 40 \pm 0{,}125.$$

Определяем координаты центров группирования размеров, приняв коэффициент асимметрии α_i равным нулю. Это означает, что рассеяние всех составляющих звеньев симметрично относительно середины поля допуска, и координаты центров группирования размеров будут соответствовать координатам середин полей допусков:

$$E_C A_1 = 0;\ E_C A_2 = -0{,}25;\ E_C A_3 = -0{,}125;\ E_C A_4 = -0{,}175;\ E_C A_5 = -0{,}25;\ E_C A_6 = 0.$$

Определяем отклонения и координаты середины поля допуска замыкающего звена:

$$E_s A_\Delta = A_{\Delta\,\max} - A_\Delta = 2{,}12 - 3 = -0{,}88;\ A_{\Delta\,\min} - A_\Delta = 1{,}0 - 3 = -2{,}0;$$

$$E_C A_\Delta = \frac{EsA_\Delta + EiA_\Delta}{2} = \frac{-0{,}88 + (-2{,}0)}{2} = -1{,}44.$$

Проверяем координаты середин полей допусков по уравнению (2.19):

$$-1{,}44 \neq [(-0{,}25) + (-0{,}125) + (0{,}175) + (-0{,}25) + 0] - 0 = -0{,}8.$$

Для обеспечения равенства корректируем координату середины поля допуска звена A_1:

$$E_C A_1 = -0{,}8 - (-1{,}44) = +0{,}64.$$

Определяем отклонения звена A_1:

$$EsA_1 = E_C A_1 + TA_1/2 = 0{,}64 + 0{,}71/2 = +0{,}995;$$

$$EiA_1 = E_C A_1 - TA_1/2 = +0{,}64 - 71/2 = +0{,}285.\ \text{Звено } A_r = 240^{+0{,}995}_{+0{,}285}.$$

Проверка. Так как равенства в уравнениях (2.18) и (2.19) выдержаны, проверяем предельные отклонения замыкающего звена A_Δ по формулам (2.20):

$$EsA_\Delta = -1{,}44 + 1{,}12/2 = -0{,}88;\ EiA_\Delta = -1{,}44 - 1{,}12/2 = -2{,}0.$$

Требования по замыкающему звену выдержаны.

2.11.4. Метод групповой взаимозаменяемости при селективной сборке

Сущность метода *групповой взаимозаменяемости* заключается в изготовлении деталей со сравнительно широкими технологически выполнимыми допусками, выбираемыми из соответствующих стандартов, сортировке деталей на равное число групп с более узкими групповыми допусками и сборке их (после комплектования) по одноименным группам. Такую сборку называют *селективной.*

Метод групповой взаимозаменяемости применяют, когда средняя точность размеров цепи очень высокая и экономически неприемлемая.

При селективной сборке (в посадках с зазором и натягом) наибольшие зазоры и натяги уменьшаются, а наименьшие увеличиваются, приближаясь с увеличе-

нием числа групп сортировки к среднему значению зазора или натяга для данной посадки, что делает соединения более стабильными и долговечными (рис. 2.65). В переходных посадках наибольшие натяги и зазоры уменьшаются, приближаясь с увеличением числа групп сортировки к значению натяга или зазора, которое соответствует серединам полей допусков деталей.

Для установления числа групп n сортировки деталей необходимо знать требуемые предельные значения групповых зазоров или натягов, которые находят из условия обеспечения наибольшей долговечности соединения, либо допускаемое значение группового допуска $TD_{гр}$ или $Td_{гр}$, определяемое экономической точностью сборки и сортировки деталей, а также возможной погрешностью их формы. Отклонения формы не должны превышать группового допуска, иначе одна и та же деталь может попасть в разные (ближайшие) группы в зависимости от того, в каком сечении она измерена при сортировке.

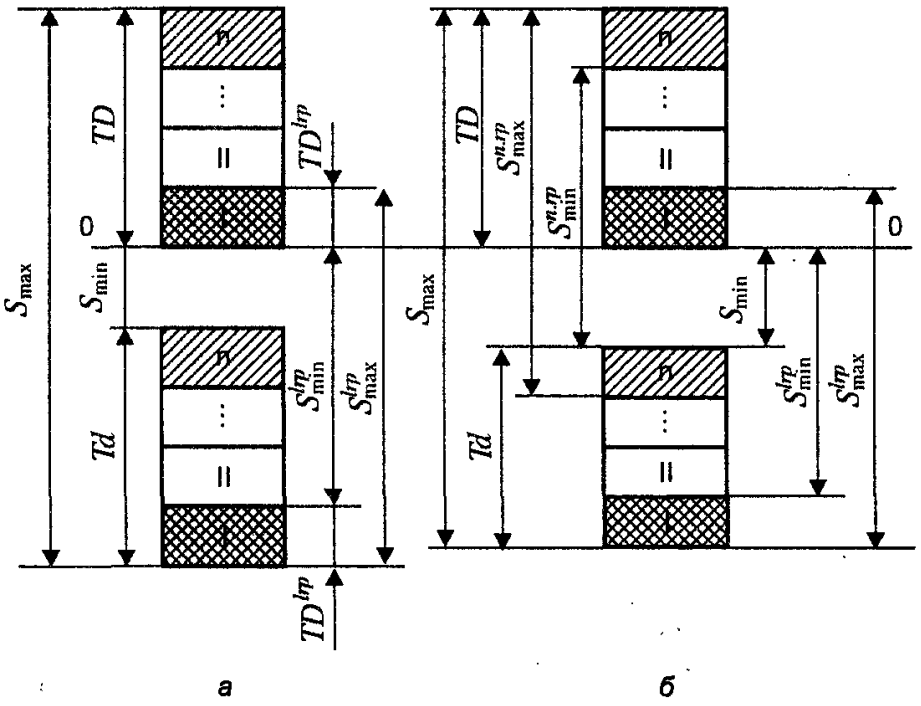


Рис. 2.65. Схемы сортировки деталей на группы

При селективной сборке изделий с посадкой, в которой $TD = Td$, групповой зазор или натяг остаются постоянными при переходе от одной группы к другой (рис. 2.65, *а*).

При $TD > Td$ групповой зазор (или натяг) при переходе от одной группы к другой не остается постоянным (рис. 2.65, *б*), следовательно, однородность соединений не обеспечивается, поэтому селективную сборку целесообразно применять только при $TD = Td$.

Селективную сборку применяют не только в сопряжениях гладких деталей цилиндрической формы, но и в более сложных по форме деталях (например, резьбовых). Селективная сборка позволяет в n раз повысить точность сборки (точность соединения) без уменьшения допусков на изготовление деталей или обеспечить заданную точность сборки при расширении допусков до экономически целесообразных величин.

Вместе с тем селективная сборка имеет недостатки: усложняется контроль (требуются больший штат контролеров, более точные измерительные средства, контрольно-сортировочные автоматы); повышается трудоемкость процесса сборки (в результате создания сортировочных групп); возможно увеличение незавершенного производства вследствие разного числа деталей в парных группах.

Для сокращения объемов незавершенного производства, образующегося при селективной сборке, применяют статистические методы анализа фактического распределения размеров по группам и вводят необходимую корректировку в методику распределения по группам.

2.11.5. Метод регулирования и пригонки

Метод регулирования. Под методом регулирования понимают расчет размерных цепей, при котором требуемая точность исходного (замыкающего) звена достигается преднамеренным изменением без удаления материала (регулированием) одного из заранее выбранных составляющих размеров, называемого *компенсирующим* (на схеме размерной цепи компенсирующее звено заключают в прямоугольник). Роль компенсатора обычно выполняет специальное звено в виде прокладки, регулируемого упора, клина и т. д. При этом по всем остальным размерам цепи детали обрабатывают по расширенным допускам, экономически приемлемым для данных производственных условий.

Номинальный размер компенсирующего звена A_K. в соответствии с выражением (2.10)

$$A_\Delta = \sum_{j=1}^{n} A_{jув} - \sum_{j=n+1}^{n+k} A_{juм} \pm A_K.$$

Значение A_K берут со знаком плюс, если размер является увеличивающим, и минус — для уменьшающих размеров.

Допуск замыкающего звена

$$TA_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i - V_K,$$

где TA_Δ — заданный допуск исходного размера, определяемый исходя из эксплуатационных требований;

TA_i — принятые расширенные технологически выполнимые допуски составляющих размеров;

VK — наибольшее возможное расчетное отклонение, выходящее за пределы поля допуска исходного звена, подлежащее компенсации.

Замыкающий размер изменяют (регулируют) с помощью компенсаторов, которые могут быть неподвижными и подвижными. Неподвижные компенсаторы чаще всего выполняют в виде промежуточных колец, набора прокладок и других подобных сменных деталей.

Толщина s каждой сменной прокладки должна быть меньше допуска исходного размера TA_Δ и определяется по выражению $s = (V_K / N) < TA_\Delta$, где N — количество прокладок. Необходимо, чтобы $N > (V_K / TA_\Delta)$.

Для условий, когда допуском на изготовление компенсатора T_K можно пренебречь, обычно принимают

$$N > (V_K / TA_\Delta) + 1. \quad (2.21)$$

Если этого сделать нельзя, то формула (2.21) принимает вид

$$N = [V_K / (TA_\Delta - T_K)] + 1.$$

Округляя значение s до ближайшего меньшего нормального размера, получают окончательное число сменных прокладок $N = (V_K / S)$.

Метод пригонки. При этом методе предписанная точность исходного размера достигается дополнительной обработкой при сборке детали по одному из заранее намеченных составляющих размеров цепи. Здесь детали по всем размерам, входящим в цепь, изготовляют с допусками, экономически приемлемыми для данных условий производства. Чтобы осуществлять пригонку по предварительно выбранному размеру, необходимо по этому размеру оставлять припуск, достаточный для компенсации исходного размера. Этот припуск должен быть наименьшим для сокращения объема пригоночных работ.

2.11.6. Расчет плоских и пространственных размерных цепей

Плоские и пространственные размерные цепи рассчитывают теми же методами, что и линейные. Необходимо лишь привести их к виду линейных размерных цепей. Это достигается путем проектирования размеров плоской цепи на одно направление, обычно совпадающее с направлением исходного (или замыкающего) размера, а пространственной цепи — на две или три взаимно перпендикулярные оси.

По формулам (2.12) и (2.18) определим допуск замыкающего размера: методом расчета на максимум-минимум

$$TA_\Delta = \sum_{j=1}^{m-1} \frac{\partial A_\Delta}{\partial A_j} TA_i; \quad (2.22)$$

теоретико-вероятностным методом

$$TA_\Delta = t \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} \left(\frac{\partial A_\Delta}{\partial A_j} \right)^2 \lambda_j^2 \, TA_j^2}. \quad (2.23)$$

В соответствии с выражением (2.10) получим уравнение замыкающего звена

$$A_\Delta = \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial A_\Delta}{\partial A_j} A_{jув} - \sum_{j=n+1}^{n+k} \frac{\partial A_\Delta}{\partial A_j} A_{jум}. \quad (2.24)$$

По аналоги с уравнением (2.15) определится координата середины поля допуска замыкающего звена при смещении ее относительно середины поля рассеяния при теоретико-вероятностном методе расчета:

$$A_{c\Delta} + \alpha_\Delta \frac{TA_\Delta}{2} =$$

$$= \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial A_\Delta}{\partial A_{j.ув}} \left(A_{cj.ув} + \alpha_{j.ув} \frac{TA_j}{2} \right) - \sum_{j=n+1}^{n+k} \frac{\partial A_\Delta}{\partial A_{j.ум}} \left(A_{cj.ум} + \alpha_{i.ум} \frac{TA_{j.ум}}{2} \right). \quad (2.25)$$

В уравнениях (2.22)–(2.25) $\partial A_\Delta / \partial A_j$ — частная производная функция замыкающего размера по j-му составляющему размеру; ее называют также передаточным отношением.

Передаточные отношения характеризуют степень и характер влияния погрешностей размеров составляющих звеньев на замыкающее. Для цепей с параллельными звеньями при расчете допусков все передаточные отношения равны единице (для увеличивающих размеров) или минус единице (для уменьшающих).

Определим размер A_Δ и допуск TA_Δ замыкающего размера плоской размерной цепи, представленной на рис. 2.66.

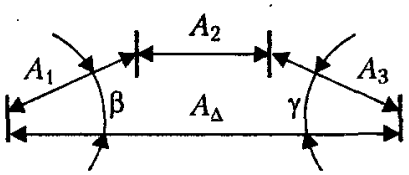


Рис. 2.66. Плоская размерная цепь

Номинальные размеры и отклонения составляющих размеров, а также углы их наклона заданы. Углы β и γ допусками не ограничены. Передаточные отношения

$$\partial A_\Delta / \partial A_1 = \cos\beta;\ \partial A_\Delta / \partial A_2 = 1;\ \partial A_\Delta / \partial A_3 = \cos\gamma.$$

Номинальный размер по формуле (2.24)

$$A_\Delta = A_1 \cos\beta + A_2 + A_3 \cos\gamma.$$

Допуск замыкающего размера по формуле (2.22)

$$TA_\Delta = TA_1 \cos\beta + TA_2 + TA_3 \cos\gamma.$$

При расчете цепи теоретико-вероятностным методом следует воспользоваться зависимостями (2.23)–(2.25).

3 Основы метрологии

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

В практической жизни человек всюду имеет дело с измерениями. На каждом шагу встречаются и известны с незапамятных времен измерения таких величин, как длина, объем, вес, время и др.

Велико значение измерений в современном обществе. Они служат не только основой научно-технических знаний, но имеют первостепенное значение для учета материальных ресурсов и планирования, для внутренней и внешней торговли, для обеспечения качества продукции, взаимозаменяемости узлов и деталей и совершенствования технологии, для обеспечения безопасности труда и других видов человеческой деятельности.

Метрология имеет большое значение для прогресса естественных и технических наук, так как повышение точности измерений — одно из средств совершенствования путей познания природы человеком, открытий и практического применения точных знаний.

Для обеспечения научно-технического прогресса метрология должна опережать в своем развитии другие области науки и техники, ибо для каждой из них точные измерения являются одним из основных путей их совершенствования.

Основными задачами метрологии (по РМГ 29–99) являются:

- установление единиц физических величин, государственных эталонов и образцовых средств измерений;
- разработка теории, методов и средств измерений и контроля;
- обеспечение единства измерений;
- разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерения и контроля;
- разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

3.1. Краткая история развития метрологии

Потребность в измерениях возникла в незапамятные времена. Для этого в первую очередь использовались подручные средства. Например, единица веса драгоценных камней — *карат*, что в переводе с языков древнего юга-востока означает «семя боба», «горошина»; единица аптекарского веса — *гран*, что в переводе с латинского, французского, английского и испанского означает «зерно». Многие меры имели антропометрическое происхождение или были связаны с конкретной трудовой деятельностью человека. Так, в Киевской Руси применялись в обиходе *вершок* — длина фаланги указательного пальца; *пядь* — расстояние между концами вытянутых большого и указательного пальцев; *локоть* — расстояние от локтя до конца среднего пальца; *сажень* — от «сягать», «достигать», то есть можно достать; *косая сажень* — предел того, что можно достать: расстояние от подошвы левой ноги до конца среднего пальца вытянутой вверх правой руки; *верста* — от «верти», «поворачивая» плуг обратно, длина борозды.

Древние вавилоняне установили *год*, *месяц*, *час*. Впоследствии 1/86 400 часть среднего периода обращения Земли вокруг своей оси (суток) получила название *секунды*.

В Вавилоне во II в. до н. э. время измерялось в *минах*. Мина равнялась промежутку времени (равному примерно двум астрономическим часам), за который из принятых в Вавилоне водяных часов вытекала «мина» воды, масса которой составляла около 500 г. Затем мина сократилась и превратилась в привычную для нас *минуту*. Со временем водяные часы уступили место песочным, а затем *более* сложным маятниковым механизмам.

Важнейшим метрологическим документом в России является Двинская грамота Ивана Грозного (1550 г.). В ней регламентированы правила хранения и передачи размера новой меры сыпучих веществ — *осьмины*. Ее медные экземпляры рассылались по городам на хранение выборным людям — старостам, соцким, целовальникам. С этих мер надлежало сделать клейменые деревянные копии для городских померщиков, а с тех, в свою очередь, — деревянные копии для использования в обиходе.

Метрологической реформой Петра I к обращению в России были допущены английские меры, получившие особенно широкое распространение на флоте и в кораблестроении, — *футы*, *дюймы*. В 1736 г. по решению Сената была образована Комиссия весов и мер под председательством главного директора Монетного двора графа М. Г. Головкина. В состав комиссии входил Леонард Эйлер. В качестве исходных мер комиссия изготовила *медный аршин* и *деревянную сажень*, за меру веществ было принято *ведро* московского Каменномостского питейного двора. Важнейшим шагом, подытожившим работу комиссии, было создание русского *эталонного фунта*.

Идея построения системы измерений на десятичной основе принадлежит французскому астроному Г. Мутону, жившему в XVII в. Позже было предложено принять в качестве единицы длины одну сорокамиллионную часть земного меридиана. На основе единственной единицы — *метра* — строилась вся система, получившая название *метрической*.

В России указом «О системе Российских мер и весов» (1835 г.) были утверждены эталоны длины и массы — *платиновая сажень и платиновый фунт.*

В соответствии с международной Метрологической конвенцией, подписанной в 1875 г., Россия получила платиноиридиевые эталоны единицы массы № 12 и 26 и эталоны единицы длины № 11 и 28, которые были доставлены в новое здание Депо образцовых мер и весов. В 1892 г. управляющим Депо был назначен Д. И. Менделеев, которую он в 1893 г. преобразует в Главную палату мер и весов — одно из первых в мире научно-исследовательских учреждений метрологического профиля.

Метрическая система в России была введена в 1918 г. декретом Совета Народных Комиссаров «О введении Международной метрической системы мер и весов». Дальнейшее развитие метрологии в России связано с созданием системы и органов служб стандартизации. Этот вопрос подробно рассмотрен в п. 1.2.

Развитие естественных наук привело к появлению все новых и новых средств измерений, а они, в свою очередь, стимулировали развитие наук, становясь все более мощным средством исследования.

3.2. Правовые основы метрологической деятельности в Российской Федерации

3.2.1. Законодательная база метрологии

Основными правовыми актами по метрологии в России являются:

1. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93, № 4871–1 в редакции 2003 г.
2. РМГ 29–99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
3. МИ* 2247–93 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
4. ГОСТ 8.417–81 ГСИ. Единицы физических величин.
5. ПР 50.2.006–94 ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения.
6. ПР 50.2.009–94 ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения.
7. ПР 50.2.014–94 ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений.
8. МИ 2277–94 ГСИ. Система сертификации средств измерений. Основные положения и порядок проведения работ.
9. ПР 50.2.002–94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм.
10. ПР 50.2.004–94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

11. ПР 50.2.017–95 ГСИ. Положение о российской системе калибровки.
12. Постановление Госстандарта России от 8 февраля 1994 г. № 8 «Порядок лицензирования деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений» (зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. № 741).
13. Постановление Госстандарта России от 08.02.94 № 8 «Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций» (зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. № 740).
14. Постановление Госстандарта РФ от 28 декабря 1995 г. N 95 «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ» (зарегистрировано в Минюсте РФ 27 февраля 1996 г. № 1037).
15. Постановление Госстандарта РФ от 8 февраля 1994 г. № 8 «Требования к государственным центрам испытаний средств измерений и порядок их аккредитации» (зарегистрировано в Минюсте РФ 13 июля 1994 г. № 635).
16. ИСО 10012–1:1992. «Требования, гарантирующие качество измерительного оборудования. — Часть 1. Система подтверждения метрологической пригодности измерительного оборудования».

ПРИМЕЧАНИЕ

МИ — рекомендации государственных метрологических научных центров.

Закон «Об обеспечении единства измерений» осуществляет регулирование отношений, связанных с обеспечением единства измерений в Российской Федерации, в соответствии с Конституцией РФ.

Основные статьи Закона устанавливают:

- основные понятия, применяемые в Законе;
- организационную структуру государственного управления обеспечением единства измерений;
- нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- единицы величин и государственные эталоны единиц величин;
- средства и методики измерений.

Закон определяет *Государственную метрологическую службу* и другие службы обеспечения единства измерений, метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц, а также виды и сферы распределения государственного метрологического контроля и надзора.

Отдельные статьи Закона содержат положения по калибровке и сертификации средств измерений и устанавливают виды ответственности за нарушение Закона.

Становление рыночных отношений наложило отпечаток на статью Закона, которая определяет основы деятельности метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц. Вопросы деятельности структурных подразделений метрологических служб на предприятиях выведены за рамки за-

конодательной метрологии, а их деятельность стимулируется чисто экономическими методами.

В тех сферах, которые не контролируются государственными органами, создается *Российская система калибровки*, также направленная на обеспечение единства измерений.

Положение о лицензировании метрологической деятельности направлено на защиту прав потребителей и охватывает сферы, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору. Право выдачи лицензии предоставлено исключительно органам Государственной метрологической службы.

В области государственного метрологического надзора введены новые виды надзора:

- за количеством товаров, отчуждаемых при торговых операциях;
- за количеством товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже;
- за банковскими, почтовыми, налоговыми и таможенными операциями;
- за обязательностью сертификации продукции и услуг.

Закон создает условия для взаимодействия с международной и национальными системами измерений зарубежных стран. Это прежде всего необходимо для взаимного признания результатов испытаний, калибровки и сертификации, а также для использования мирового опыта и тенденций в современной метрологии.

3.2.2. Юридическая ответственность за нарушение нормативных требований по метрологии

Статья 25 Закона «Об обеспечении единства измерений» предусматривает возможность привлечения юридических и физических лиц, а также государственных органов управления РФ, виновных в нарушении положений этого Закона к административной, гражданской, правовой или уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Кодексом об административных нарушениях и, в частности, статьей 170 «Нарушение обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации, нарушение требований нормативных документов по обеспечению единства измерений» предусмотрено наложение штрафа от пяти до ста минимальных размеров оплаты труда.

Гражданско-правовая ответственность наступает в ситуациях, когда в результате нарушений метрологических правил и норм юридическим или физическим лицам причинен имущественный или иной ущерб. Причиненный ущерб подлежит возмещению по иску потерпевшего на основании соответствующих актов гражданского законодательства.

К уголовной ответственности нарушители метрологических требований привлекаются в тех случаях, когда имеются признаки состава преступления, предусмотренные Уголовным кодексом.

Дисциплинарная ответственность за нарушение метрологических правил и норм определяется решением администрации (организации) на основании Кодекса законов о труде.

3.3. Объекты и методы измерений, виды контроля

3.3.1. Измеряемые величины

Измерения являются инструментом познания объектов и явлений окружающего мира. Объектами измерений являются физические объекты и процессы окружающего нас мира.

Вся современная физика может быть построена на семи основных величинах, которые характеризуют фундаментальные свойства материального мира. К ним относятся: *длина*, *масса*, *время*, *сила электрического тока*, *термодинамическая температура*, *количество вещества и сила света*. С помощью этих и двух дополнительных величин — *плоского и телесного углов* — введенных исключительно для удобства, образуется все многообразие *производных* физических величин и обеспечивается описание свойств физических объектов и явлений.

В качестве примера можно указать следующие области и виды измерений:

1. Измерения геометрических величин: длин; отклонений формы поверхностей; параметров сложных поверхностей; углов.
2. Измерения механических величин: массы; силы; крутящих моментов, напряжений и деформаций; параметров движения; твердости.
3. Измерения параметров потока, расхода, уровня, объема веществ: массового и объемного расхода жидкостей в трубопроводах; расхода газов; вместимости; параметров открытых потоков; уровня жидкости.
4. Измерения давлений, вакуумные измерения: избыточного давления; абсолютного давления; переменного давления; вакуума.
5. Физико-химические измерения: вязкости; плотности; содержания (концентрации) компонентов в твердых, жидких и газообразных веществах; влажности газов, твердых веществ; электрохимические измерения.
6. Теплофизические и температурные измерения: температуры; теплофизических величин.
7. Измерения времени и частоты: методы и средства воспроизведения и хранения единиц и шкал времени и частоты; измерения интервалов времени; измерения частоты периодических процессов; методы и средства передачи размеров единиц времени и частоты.
8. Измерения электрических и магнитных величин на постоянном и переменном токе: силы тока, количества электричества, электродвижущей силы, напряжения, мощности и энергии, угла сдвига фаз; электрического сопротивления, проводимости, емкости, индуктивности и добротности электрических цепей; параметров магнитных полей; магнитных характеристик материалов.
9. Радиоэлектронные измерения: интенсивности сигналов; параметров формы и спектра сигналов; параметров трактов с сосредоточенными и распределенны-

ми постоянными; свойств веществ и материалов радиотехническими методами; антенные.

10. Измерения акустических величин: акустические — в воздушной среде и в газах; акустические — в водной среде; акустические — в твердых телах; аудиометрия и измерения уровня шума.
11. Оптические и оптико-физические измерения: световые, измерения оптических свойств материалов в видимой области спектра; энергетических параметров некогерентного оптического излучения; энергетических параметров пространственного распределения энергии и мощности непрерывного и импульсного лазерного и квазимонохроматического излучения; спектральных, частотных характеристик, поляризации лазерного излучения; параметров оптических элементов, оптических характеристик материалов; характеристик фотоматериалов и оптической плотности.
12. Измерения ионизирующих излучений и ядерных констант: дозиметрических характеристик ионизирующих излучений; спектральных характеристик ионизирующих излучений; активности радионуклидов; радиометрических характеристик ионизирующих излучений.

В *квалиметрии* (разделе метрологии), посвященной измерению качества, не принято деление показателей качества на основные и производные. Здесь выделяются единичные и комплексные показатели качества. При этом единичные относятся к одному из свойств продукции, а комплексные характеризуют сразу несколько из свойств.

Размерность измеряемой величины является качественной ее характеристикой и обозначается символом dim, происходящим от слова dimension. Размерность *основных* физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами. Например, для длины, массы и времени $\dim l = L$; $\dim m = M$; $\dim t = T$.

При определении размерности *производных* величин руководствуются следующими правилами [47]:

1. Размерности левой и правой частей уравнений не могут не совпадать, так как сравниваться между собой могут только одинаковые свойства. Объединяя левые и правые части уравнений, можно прийти к выводу, что алгебраически суммироваться могут только величины, имеющие одинаковые размерности.
2. Алгебра размерностей мультипликативна, то есть состоит из одного-единственного действия — умножения.
   - Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей. Так, если зависимость между значениями величин Q, A, B, C имеет вид $Q = A \cdot B \cdot C$, то $\dim Q = \dim A \cdot \dim B \cdot \dim C$.
   - Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, то есть если $Q = A/B$, то $\dim Q = \dim A/\dim B$.
   - Размерность любой величины, возведенной в некоторую степень, равна такой же степени ее размерности. Так, если $Q = A^n$, то

$$\dim Q = \prod^{n} \dim A = \dim^n A.$$

Например, если скорость определять по формуле $V = l/t$, то $\dim V = \dim l/\dim t = L/T = LT^{-1}$. Если сила по второму закону Ньютона $F = m\,a$, где $a = V/t$ — ускорение тела, то $\dim F = \dim m \dim a = ML/T^2 = MLT^{-2}$.

Таким образом, всегда можно выразить размерность производной физической величины через размерности основных физических величин с помощью степенного одночлена: $\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} \ldots$, где L, M, T, ... — *размерности* соответствующих основных физических величин; α, β, γ, ... — *показатели размерности*. Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным числом, нулем. Если все показатели размерности равны нулю, то такая величина называется *безразмерной*. Она может быть *относительной*, определяемой как отношение одноименных величин (например, относительная диэлектрическая проницаемость), и *логарифмической*, определяемой как логарифм относительной величины (например, логарифм отношения мощностей или напряжений). В гуманитарных науках, искусстве, спорте, квалиметрии, где номенклатура основных величин не определена, теория размерностей не находит пока эффективного применения.

Размер измеряемой величины является количественной ее характеристикой. Получение информации о размере физической величины является содержанием любого измерения.

В теории измерений принято, в основном, различать пять типов шкал: наименований, порядка, разностей (интервалов), отношений и абсолютные.

Шкалы наименований характеризуются только отношением эквивалентности (равенства). Примером такой шкалы является распространенная классификация (оценка) цвета по наименованиям (атласы цветов до 1000 наименований).

Шкалы порядка — это расположенные в порядке возрастания или убывания размеры измеряемой величины. Расстановка размеров в порядке их возрастания или убывания с целью получения измерительной информации по шкале порядка называется *ранжированием*. Для облегчения измерений по шкале порядка некоторые точки на ней можно зафиксировать в качестве опорных (реперных). Недостатком реперных шкал является неопределенность интервалов между реперными точками. Поэтому баллы нельзя складывать, вычислять, перемножать, делить и т. п. Примерами таких шкал являются: знания студентов по баллам, землетрясения по 12-балльной системе, сила ветра по шкале Бофорта, чувствительность пленок, твердость по шкале Мооса и т. д.

Шкалы разностей (интервалов) отличаются от шкал порядка тем, что по шкале интервалов можно уже судить не только о том, что размер больше другого, но и на сколько больше. По шкале интервалов возможны такие математические действия, как сложение и вычитание. Характерным примером является шкала интервалов времени, поскольку интервалы времени можно суммировать или вычитать, но складывать, например, даты каких-либо событий не имеет смысла.

Шкалы отношений описывают свойства, к множеству самих количественных проявлений которых применимы отношения эквивалентности, порядка и суммирования, а следовательно, вычитания и умножения. В шкале отношений существует нулевое значение показателя свойства. Примером является шкала длин. Любое измерение по шкале отношений заключается в сравнении неизвестного

размера с известным и выражении первого через второй в кратном или дольном отношении.

Абсолютные шкалы обладают всеми признаками шкал отношений, но в них дополнительно существует естественное однозначное определение единицы измерения. Такие шкалы соответствуют относительным величинам (отношения одноименных физических величин, описываемых шкалами отношений). К таким величинам относятся коэффициент усиления, ослабления и т. п. Среди этих шкал существуют шкалы, значения которых находятся в пределах от 0 до 1 (коэффициент полезного действия, отражения и т. п.).

Измерение (сравнение неизвестного с известным) происходит под влиянием множества случайных и неслучайных, аддитивных (прибавляемых) и мультипликативных (умножаемых) факторов, точный учет которых невозможен, а результат совместного воздействия непредсказуем.

Основной постулат метрологии — *отсчет* — является случайным числом.

Математическая модель измерения по шкале сравнения имеет вид

$$q = \frac{Q + V}{[Q]} + U,$$

где q — результат измерения (числовое значение величины Q); Q — значение измеряемой величины; $[Q]$ — единица данной физической величины; V — масса тары (например, при взвешивании); U — слагаемая от аддитивного воздействия

$$Q = q \cdot [Q] - U \cdot [Q] - V.$$

При однократном измерении

$$Q_i = q_i \cdot [Q] + \theta_i,$$

где $q_i \cdot [Q]$ — результат измерения (однократного);
$\theta_i = -U[Q] - V$ — суммарная поправка.

Значение измеряемой величины при многократном измерении

$$\overline{Q}n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Q_i.$$

3.3.2. Международная система единиц физических величин

Когерентная, или согласованная Международная система единиц физических величин (СИ, SI) принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам. По этой системе предусмотрено семь основных единиц (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела и моль) и две дополнительные (для плоского угла радиан и для телесного угла — стерадиан). Все остальные физические величины могут быть получены как производные основных. Основные и дополнительные единицы системы SI приведены в табл 3.1.

В качестве эталона единицы длины утвержден *метр*, который равен длине пути, проходимого светом в вакууме за 1/299.792.458 долю секунды.

Таблица 3.1. Основные и дополнительные единицы системы SI

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			международное	русское
Основные				
Длина	L	Метр	m	м
Масса	M	Килограмм	kg	кг
Время	T	Секунда	s	с
Сила электрического тока	I	Ампер	A	А
Термодинамическая температура	θ	Кельвин	K	К
Количество вещества	N	Моль	mol	моль
Сила света	J	Кандела	cd	кд
Дополнительные				
Плоский угол		Радиан	rad	рад
Телесный угол		Стерадиан	cr	ср

Эталон единицы массы — *килограмм* — представляет собой цилиндр из сплава платины (90%) и иридия (10%), у которого диаметр и высота примерно одинаковы (около 30 мм).

За единицу времени принята *секунда*, равная 9.192.631.770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Эталоном единицы силы тока принят *ампер* — сила не изменяющегося во времени электрического тока, который, протекая в вакууме по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади круглого поперечного сечения, расположенным один от другого на расстоянии 1 м, создает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия $2 \cdot 10^{-7}$ *Н*.

Единицей термодинамической температуры является *кельвин*, составляющий 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды.

За эталон количества вещества принят *моль* — количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов частиц, сколько атомов содержится в 12 г углерода-12 (1 моль углерода имеет массу 2 г, 1 моль кислорода — 32 г, а 1 моль воды — 18 г).

Эталон единицы силы света — *кандела* — представляет собой силу света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Радиан равен углу между двумя радиусами окружности, дуга между которыми по длине равна радиусу.

Стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, по длине равной радиусу сферы.

3.3.3. Виды и методы измерений

Измерение — совокупность операций по применению системы измерений для получения значения измеряемой физической величины.

Можно выделить следующие виды измерений.

1. По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения методы измерений подразделяются на:
   - *статические*, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени;
   - *динамические*, в процессе которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени.

   Статическими измерениями являются, например, измерения размеров тела, постоянного давления; динамическими — измерения пульсирующих давлений, вибраций.
2. По способу получения результатов измерений (виду уравнения измерений) методы измерений разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные.
   - При *прямом* измерении искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных, например, измерение угла угломером или измерение диаметра штангенциркулем.
   - При *косвенном* измерении искомое значение величины определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, например определение среднего диаметра резьбы с помощью трех проволочек или угла с помощью синусной линейки.
   - *Совместными* называют измерения, производимые одновременно (прямые или косвенные) двух или нескольких неодноименных величин. Целью совместных измерений является нахождение функциональной зависимости между величинами, например зависимости длины тела от температуры, зависимости электрического сопротивления проводника от давления и т. п.
   - *Совокупные* — это такие измерения, в которых значения измеряемых величин находят по данным повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Результаты совокупных измерений находят путем решения системы урав-

нений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений. Например, совокупными являются измерения, при которых массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

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

   - *Измерения максимально возможной точности*, достижимой при существующем уровне техники. К ним относятся в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин, и, кроме того, измерения физических констант, прежде всего универсальных (например, абсолютного значения ускорения свободного падения и др.).

   К этому же классу относятся и некоторые специальные измерения, требующие высокой точности.

   - *Контрольно-поверочные измерения*, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторое заданное значение. К ним относятся измерения, выполняемые лабораториями государственного надзора за внедрением и соблюдением стандартов и состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями с погрешностью заранее заданного значения.
   - *Технические измерения*, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на машиностроительных предприятиях, на щитах распределительных устройств электрических станций и др.

4. По способу выражения результатов измерений различают абсолютные и относительные измерения.

   - *Абсолютное* измерение основано на прямых измерениях величины и (или) использовании значений физических констант, например, измерение размеров деталей штангенциркулем или микрометром.
   - При *относительных* измерениях величину сравнивают с одноименной, играющей роль единицы или принятой за исходную, например измерение диаметра вращающейся детали по числу оборотов соприкасающегося с ней аттестованного ролика.

5. В зависимости от совокупности измеряемых параметров изделия различают поэлементный и комплексный методы измерения.

   - *Поэлементный* метод характеризуется измерением каждого параметра изделия в отдельности (например, эксцентриситета, овальности, огранки цилиндрического вала).
   - *Комплексный* метод характеризуется измерением суммарного показателя качества (а не физической величины), на который оказывают влияние отдельные его составляющие (например, измерение радиального биения цилиндрической детали, на которое влияют эксцентриситет, овальность и др.).

Можно выделить следующие методы измерений.

1. *По способу получения значений* измеряемых величин различают два основных метода измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.
   - *Метод непосредственной оценки* — метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение длины с помощью линейки или размеров деталей микрометром, угломером и т. д.).
   - *Метод сравнения с мерой* — метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, для измерения диаметра калибра микрокатор устанавливают на нуль по блоку концевых мер длины, а результаты измерения получают по отклонению стрелки микрокатора от нуля, то есть сравнивается измеряемая величина с размером блока концевых мер. О точности размера судят по отклонению стрелки микрокатора относительно нулевого положения.

   Существуют несколько разновидностей метода сравнения:
   - *метод противопоставления*, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения;
   - *дифференциальный метод*, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой. Этим методом, например, определяют отклонение контролируемого диаметра детали на оптиметре после его настройки на нуль по блоку концевых мер длины;
   - *нулевой метод*, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля. Подобным методом измеряют электрическое сопротивление по схеме моста с полным его уравновешиванием;
   - *метод совпадений*, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов (например, при измерении штангенциркулем используют совпадение отметок основной и нониусной шкал).
2. *При измерении линейных величин* независимо от рассмотренных методов различают контактный и бесконтактный методы измерений.
3. *В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения*, различают инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический методы измерений.
   - *Инструментальный* метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.
   - *Экспертный* метод оценки основан на использовании данных нескольких специалистов. Широко применяется в квалиметрии, спорте, искусстве, медицине.
   - *Эвристические* методы оценки основаны на интуиции. Широко используется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сначала

сравниваются между собой попарно, а затем производится ранжирование на основании результатов этого сравнения.

- *Органолептические* методы оценки основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса). Часто используются измерения на основе впечатлений (конкурсы мастеров искусств, соревнования спортсменов).

3.3.4. Виды контроля

Контроль — это процесс получения и обработки информации об объекте (параметре детали, механизма, процесса и т. д.) с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах.

Классификация видов контроля [49].

1. По возможности (или невозможности) использования продукции после выполнения контрольных операций различают неразрушающий и разрушающий контроль.
   - При *неразрушающем* контроле соответствие контролируемого размера (или значения) норме определяется по результатам взаимодействия различных физических полей и излучений с объектом контроля. Интенсивность полей и излучений выбирается такой, чтобы не только не происходило разрушений объекта контроля, но и не менялись его свойства во время контроля. В зависимости от природы физических полей и излучений виды неразрушающего контроля разделяются на следующие группы: акустические, радиационные, оптические, радиоволновые, тепловые, магнитные, вихревые, электрические, проникающих веществ.
   - При *разрушающем* контроле определение соответствия (или несоответствия) контролируемого размера (или значения) норме сопровождается разрушением изделия (объекта контроля), например, при проверке изделия на прочность.
2. *По характеру распределения по времени* различают непрерывный, периодический и летучий контроль.
   - *Непрерывный* контроль состоит в непрерывной проверке соответствия контролируемых размеров (или значений) нормам в течение всего процесса изготовления или определенной стадии жизненного цикла.
   - При *периодическом* контроле измерительную информацию получают периодически через установленные интервалы времени τ. Период контроля τ может быть как меньше, так и больше времени одной технологической операции $\tau_{оп}$. Если $\tau = \tau_{оп}$, то периодический контроль становится операционным (или послеоперационным).
   - *Летучий* контроль проводят в случайные моменты времени.
3. *В зависимости от исполнителя* контроль разделяется на: *самоконтроль, контроль мастером, контроль ОТК* (отделом технического контроля) и *инспекционный* контроль (специально уполномоченными представителями). *Инспекционный* контроль в зависимости от того, какая организация уполномочила представителя проводить контроль подразделяется на: ведомственный, меж-

ведомственный, вневедомственный, государственный (выполняемый контролёрами Госстандарта).

4. *По стадии технологического (производственного) процесса* отличают входной, операционный и приемочный (приемосдаточный) контроль.
   - *Входному* контролю подвергают сырье, исходные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, техническую документацию и т. п., иначе говоря, все то, что используется при производстве продукции или ее эксплуатации.
   - *Операционный* контроль еще незавершенной продукции проводится на всех операциях производственного процесса.
   - *Приемочный* контроль готовых, сборочных и монтажных единиц осуществляется в конце технологического процесса.
5. По характеру воздействия на ход производственного (технологического) процесса контроль делится на активный и пассивный.
   - При *активном* контроле его результаты непрерывно используются для управления технологическим процессом. Можно сказать, что активный контроль совмещен с производственным процессом в единый контрольно-технологический процесс. Как правило, он выполняется автоматически.
   - *Пассивный* контроль осуществляется после завершения либо отдельной технологической операции, либо всего технологического цикла изготовления детали или изделия. Он может быть ручным, автоматизированным и автоматическим.
6. *В зависимости от места проведения* различают подвижный и стационарный контроль.
   - *Подвижный* контроль проводится непосредственно на рабочих местах, где изготавливается продукция (у станка, на сборочных и настроечных стендах и т. д.).
   - *Стационарный* контроль проводится на специально оборудованных рабочих местах. Он применяется при необходимости создания специальных условий контроля; при наличии возможности включения в технологический цикл стационарного рабочего места контролера; при использовании средств контроля, которые применяются только в стационарных условиях; при крупносерийном и массовом производстве.
7. *По объекту контроля* отличают контроль качества выпускаемой *продукции*, товарной и сопроводительной *документации*, *технологического процесса*, средств технологического *оснащения*, прохождения *рекламации*, соблюдения *условий эксплуатации*, а также контроль *технологической дисциплины* и *квалификации* исполнителей.
8. По числу измерений отличают *однократный* и *многократный* контроль.
9. По способу отбора изделий, подвергаемых контролю, отличают сплошной и выборочный контроль.
   - *Сплошной* (стопроцентный) контроль всех без исключения изготовленных изделий применяется при индивидуальном и мелкосерийном производст

ве, на стадии освоения новой продукции, по аварийным параметрам (размерам), при селективной сборке.

- *Выборочный* контроль проводится во всех остальных случаях, чаще всего при крупносерийном и массовом производстве. Для сокращения затрат на контроль большой партии изделий (которую в математической статистике принято называть генеральной совокупностью) контролю подвергается только часть партии — выборка, формируемая по определенным правилам, обеспечивающим случайный набор изделий. Если число бракованных изделий в выборке превышает установленную норму, то вся партия (генеральная совокупность) бракуется.

Подробнее о выборочном приемочном и текущем контроле изложено в [48].

3.3.5. Методика выполнения измерений

Основная потеря точности при измерениях происходит не за счет возможной метрологической неисправности применяемых средств измерений, а в первую очередь за счет несовершенства методов и методик выполнения измерений.

В целом точность измерения зависит от: точности применяемого средства измерения; точности метода измерения; влияния внешних факторов. Например, при измерении массы материала, движущегося по транспортеру, точность базового устройства обычно в 10–20 раз выше общей точности взвешивания массы; при поверке ртутных термометров следует учитывать точность «считывания» показаний.

Под методикой выполнения измерений понимают совокупность методов, средств, процедур, условий подготовки и проведения измерений, а также правил обработки экспериментальных данных при выполнении конкретных измерений.

По Закону РФ «Об обеспечении единства измерений» измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками.

Разработка методик выполнения измерений должна включать:

- анализ технических требований к точности измерений, изложенных в стандарте, технических условий или технических заданий;
- определение конкретных условий проведения измерений;
- выбор испытательного и вспомогательного оборудования, а также средств измерений;
- разработку при необходимости нестандартных средств измерений;
- исследование влияния условий проведения измерений и подготовки испытуемых объектов к измерениям;
- определение порядка подготовки средств измерений к работе, последовательности и количества измерений;
- разработку или выбор алгоритма обработки экспериментальных данных и правил оформления результатов измерения.

Нормативно-техническими документами (НТД), регламентирующими методику выполнения измерений являются:

1. Государственные стандарты или методические указания Госстандарта России по методикам выполнения измерений. Стандарт разрабатывается в том случае, если применяемые средства измерений внесены в Государственный реестр средств измерений.
2. Отраслевые методики выполнения измерений, используемые в одной отрасли.
3. Стандарты предприятий на методики выполнения измерений, используемые на одном предприятии.

В НТД на методики выполнения измерений предусматриваются: нормы точности измерений; специфика измеряемой величины (диапазон, наименование продукции и т. д.); максимальная автоматизация измерений и обработки данных.

Методики выполнения измерений перед их вводом в действие должны быть *аттестованы* или *стандартизованы*. Аттестация включает в себя: разработку и утверждение программы аттестации; выполнение исследований в соответствии с программой; составление и оформление отчета об аттестации; оформление аттестата методики выполнения измерений.

При аттестации должна быть проверена правильность учета всех факторов, влияющих на точность измерений, установлена достоверность их результатов. Аттестацию методик выполнения измерений проводят государственные и ведомственные метрологические службы. При этом государственные метрологические службы проводят аттестацию методик особо точных, ответственных измерений, а также измерений, проводимых в организациях Госстандарта России.

Стандартизация методик применяется для измерений, широко применяемых на предприятиях.

Методики выполнения измерений периодически пересматриваются с целью их усовершенствования.

3.4. Средства измерений

Средство измерения — это техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

3.4.1. Виды средств измерений

По метрологическому назначению средства измерений делятся на образцовые и рабочие.

Образцовые предназначены для поверки по ним других средств измерений как рабочих, так и образцовых менее высокой точности.

Рабочие средства измерений предназначены для измерения размеров величин, необходимых в разнообразной деятельности человека.

Сущность разделения средств измерений на образцовые и рабочие состоит не в конструкции и не в точности, а в их назначении.

К средствам измерения относятся:

1. *Меры*, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера. Различают однозначные и многозначные меры, а также наборы

мер (гири, кварцевые генераторы и т. п.). Меры, воспроизводящие физические величины одного размера, называются *однозначными. Многозначные меры* могут воспроизводить ряд размеров физической величины, часто даже непрерывно заполняющих некоторый промежуток между определенными границами. Наиболее распространенными многозначными мерами являются миллиметровая линейка, вариометр и конденсатор переменной емкости.

В наборах и магазинах отдельные меры могут объединяться в различных сочетаниях для воспроизведения некоторых промежуточных или суммарных, но обязательно дискретных размеров величин. В магазинах объединены в одно механическое целое, снабженное специальными переключателями, которые связаны с отсчетными устройствами. В противоположность этому набор состоит обычно из нескольких мер, которые могут выполнять свои функции как в отдельности, так и в различных сочетаниях друг с другом (набор концевых мер длины, набор гирь, набор мер добротности и индуктивности и т. д.).

Сравнение с мерой выполняют с помощью специальных технических средств — компараторов (равноплечие весы, измерительный мост и т. п.).

К однозначным мерам относятся также образцы и образцовые вещества. *Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов* представляют собой специально оформленные тела или пробы вещества определенного и строго регламентированного содержания, одно из свойств которых при определенных условиях является величиной с известным значением. К ним относятся образцы твердости, шероховатости, белой поверхности, а также стандартные образцы, используемые при поверке приборов для определения механических свойств материалов. Образцовые вещества играют большую роль в создании реперных точек при осуществлении шкал. Например, чистый цинк служит для воспроизведения температуры 419,58 °С, золото — 1064,43 °С.

В зависимости от погрешности аттестации меры подразделяются на *разряды* (меры 1-го, 2-го и т. д. разрядов), а погрешность мер является основой их деления на классы. Меры, которым присвоен тот или иной разряд, применяются для поверки измерительных средств и называются образцовыми.

2. *Измерительные преобразователи* — это средства измерений, перерабатывающие измерительную информацию в форму, удобную для дальнейшего преобразования, передачи, хранения и обработки, но, как правило, не доступную для непосредственного восприятия наблюдателем (термопары, измерительные усилители и др.).

   Преобразуемая величина называется *входной*, а результат преобразования — *выходной* величиной. Соотношение между ними задается *функцией преобразования* (статической характеристикой). Если в результате преобразования физическая природа величины не изменяется, а функция преобразования является линейной, то преобразователь называется *масштабным*, или *усилителем* (усилители напряжения, измерительные микроскопы, электронные усилители). Слово «усилитель» обычно употребляется с определением, которое приписывается ему в зависимости от рода преобразуемой величины (усилитель напряжения, гидравлический усилитель) или от вида единичных преобразований, происходящих в нем (ламповый усилитель, струйный усилитель).

В тех случаях, когда в преобразователе входная величина превращается в другую по физической природе величину, он получает название по видам этих величин (электромеханический, пневмоемкостный и так далее).

По месту, занимаемому в приборе, преобразователи (рис. 3.1) подразделяются на: *первичные*, к которым подводится непосредственно измеряемая физическая величина; *передающие*, на выходе которых образуются величины, удобные для их регистрации и передачи на расстояние; *промежуточные*, занимающие в измерительной цепи место после первичных.

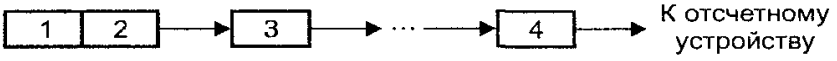


Рис. 3.1. Преобразование измерительной информации: 1 — чувствительный элемент; 2 — первичный преобразователь; 3 — промежуточные преобразователи; 4 — передающий преобразователь

3. *Измерительные приборы* относятся к средствам измерений, предназначенным для получения измерительной информации о величине, подлежащей измерению, в форме, удобной для восприятия наблюдателем.

Наибольшее распространение получили *приборы прямого действия*, при использовании которых измеряемая величина подвергается ряду последовательных преобразований в одном направлении, то есть без возвращения к исходной величине. К приборам прямого действия относится большинство манометров, термометров, амперметров, вольтметров и т. д.

Значительно большими точностными возможностями обладают *приборы сравнения*, предназначенные для сравнения измеряемых величин с величинами, значения которых известны. Сравнение осуществляется с помощью компенсационных или мостовых цепей. *Компенсационные цепи* применяются для сравнения активных величин, то есть несущих в себе некоторый запас энергии (сил, давлений и моментов сил, электрических напряжений и токов, яркости источников излучения и т. д.). Сравнение проводится путем встречного включения этих величин в единый контур и наблюдения их разностного эффекта. По этому принципу работают такие приборы, как равноплечие и неравноплечие весы (сравнение на рычаге силовых эффектов действия масс), грузопоршневые и грузопружинные манометрические и вакуумметрические приборы (сравнение на поршне силовых эффектов измеряемого давления и мер массы) и др.

Для сравнения пассивных величин (электрические, гидравлические, пневматические и другие сопротивления) применяются *мостовые цепи* типа электрических уравновешенных или неуравновешенных мостов.

По способу отсчета значений измеряемых величин приборы подразделяются на *показывающие*, в том числе *аналоговые и цифровые*, и на *регистрирующие*.

Наибольшее распространение получили аналоговые приборы, отсчетные устройства которых состоят из двух элементов — шкалы и указателя, причем один из них связан с подвижной системой прибора, а другой — с корпусом. В цифровых приборах отсчет осуществляется с помощью механических, электронных или других цифровых отсчетных устройств.

По способу записи измеряемой величины регистрирующие приборы делятся на *самопишущие* и *печатающие*. В самопишущих приборах (например, барограф или шлейфовый осциллограф) запись показаний представляет собой график или диаграмму. В печатающих приборах информация о значении измеряемой величины выдается в числовой форме на бумажной ленте.

Автоматические приборы сравнения выпускаются чаще всего в виде комбинированных приборов, в которых шкальный или цифровой отсчет сочетается с записью на диаграмме или с печатанием результатов измерений.

4. *Вспомогательные средства измерений.* К этой группе относятся средства измерений величин, влияющих на метрологические свойства другого средства измерений при его применении или поверке. Показания вспомогательных средств измерений используются для вычисления поправок к результатам измерений (например, термометров для измерения температуры окружающей среды при работе с грузопоршневыми манометрами) или для контроля за поддержанием значений влияющих величин в заданных пределах (например, психрометров для измерения влажности при точных интерференционных измерениях длин).
5. *Измерительные установки.* Для измерения какой-либо величины или одновременно нескольких величин иногда бывает недостаточно одного измерительного прибора. В этих случаях создают целые комплексы расположенных в одном месте и функционально объединенных друг с другом средств измерений (мер, преобразователей, измерительных приборов и вспомогательных средств), предназначенных для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем.
6. *Измерительные системы* — это средства и устройства, территориально разобщенные и соединенные каналами связи. Информация может быть представлена в форме, удобной как для непосредственного восприятия, так и для автоматической обработки, передачи и использования в автоматизированных системах управления.

Технические устройства, предназначенные для обнаружения (индикации) физических свойств, называются *индикаторами* (стрелка компаса, лакмусовая бумага). С помощью индикаторов устанавливается только наличие измеряемой физической величины интересующего нас свойства материи. В качестве примера индикатора можно привести указатель количества бензина в бензобаке автомобиля.

3.4.2. Измерительные сигналы

В рамках единой измерительной системы информация о значении физических величин передается от одного средства измерения к другому с помощью сигналов.

Наиболее часто в качестве сигналов используются:

- *сигналы постоянного уровня* (постоянные электрические токи и напряжения, давление сжатого воздуха, световой поток);
- *синусоидальные сигналы* (переменный электрический ток или напряжение);

- *последовательность прямоугольных импульсов* (электрических или световых).

Сигнал характеризуется рядом параметров. В первом случае единственным параметром сигнала является его уровень. Синусоидальный сигнал характеризуется своей амплитудой, фазой и частотой, последовательность прямоугольных импульсов — амплитудой, фазой, частотой, шириной импульсов или комбинацией импульсов различного уровня в течение определенного промежутка времени.

Для того, чтобы исходный сигнал стал измерительным, необходимо один из его параметров связать функциональной зависимостью с измеряемой физической величиной. Параметр сигнала, выбранный в качестве такового, называется информативным, а все остальные параметры — неинформативными. Процесс преобразования исходного сигнала в измерительный, то есть преобразование одного из параметров исходного сигнала, генерируемого некоторым источником, в информативный параметр, называется модуляцией. В зависимости от вида модуляции измерительные сигналы можно классифицировать следующим образом.

Сигналы постоянного уровня характеризуются лишь одним параметром и поэтому могут быть модулированы только по уровню. Уровень сигнала является при этом мерой измеряемой величины.

Синусоидальные сигналы могут быть модулированы по амплитуде, фазе или частоте. В зависимости от того, какой из этих параметров сигнала является мерой измеряемой величины, говорят об амплитудно-модулированных, фазо-модулированных или частотно-модулированных сигналах.

Последовательность прямоугольных импульсов может быть модулирована по амплитуде (амплитудно-импульсно модулированные сигналы), по частоте (частотно-импульсно модулированные сигналы), по фазе (фазо-импульсно модулированные сигналы) или по ширине импульсов (широтно-импульсно модулированные сигналы). Сигнал, в котором различным значениям измеряемой величины поставлена в соответствие определенная комбинация импульсов различного уровня, называется кодо-импульсным, или цифровым.

В зависимости от характера изменения информативного параметра сигнала по уровню и во времени измерительные сигналы подразделяются на:

- *непрерывные по уровню*, или *аналоговые*, если их информативный параметр может принимать любые значения в заданном диапазоне;
- *дискретные*, или *квантованные по уровню*, если их информативный параметр может принимать лишь некоторое ограниченное число значений в пределах заданного интервала;
- *непрерывные во времени*, если они существуют в течение всего времени измерения и в любой момент может быть выведен на регистрацию;
- *дискретизированные*, или *квантованные по времени*, если они несут информацию о значении измеряемой физической величины лишь в течение некоторых промежутков времени. К этой группе относятся, например, все виды импульсно-модулированных сигналов.

При анализе измерительных сигналов их принято описывать либо функциями времени, либо с помощью спектральных представлений, основанных на преобразованиях Фурье и Лапласа.

3.4.3. Метрологические показатели средств измерений

При выборе средства измерения в зависимости от заданной точности изготовления деталей необходимо учитывать их метрологические показатели. К ним относятся:

1. *Длина деления шкалы* — это расстояние между серединами двух соседних отметок (штрихов, точек и т. п.) шкалы.
2. *Цена деления шкалы* — это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (у микрометра она равна 0,01 мм).
3. *Градуировочная характеристика* — зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений.
4. *Диапазон показаний* — область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы, то есть наибольшим и наименьшим значениями измеряемой величины.
5. *Диапазон измерений* — область значений измеряемой величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерения.
6. *Чувствительность* прибора — отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к изменению измеряемой величины (сигнала) на входе. Так, если изменение измеряемой величины составило $\Delta d = 0{,}01$ мм, что вызвало перемещение стрелки показывающего устройства на $\Delta l = 10$ мм, то *абсолютная чувствительность* прибора составляет $S = \Delta l/\Delta d = 10/0{,}01 = 1000$. Для шкальных измерительных приборов абсолютная чувствительность численно равна передаточному отношению.
7. *Вариация* (нестабильность) показаний прибора — алгебраическая разность между наибольшим и наименьшим результатами измерений при многократном измерении одной и той же величины в неизменных условиях.
8. *Стабильность* средства измерений — свойство, выражающее неизменность во времени его метрологических характеристик (показаний).

3.4.4. Метрологические характеристики средств измерений

Все средства измерений независимо от их исполнения имеют ряд общих свойств, необходимых для выполнения ими функционального назначения. Технические характеристики, описывающие эти свойства и оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений, называются *метрологическими характеристиками средств измерений*.

В зависимости от специфики и назначения средств измерений нормируются различные наборы или комплексы метрологических характеристик. Однако эти комплексы должны быть достаточны для учета свойств средств измерений при оценке погрешностей измерений.

Набор метрологических характеристик, входящие в установленный комплекс, выбирают таким образом, чтобы обеспечить возможность их контроля при приемлемых затратах. В эксплуатационной документации на средства измерений

указывают рекомендуемые методы расчета инструментальной составляющей погрешности измерений при использовании средств измерения данного типа в реальных условиях применения.

По ГОСТ 8.009–84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» предусмотрена следующая номенклатура метрологических характеристик:

1. *Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений* (без введения поправок):
   - функция преобразования измерительного преобразователя — $f(x)$;
   - значение однозначной или многозначной меры — y;
   - цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
   - вид входного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда средств измерений, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде.
2. *Характеристики погрешностей средств измерений* включают: значение погрешности, ее систематические и случайные составляющие, погрешности случайной составляющей $\Delta_{сл}$ H от гистерезиса — вариация H выходного сигнала (показания).

   Для *систематической составляющей* $\Delta_{сист}$ погрешности средств измерений выбирают характеристики из числа следующих:
   - значение систематической составляющей $\Delta_{сист}$;
   - значение систематической составляющей $\Delta_{сист}$, математическое ожидание $M[\Delta_{сист}]$ и среднее квадратическое отклонение $\sigma[\Delta_{сист}]$ систематической составляющей погрешности.

   Для *случайной составляющей* $\Delta_{сл}$ погрешности выбирают характеристики из числа следующих:
   - среднее квадратическое отклонение $\sigma[\Delta_{сл}]$ случайной составляющей погрешности;
   - среднее квадратическое отклонение $\sigma[\Delta_{сл}]$ случайной составляющей погрешности и нормализованная автокорреляционная функция $r_{\Delta сл}(\tau)$ или функция спектральной плотности $S_{\Delta сл}(\omega)$ случайной составляющей погрешности.

   В нормативно-технической документации на средства измерений конкретных видов или типов допускается нормировать функции или плотности распределения вероятностей систематической и случайной составляющих погрешности.
3. *Характеристики чувствительности средств измерений* к влияющим величинам выбираются из числа следующих:
   - функция влияния $\psi(\xi)$;
   - изменения $\varepsilon(\xi)$ значений метрологических характеристик средства измерения, вызванные изменением влияющих величин ξ в установленных пределах.
4. *Динамические характеристики* отражают инерционные свойства средства измерений при воздействии на него меняющихся во времени величин — параметров входного сигнала, внешних влияющих величин, нагрузки.

По степени полноты описания инерционных свойств средств измерений динамические характеристики делятся на полные и частные.

К полным динамическим характеристикам относятся:

- дифференциальное уравнение, описывающее работу средства измерений;
- передаточная функция;
- переходная характеристика;
- импульсная переходная характеристика;
- амплитудно-фазовая характеристика;
- амплитудно-частотная характеристика для минимально-фазовых средств измерения;
- совокупность амплитудно-фазовых и фазово-частотных характеристик.

Частичными динамическими характеристиками могут быть отдельные параметры полных динамических характеристик или характеристики, не отражающие полностью динамических свойств средств измерений, но необходимые для выполнения измерений с требуемой точностью (например, время реакции, коэффициент демпфирования, значение амплитудно-частотной характеристики на резонансной частоте, значение резонансной собственной круговой частоты). Комплекс их оговаривается в соответствующих стандартах.

Нормы на отдельные метрологические характеристики приводятся в эксплуатационной документации (паспорте, техническом описании, инструкции по эксплуатации и т. д.) в виде номинальных значений, коэффициентов функций, заданных формулами, таблицами или графиками пределов допускаемых отклонений от номинальных значений функций.

В ГОСТ 8.009–84 приведены способы нормирования рассмотренных выше метрологических характеристик.

3.4.5. Классы точности средств измерений

Учет всех нормируемых метрологических характеристик средств измерений является сложной и трудоемкой процедурой. На практике такая точность не нужна. Поэтому для средств измерений, используемых в повседневной практике, принято деление на *классы точности*, которые дают их *обобщенную метрологическую характеристику*.

Требования к метрологическим характеристикам устанавливаются в стандартах на средства измерений конкретного типа.

Классы точности присваиваются средствам измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний.

Обозначения классов точности наносятся на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений, приводятся в нормативно-технических документах. Классы точности могут обозначаться буквами (например, М, С и т. д.) или римскими цифрами (I, II, III и т. д.). Обозначение классов точности по ГОСТу 8.401–80 может сопровождаться дополнительными условными знаками:

- 0,5, 1,6, 2,5 и т. д. — для приборов, приведенная погрешность $\gamma = \Delta/X_N$ которых составляет 0,5, 1,6, 2,5% от нормирующего значения X_N (Δ — пределы

допустимой абсолютной погрешности). При этом X_N принимается равным бóльшему из модулей пределов измерений, если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений;

- $\overset{0,5}{\vee}$ — то же, что и в предыдущем случае, но при X_N равным длине шкалы или ее части;
- (0,1), (0,4), (1,0) и т. д. — для приборов, у которых относительная погрешность $\delta = \Delta/x$ составляет 0,1, 0,4, 1,0% непосредственно от полученного значения измеряемой величины x;
- 0,02/0,01 — для приборов, у которых измеряемая величина не может отличаться от значения x, показанного указателем, больше, чем на $[C + d(|X_к/x| - 1)]$%, где C и d — числитель и знаменатель соответственно в обозначении класса точности; $X_к$ – бóльший (по модулю) из пределов измерений прибора. Примеры обозначения классов точности приведены на рис. 3.2.

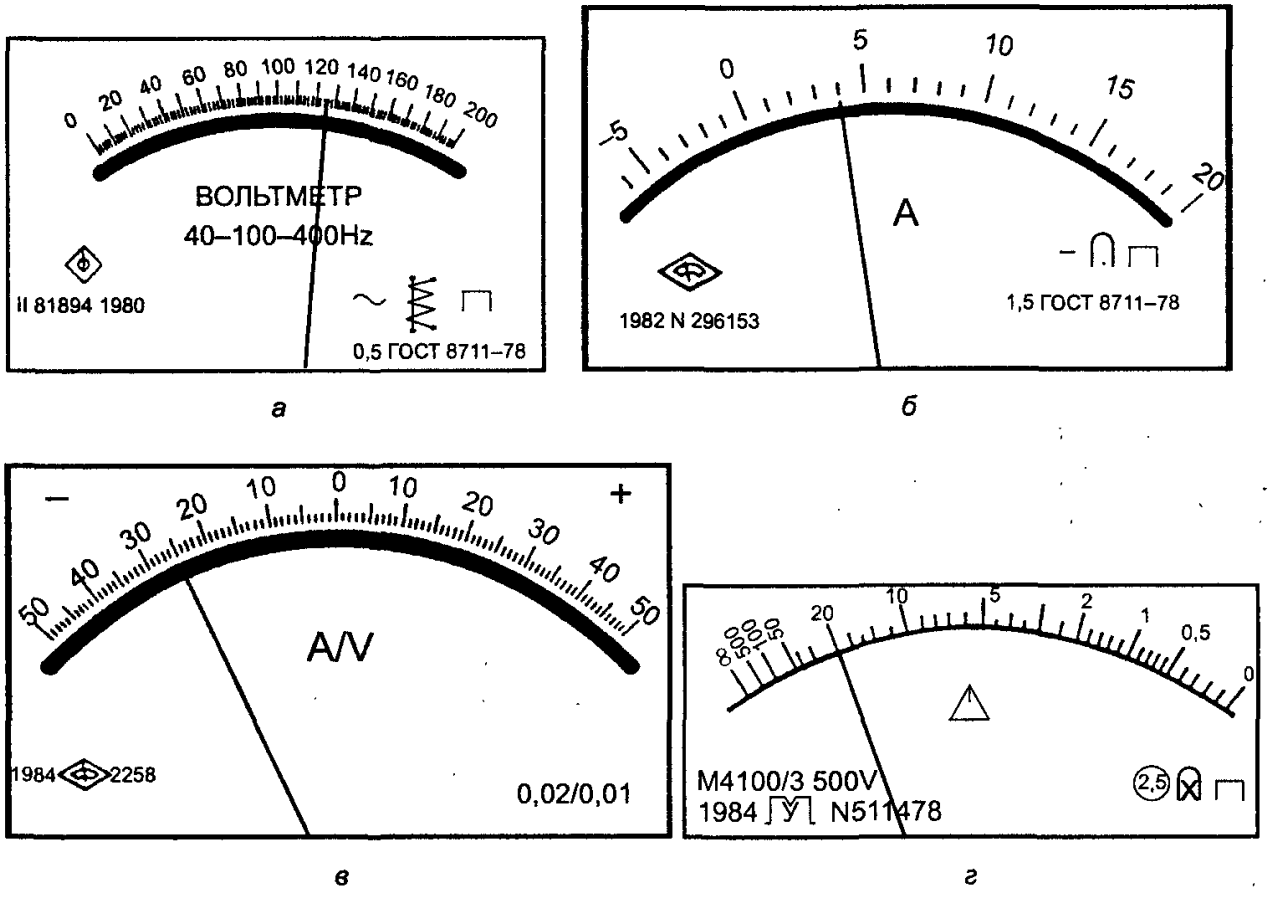


Рис. 3.2. Лицевые панели приборов: *а*) вольтметра класса точности 0,5; *б*) амперметра класса точности 1,5; *в*) амперметра класса точности 0,02/0,01; *г*) мегомметра класса точности (2,5) с неравномерной шкалой

3.4.6. Метрологическая надежность средств измерения

В процессе эксплуатации любого средства измерения может возникнуть неисправность или поломка, называемые *отказом*.

Метрологическая надежность — это свойство средств измерений сохранять установленные значения метрологических характеристик в течение определенного времени при нормальных режимах и рабочих условиях эксплуатации. Она ха-

рактеризуется интенсивностью отказов, вероятностью безотказной работы и наработкой на отказ.

Интенсивность отказов определяется выражением

$$\Lambda = \frac{L}{N\Delta t},$$

где L — число отказов;
N — число однотипных элементов;
Δt — промежуток времени.

Для средства измерения, состоящего из n типов элементов, интенсивность отказов

$$\Lambda_{сум} = \sum_{i=1}^{n} \Lambda_i m_i,$$

где m_i — количество элементов i-го типа.

Вероятность безотказной работы $P(t) = \exp(-\int_0^t \Lambda_{сум}(t)dt)$.

Наработка на отказ $T_{ср} = \int_0^{\infty} P(t)dt$.

Для внезапного отказа, интенсивность отказов которого не зависит от времени работы средства измерения,

$$\Lambda_{сум}(t) = \Lambda_{сум} = \text{const}; P(t) = \exp(-\Lambda_{сум} t); T_{ср} = L/\Lambda_{сум}.$$

Межповерочный интервал, в течение которого обеспечивается заданная вероятность безотказной работы, определяется по формуле

$$T_{мп} = \frac{\ln(1 - P_{мо})}{\ln P(t)},$$

где $P_{мо}$ — вероятность метрологического отказа за время между поверками;
$P(t)$ — вероятность безотказной работы.

В процессе эксплуатации может производиться корректировка межповерочного интервала.

3.4.7. Метрологическая аттестация средств измерений

Под метрологической аттестацией понимают исследование средства измерений, выполняемое метрологическим органом с целью определения его метрологических свойств и выдачи соответствующего документа с указанием полученных данных.

По результатам метрологической аттестации средству измерений приписываются определенные метрологические характеристики, определяется возможность применения его в качестве образцового или рабочего средства измерений. В настоящее время под метрологической аттестацией обычно понимают всестороннее исследование образцовых или нестандартизированных средств измерений, а также стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.

Нестандартизированные средства измерений (*НСИ*). Установлен порядок метрологического обеспечения эксплуатации нестандартизированных средств измерений, который распространяется также на:

- ввозимые из-за границы единичными экземплярами;
- единичные экземпляры серийных средств измерений, отличающиеся от условий, для которых нормированы их метрологические характеристики;
- серийно выпускаемые образцы, в схему и конструкцию которых внесены изменения, влияющие на их метрологические характеристики.

Нестандартизированными могут быть как рабочие, так и образцовые средства измерений.

Задачами метрологического обеспечения НСИ являются:

1. Исследование метрологических характеристик и установление соответствия НСИ требованиям технических заданий, либо паспорту (проекту) завода изготовителя.
2. Установление рациональной номенклатуры НСИ.
3. Обеспечение НСИ средствами аттестации, поверки (НТД по поверке) при их разработке, изготовлении и эксплуатации.
4. Обеспечение постоянной пригодности НСИ к применению по назначению с нормированной для них точностью.
5. Сокращение сроков и снижение затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию.

Научно-методическое руководство деятельностью предприятий по метрологическому обеспечению НСИ осуществляют головные и базовые организации метрологической службы министерств (ведомств), метрологические институты, центры стандартизации и метрологии Госстандарта России.

Вновь разработанные или закупленные по импорту НСИ допускаются к применению только после их метрологической аттестации. Если существует договор о взаимном признании результатов аттестации средств измерений со страной, из которой импортируется НСИ, то аттестация в России может не проводиться.

За разработкой, изготовлением и эксплуатацией НСИ ведется авторский и государственный (в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора) надзор, а также ведомственный контроль.

Авторский контроль осуществляется разработчиком НСИ совместно с метрологической службой разработчика. Он предусматривает участие в подготовке и проведении метрологической аттестации НСИ, оказание помощи при разработке нормативно-технической документации и организации поверки НСИ.

Ведомственный метрологический контроль за разработкой, изготовлением, аттестацией и поверкой НСИ проводится метрологическими службами министерства (ведомства).

3.5. Погрешность измерений

Погрешность измерений — это отклонение значений величины, найденной путем ее измерения, от истинного (действительного) значения измеряемой величины.

Погрешность прибора — это разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины.

Разница между погрешностью измерения и погрешностью прибора заключается в том, что погрешность прибора связана с определенными условиями его поверки.

Погрешность может быть абсолютной и относительной.

Абсолютной называют погрешность измерения, выраженную в тех же единицах, что и измеряемая величина. Например, 0,4 *В*, 2,5 мкм и т. д. Абсолютная погрешность

$$\Delta = A - X_{ист} \approx A - X_{д},$$

где A — результат измерения;

$X_{ист}$ — истинное значение измеряемой величины;

$X_{д}$ — действительное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному (действительному) значению измеряемой величины и выражается в процентах или долях измеряемой величины:

$$\delta = \frac{A - X_{ист}}{X_{ист}} = \frac{\Delta}{X_{ист}} \approx \frac{\Delta}{X_{д}}.$$

В зависимости от условий измерения погрешности подразделяются на статические и динамические.

Статической называют погрешность, не зависящую от скорости изменения измеряемой величины во времени.

Динамической называют погрешность, зависящую от скорости изменения измеряемой величины во времени. Возникновение динамической погрешности обусловлено инерционностью элементов измерительной цепи средства измерений. Динамической погрешностью средства измерений является разность между погрешностью средства измерений в динамических условиях и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени.

3.5.1. Систематические и случайные погрешности

Систематической погрешностью называется погрешность, остающаяся постоянной или закономерно изменяющейся во времени при повторных измерениях одной и той же величины.

Примером систематической погрешности, закономерно изменяющейся во времени, может служить смещение настройки прибора во времени.

Случайной погрешностью измерения называется погрешность, которая при многократном измерении одного и того же значения не остается постоянной. Например, при измерении валика одним и тем же прибором в одном и том же сечении получаются различные значения измеренной величины.

Систематические и случайные погрешности чаще всего появляются одновременно.

Для выявления систематической погрешности производят многократные измерения образцовой меры и по полученным результатам определяют среднее значение размера. Отклонение среднего значения от размера образцовой меры

характеризует систематическую погрешность. которую называют «средней арифметической погрешностью», или «средним арифметическим отклонением».

Систематическая погрешность всегда имеет знак отклонения, то есть «+» или «–». Систематическая погрешность может быть исключена введением поправки.

При подготовке к точным измерениям необходимо убедиться в отсутствии постоянной систематической погрешности в данном ряду измерений. Для этого существуют специальные методы.

Прогрессивные и периодические систематические погрешности в противоположность постоянным можно обнаружить при многократных измерениях.

Обработка данных и оценка параметров случайных погрешностей производится методами математической статистики, изложенными в [42, 50].

При расчете *предельной погрешности* измерения определяют числовое значение погрешности измерения от всех составляющих и производят суммирование:

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n} \Delta_{i сист} \pm \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \Delta_{сл}^2},$$

где знаки «+» или «–» ставятся из условия, чтобы систематические и случайные погрешности суммировались по модулю.

Если в случайной погрешности известно среднее квадратическое отклонение, то

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n} \Delta_{i сист} \pm \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \sigma_{сл}^2},$$

где K — показатель, указывающий доверительные границы для предельной случайной погрешности измерения (при $K = 1$ $p = 0{,}65$; при $K = 2$ $p = 0{,}945$; при $K = 3$ $p = 0{,}9973$).

Если результаты измерений зависят от большого числа разнообразных факторов, то

$$y = F(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

где x_i — переменные функциональные параметры.

Каждый параметр может иметь отклонение Δx_i (погрешность) от предписанного значения x_i. Поскольку погрешность Δx_i мала по сравнению с величиной x_i, суммарная погрешность Δy функции y можно вычислять по формуле:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^{n} \Delta x_i \, \partial y / \partial x_i, \qquad (3.1)$$

где $\partial y / \partial x_i$ — передаточное отношение (коэффициент влияния) параметра x_i.

Формула (3.1) справедлива лишь для систематических погрешностей Δx_i.

Для случайных погрешностей (когда отдельные составляющие не всегда принимают предельные значения) используются теоремы теории вероятностей о дисперсии, то есть

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\sigma_i \, \partial y / \partial x_i)^2}. \qquad (3.2)$$

Суммарная погрешность при наличии только случайных составляющих δx_i погрешностей

$$\delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}[(\partial y/\partial x_i)k_i\,\delta x_i]^2 + 2\sum_{j=1}^{m}(\partial y/\partial x_i)(\partial y/\partial x_j)k_i\,k_j\,r_{ij}\,\delta x_i\,\delta x_j},$$

где m — число попарно корреляционно связанных параметров;

k_i и k_j — коэффициенты относительного рассеяния, характеризующие степень отличия закона распределения погрешности данного параметра от нормального;

r_{ij} — коэффициент корреляции, существующий при наличии корреляционной связи между параметрами x_i и x_j.

При наличии и систематических и случайных составляющих погрешностей вычисляют доверительные границы суммарной погрешности:

$$\Delta y_{сум} = \Delta y \pm \kappa \cdot \sigma_y,$$

где k — масштабный коэффициент интервала распределения, зависящий от закона распределения и принятой доверительной вероятности.

Так, при доверительной вероятности $P = 0{,}95$ для закона нормального распределения $k = 2$, а для закона Максвелла $k = 3{,}6$.

Пример. В результате измерений и последующего вычисления по формуле (3.1) получена суммарная систематическая погрешность результата измерения $\Delta y = -0{,}7$ мкм, среднее квадратическое этого результата измерения, вычисленное по формуле (3.2) $\sigma_y = 0{,}4$ мкм. Предел допускаемой погрешности $\delta_{изм} = +1$ мкм. Тогда верхняя и нижняя доверительные границы погрешности при доверительной вероятности $P = 0{,}95$.

$\Delta y_{сум\ в} = -0{,}7 + 2 \cdot 0{,}4 = +0{,}1$ мкм; $\Delta y_{сум\ н} = -0{,}7 - 2 \cdot 0{,}4 = -1{,}5$ мкм.

Так как $\Delta y_{сум\ н} > \delta_{изм}$, выбранный метод и средство измерения не удовлетворяют требованиям точности. Следовательно, необходимо скомпенсировать систематическую составляющую погрешности, например, путем изготовления образца для настройки измерительного средства. Размер образца должен быть больше его начального размера на 0,7 мкм; тогда будет справедливо неравенство $0{,}8 < 1$ мкм и проведенные измерения будут удовлетворять требованиям по точности.

3.5.2. Причины возникновения погрешностей измерения

Имеется ряд слагаемых погрешностей, которые являются доминирующими в общей погрешности измерения. К ним относятся:

1. *Погрешности, зависящие от средств измерения.* Нормируемую допустимую погрешность средства измерения следует рассматривать как погрешность измерения при одном из возможных вариантов использования этого средства измерения.
2. *Погрешности, зависящие от установочных мер.* Установочные меры могут быть универсальными (концевые меры) и специальными (изготовленными по виду измеряемой детали). Погрешность измерения будет меньше, если установочная мера будет максимально подобна измеряемой детали по конструкции, массе, материалу, его физическим свойствам, способу базирования и т. д. Погреш-

ности от концевых мер длины возникают из-за погрешности изготовления (классы) или погрешности аттестации (разряды), а также из-за погрешности их притирки.

3. *Погрешности, зависящие от измерительного усилия.* При оценке влияния измерительного усилия на погрешность измерения необходимо выделить упругие деформации установочного узла и деформации в зоне контакта измерительного наконечника с деталью.

4. *Погрешности, происходящие от температурных деформаций* (температурные погрешности). Погрешности возникают из-за разности температур объекта измерения и измерительного средства. Существуют два основных источника, обуславливающих погрешность от температурных деформаций: отклонение температуры воздуха от 20 °С и кратковременные колебания температуры воздуха в процессе измерения.

   Максимальное влияние отклонений температуры на погрешность измерения Δl_t можно рассчитать по формуле

$$\Delta l_{t1} = l\,\Delta t_1\,(\alpha_п - \alpha_д)_{max},$$

   где Δt_1 — отклонение температуры от 20°С;
   $\alpha_п, \alpha_д$ — коэффициенты линейных расширений прибора и детали.

   Максимальное влияние кратковременных колебаний температуры среды на погрешность измерения будет иметь место в том случае, если колебания температуры воздуха не вызывают изменений температуры измерительного средства, а температура объекта измерения близко следует за температурой воздуха (или наоборот):

$$\Delta l_{t2} = 1 \cdot \Delta t_2\ \alpha_{max},$$

   где Δt_2 — кратковременные колебания температуры воздуха в процессе измерения;
   α_{max} — наибольшее значение коэффициента линейного расширения (материала прибора или измеряемой детали).

   Общая деформация по двум случайным составляющим Δt_1 и Δt_2 выразится формулой

$$\Delta l_t = l\sqrt{[\Delta t_1\,(\alpha_п - \alpha_д)_{max}]^2 + (\Delta t_2\,\alpha_{max})^2}.$$

   Могут возникнуть и дополнительные деформации при использовании накладных приборов.

5. *Погрешности, зависящие от оператора* (субъективные погрешности). Возможны четыре вида субъективных погрешностей:
   - *погрешность отсчитывания* (особенно важна, когда обеспечивается погрешность измерения, не превышающая цену деления);
   - *погрешность присутствия* (проявляется в виде влияния теплоизлучения оператора на температуру окружающей среды, а тем самым и на измерительное средство);
   - *погрешность действия* (вносится оператором при настройке прибора);
   - *профессиональные погрешности* (связаны с квалификацией оператора, с отношением его к процессу измерения).

6. *Погрешности при отклонениях от правильной геометрической формы.* При измерении деталей с целью учета возможной погрешности формы рекомендуется:
   - измерение производить в нескольких точках (как правило в шести);
   - у установочных деталей перед аттестацией измерить отклонение от геометрической формы;
   - на образцовой детали с отклонениями формы выделить и маркировать участок, аттестовать его и по нему производить настройку;
   - при выяснении «действующих» размеров деталей следует стремиться использовать измерительные наконечники по конфигурации, идентичные сопрягаемой детали («действующий» размер — это размер, который будет действовать в машине и выполнять свое служебное назначение).
7. *Дополнительные погрешности при измерении внутренних размеров.* К специфическим погрешностям измерения отверстий относятся:
   - погрешности, возникающие при смещении линии измерения относительно контролируемого диаметра как в плоскости, перпендикулярной к оси контролируемого отверстия, так и в осевой плоскости;
   - погрешности, вызванные шероховатостью поверхности отверстия, особенно при использовании ручных приборов;
   - погрешности, обусловленные динамикой процесса совмещения линии измерения одновременно в двух плоскостях;
   - погрешности от настройки прибора на размер.

3.5.3. Критерии качества измерений

Качество измерений характеризуется точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений, а также размером допустимых погрешностей.

Точность — это качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям как систематическим, так и случайным.

Точность количественно оценивают обратной величиной модуля относительной погрешности. Например, если погрешность измерений равна 10^{-6}, то точность равна 10^{6}.

Достоверность измерений характеризует степень доверия к результатам измерений. Достоверность оценки погрешностей определяют на основе законов теории вероятностей и математической статистики. Это дает возможность для каждого конкретного случая выбирать средства и методы измерений, обеспечивающие получение результата, погрешности которого не превышают заданных границ с необходимой достоверностью.

Под *правильностью* измерений понимают качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в результатах измерений.

Сходимость — это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений одного и того же параметра, выполненных повторно одни

ми и теми же средствами одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

Воспроизводимость — это такое качество измерений, которое отражает близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах, различными методами и средствами).

3.5.4. Планирование измерений

В простейшем случае планирование измерений сводится к нахождению оптимального числа измерений n набора величин X_1, ..., X_n, а затем статистических характеристик:

- среднего арифметического $\overline{X} = \overline{X}_n \pm \Delta\overline{X}$,

  где $\overline{X}$ — среднее арифметическое выборки; $\Delta\overline{X}$ — его доверительный интервал;

- среднего квадратического выборки $S_n \approx \sigma_n$ $(n \to \infty)$.

Доверительный интервал, на величину которого истинное значение $\overline{X}$ может отличаться от выборочного $\overline{X}_n$:

$$\Delta\overline{X} = S_n \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}},$$

где t_{n-1} — табличный коэффициент Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности P и числа измерений $(n-1)$. На практике выбирают: $P \approx 0{,}68$, что соответствует $\pm 1\sigma$; $P \approx 0{,}95$ соответствует $\pm 2\sigma$; $P \approx 0{,}997$ соответствует $\pm 3\sigma$.

Наибольшее число требуемых испытаний

$$n = (S_m \cdot t_{m-1}/\Delta X)^2 \cdot (1 + 0{,}5/m + 2/\sqrt{m}),$$

где m — число предварительных экспериментов, заведомо меньшее, чем требуемое.

Таким образом, исходными, предварительно выбранными величинами при планировании измерений, являются: ΔX — максимальное допустимое отклонение среднего арифметического; P — доверительная вероятность; m — число предварительных испытаний.

3.6. Выбор измерительного средства

Обоснованный выбор измерительного средства необходим как для метрологического, инженерного и научного эксперимента, так и для практической деятельности в условиях производства и оказания услуг.

3.6.1. Подготовка и выполнение измерительного эксперимента

Умение проводить научные исследования становится для инженера необходимостью, так как часто лишь с их помощью удается учесть особенности конкретных условий производства и выявить резервы повышения его эффективности.

Эксперимент является главным орудием научного метода познания, на котором основывается наука. Лишь эксперимент, дающий повторяющиеся результаты и поддающийся воспроизведению разными исследователями, позволяет установить или подтвердить научную истину. Эксперимент включает в себя ряд опытов, в процессе каждого из которых происходит воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов.

Для проведения метрологического эксперимента необходимо: определиться с методикой выполнения измерений; выбрать метод измерения, средство измерения и вспомогательные устройства; подготовиться к измерению и опробованию средства измерения; осуществить контроль условий выполнения измерений; установить число наблюдений при измерении; учесть систематические погрешности и уменьшить их; обработать результаты наблюдений и оценить погрешность измерений; интерпретировать и представить результаты измерения; округлить результаты наблюдений и измерений.

Методика выполнения измерений (МВИ) — нормативно-технический документ, в котором установлена совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение необходимых результатов измерений. В МВИ должны устанавливаться: ее назначение, нормы точности и область применения; метод (методы) измерений; требования к средствам измерений (СИ) и вспомогательным устройствам, необходимым для выполнения измерений; требования к безопасности, включая экологическую безопасность; требования к квалификации операторов; условия выполнения измерений; операции подготовки к выполнению измерений; экспериментальные операции, выполняемые для получения *результатов наблюдений* при измерении; способы обработки результатов наблюдений и оценки показателей точности измерений; требования к оформлению результатов измерений.

Разработку или выбор МВИ начинают с анализа объекта, условий и цели измерений и установления соответствующей модели объекта измерений. Под моделью (содержащей физические, математические, структурные, смысловые и другие аспекты) объекта измерений (ОИ) понимают формализованное описание ОИ, основанное на совокупности уже имеющихся знаний об ОИ. В качестве измеряемых величин следует выбирать такие параметры или характеристики модели ОИ, которые наиболее близко соответствуют цели измерения.

Погрешностями модели можно пренебрегать, если они не превышают 10 % от допускаемой погрешности измерений.

Примеры простейших моделей ОИ

1. ОИ — вал; модель ОИ — прямой круговой цилиндр; измеряемый параметр — диаметр цилиндра в любом поперечном сечении; источники погрешности модели — эллиптичность, граненость и конусность вала.
2. ОИ — электрическая сеть переменного тока как потенциальный источник мощности, выделяющейся в активной нагрузке; модель ОИ — синусоидальное напряжение $U = U_m \sin \omega t$ с амплитудой U_m; измеряемый параметр — действующее значение напряжения

$$U_д = U_m \sqrt{1/2\pi} \int_0^{2\pi} \sin \omega t = U_m/\sqrt{2};$$

источник погрешности модели — отклонение временной зависимости напряжения от синусоидальной.

Выбор метода измерений определяется принятой моделью ОИ и доступными СИ. Под *методом измерений* понимают прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей (или шкалой) в соответствии с реализованным принципом измерений.

При выборе метода измерений добиваются того, чтобы *погрешность метода измерений*, то есть составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятых модели и метода измерений (иначе, теоретическая погрешность), не сказывалась заметно на результирующей погрешности измерения, то есть не превышала 30% от нее. Изменения измеряемых параметров модели в течение цикла наблюдений, как правило, не должны превышать 10% от заданной погрешности измерения. Если возможны альтернативы, учитывают и экономические соображения: ненужное завышение точности модели и метода измерения приводят к необоснованным затратам. То же относится и к выбору СИ.

Выбор средств измерений и вспомогательных устройств определяется измеряемой величиной, принятым методом измерений и требуемой точностью результата измерений (нормами точности). Измерения с применением СИ недостаточной точности малоценны (даже бессмысленны), так как могут быть причиной неправильных выводов. Применение излишне точных СИ экономически невыгодно. Учитывают также диапазон изменений измеряемой величины, условия измерений, эксплуатационные качества СИ, их стоимость.

Основное внимание уделяют погрешностям СИ. При этом добиваются выполнения условия

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{мод} + \Delta_{м} + \Delta_{СИ} + \Delta_{усл} + \Delta_{о} \le \Delta_{Д},$$

где $\Delta_{Д}$ — предельно допускаемая погрешность результатов измерений;
предельные погрешности: $\Delta_{мод}$ — модели измерений, $\Delta_{м}$ — метода измерений; $\Delta_{СИ}$ — средства измерений, $\Delta_{усл}$ — дополнительные погрешности, обусловленные воздействием влияющих факторов условий измерений, $\Delta_{о}$ — оператора.

Этот критерий выбора СИ достаточно надежен, но дает завышенную на 20–30 % оценку суммарной погрешности измерения Δ_{Σ}. Если такой запас по точности не допустим, суммирование составляющих Δ_{Σ} следует произвести по формулам для случайных погрешностей.

Подготовка к измерениям и опробование средств измерений. При подготовке к измерениям оператор должен:

1. Подготовить ОИ (например, очистить) и создать необходимые (по НТД) условия измерений (испытаний) — установить в рабочее положение, включить питание, охлаждение, прогреть его необходимое время и т. п.
2. Опробовать СИ. Проверить действие органов управления, регулировки, настройки и коррекции. Если СИ снабжены средствами самокалибровки (тестирования), выполнить соответствующие операции.

3. Провести 2–3 пробных наблюдения и сравнить результаты с ожидаемыми. При непредвиденно большом расхождении результатов проанализировать причины и устранить их.

Контроль условий выполнения измерений. Сохранение метрологических характеристик СИ гарантируется для нормальных условий измерений (табл. 3.2). Однако реальное проведение измерений в этих нормальных условиях маловероятно. Поэтому в эксплуатационной документации (ЭД) на СИ указывают пределы нормальной области значений влияющих величин, выходить за которые при выполнении измерений не допускается из-за возникновения дополнительной погрешности СИ. Рекомендуется выделить (определить) рабочее пространство, действием влияющих величин внутри которого можно пренебречь.

По ГОСТу 8.050–73 «Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений» и ГОСТ 8.395–80 «Нормальные условия измерений при поверке» предусмотрены пределы нормальной области значений влияющих величин, которые устанавливаются в зависимости от допусков и диапазона измеряемых размеров.

СИ влияющих величин выбирают такими, чтобы их погрешность не превышала 30 % от допустимых изменений влияющих величин.

Установление числа наблюдений при измерениях. Не следует отождествлять понятия «*измерение*» с «*наблюдением при измерении*» — экспериментальной операцией, выполняемой в процессе измерений, в результате которого получают одно значение величины (отсчета) — результата наблюдения, подлежащего обработке для получения *результата измерения*. Система этих понятий необходима для однозначного изложения измерительных процедур.

Таблица 3.2. Номинальные значения влияющих физических величин

Влияющая величина	**Номинальное значение величины**
Температура для всех видов измерений	293 К (20 °С)
Давление окружающего воздуха для измерения ионизирующих излучений, теплофизических, температурных, магнитных, электрических, давлений, параметров движения	100 кПа (750 мм рт. ст.)
То же для остальных видов измерений	101,3 кПа (760 мм рт. ст.)
Относительная влажность воздуха для измерений: линейных, угловых, массы и спектроскопии	58%
То же для измерений электрического сопротивления	55%
То же для измерений температуры, силы, твердости, переменного электрического тока, ионизирующих излучений, параметров движения	65%
То же для остальных видов измерений	60%

Влияющая величина	Номинальное значение величины
Плотность воздуха	1,2 кг/м^3
Ускорение свободного падения	9,8 м/с^2
Магнитная индукция (например, магнитного поля) и напряженность электростатического поля для измерений параметров движения, магнитных и электрических величин	0
То же для остальных видов измерений	Соответствует характеристикам поля Земли в данном районе

Различают измерения с *однократными* и *многократными* наблюдениями. Наиболее распространены (в производстве) измерения с однократными наблюдениями.

Случайную погрешность считают пренебрежимо малой по сравнению с *неисключенным остатком систематической погрешности* (НСП), если $\Theta/S(x) > 8$, где Θ — граница НСП результата измерения: $S(x)$ — среднее квадратическое отклонение (СКО) отдельных наблюдений.

Иногда для повышения надежности таких измерений (исключения промахов) делают все-таки два или три наблюдения, и за результат измерения принимают среднее арифметическое значение результатов этих наблюдений.

Измерение с числом наблюдений $n > 4$ относят (условно) к измерениям с многократными наблюдениями и выполняют статистическую обработку ряда результатов наблюдений для получения информации о результате измерений и о случайной составляющей погрешности этого результата. При увеличении n СКО случайной погрешности результата измерений $S(\bar{x})$ уменьшается по закону обратной пропорциональности $\sqrt{n}$. Этим руководствуются при выборе n для разумного уменьшения $S(\bar{x})$, например, по сравнению с НСП результата измерений Θ, не зависящей от n (до выполнения условия $\Theta/S(\bar{x}) > 8$, дальнейшее увеличение n не имеет смысла). Как правило, выбор числа наблюдений производится при разработке МВИ. Определение количества измерений приведено в п. 3.5.4.

Учет систематических погрешностей и способы их уменьшения. Систематические погрешности, как правило, не проявляются при выполнении наблюдений и вычислении результатов измерений, но способны существенно исказить эти результаты.

При разработке СИ и МВИ, то есть еще до начала измерений систематические погрешности более или менее полно исключаются (например, введением аддитивных и мультипликативных поправок). Поэтому при выполнении наблюдений и оценке результатов измерений имеют дело *с неисключенными остатками систематических погрешностей* — НСП. Систематическую погрешность в данном разделе необходимо понимать именно как неисключенную систематическую погрешность (НСП).

Для обнаружения НСП рекомендуется: провести измерение другим, максимально отличным от использованного, методом и сравнить результаты; резко изме-

нить условия наблюдений (использовать другие экземпляры СИ, сменить оператора, изменить время наблюдений, например провести их в ночное время, когда выключено технологическое оборудование); провести контрольное измерение в лаборатории другой организации или в метрологическом учреждении, в которых имеются более точные СИ и МВИ; выполнить теоретическую (расчетную) оценку НСП с привлечением имеющихся априорных знаний об объекте измерений, более точных или других моделях объекта измерений, методе и СИ.

Для уменьшения (исключения) НСП в ходе выполнения измерений применяются следующие методы (приемы):

1. *Метод замещения.* Его суть — замена измеряемой величины известной (мерой), притом так, чтобы в состоянии и действии всех используемых СИ не происходило никаких изменений.
2. *Метод противопоставления.* Измерение выполняется с двумя наблюдениями, проводимыми так, чтобы причина НСП оказывала разные, но известные по закономерности воздействия на результаты наблюдений.
3. *Метод компенсации погрешности по знаку* предусматривает измерение с двумя наблюдениями, выполняемыми так, чтобы НСП входила в результат каждого из них с разными знаками.
4. *Метод рандомизации* (перевода систематической погрешности в случайную) заключается в такой организации измерений, при которой фактор, вызывающий НСП, при каждом наблюдении действует по-разному.
5. *Метод симметричных наблюдений* применяется для устранения прогрессирующих систематических погрешностей, линейно меняющихся пропорционально времени. Используют следующее свойство любых двух наблюдений, симметричных относительно средней точки интервала наблюдений: среднее значение линейно прогрессирующей погрешности результатов любой пары симметричных наблюдений равно погрешности, соответствующей средней точке интервала. Ряд наблюдений выполняют через равные промежутки времени и вычисляют средние арифметические значения результатов симметрично расположенных наблюдений (симметрично относительно среднего по времени наблюдения). Как было сказано, они должны быть равны. Это дает возможность контролировать в ходе измерения, соблюдается ли условие линейности возрастания систематической погрешности.

Описанные методы (приемы) должны учитываться при разработке МВИ.

3.6.2. Обработка результатов наблюдений и оценивание погрешностей измерений

Оценку погрешности результата измерения выполняют при разработке МВИ. Источниками погрешностей являются модель ОИ, метод измерения, СИ, оператор, влияющие факторы условий измерений, алгоритм обработки результатов наблюдений. Как правило, погрешность результата измерения оценивается при доверительной вероятности $P = 0{,}95$.

При выборе значения P необходимо учитывать степень важности (ответственности) результата измерений. Например, если ошибка в измерении может привес-

ти к гибели людей или к тяжелым экологическим последствиям, значение P должно быть увеличено.

1. *Измерения с однократными наблюдениями.* За результат измерения в этом случае принимают результат однократного наблюдения x (с введением поправки, если она имеется), используя предварительно полученные (например, при разработке МВИ) данные об источниках, составляющих погрешность.

Доверительные границы НСП результата измерения $\Theta(P)$ вычисляют по формуле

$$\Theta(P) = k(P)\sqrt{\sum_{j=1}^{m_1}\Theta_j^2}, \qquad (3.3)$$

где $k(P)$ — коэффициент, определяемый принятой P и числом m_1 составляющих НСП: $\Theta(P)$ — найденные нестатистическими методами границы j-й составляющей НСП (границы интервала, внутри которого находится эта составляющая, определяемые при отсутствии сведений о вероятности ее нахождения в этом интервале). При $P = 0{,}90$ и $P = 0{,}95$ $k(P)$ равен 0,95 и 1,1 соответственно при любом числе слагаемых m_1. При $P = 0{,}99$ значения $k(P)$ следующие (табл. 3.3):

Таблица 3.3

m_1	$k(P)$	m_1	$k(P)$
5 и более	1,45	3	1,30
4	1,40	2	1,20

Если составляющие НСП распределены равномерно и заданы доверительными границами $\Theta(P)$, то доверительную границу НСП результата измерения вычисляют по формуле

$$\Theta(P) = k\sqrt{\sum_{j=1}^{m_1}[\Theta_j^2(P)/k_j^2]}, \qquad (3.4)$$

где k и k_j — те же, что и в предыдущем случае, коэффициенты, соответствующие доверительной вероятности P и P_j соответственно;
m_1 — число составляющих НСП.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерения с однократным наблюдением вычисляют одним из следующих способов:

- Если в технической документации на СИ или в МВИ указаны нормально распределенные составляющие случайной погрешности результата наблюдения (инструментальная, методическая, из-за влияющих факторов, оператора и т. д.), то СКО вычисляют по формуле

$$S(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} S_i^2(x)},$$

где m_2 — число составляющих случайной погрешности; S_i — значения СКО этих составляющих.

Доверительную границу случайной погрешности результата измерения $\epsilon(P)$ в этом случае вычисляют по формуле

$$\epsilon(P) = z_{P/2}\, S(x), \qquad (3.5)$$

где $z_{P/2}$ — значение нормированной функции Лапласа в точке $P/2$ при доверительной вероятности P (табл. 3.4):

Таблица 3.4

P	$z_{P/2}$	P	$z_{P/2}$
0,90	1,65	0,97	2,17
0,95	1,96	0,98	2,33
0,96	2,06	0,99	2,58

- Если в тех же документах случайные составляющие погрешности результата наблюдения представлены доверительными границами $\epsilon_i\ (P)$ при одной и той же доверительной вероятности P, то доверительную границу случайной погрешности результата измерения с однократным наблюдением при доверительной вероятности вычисляют по формуле

$$\epsilon(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} \epsilon_i^2\ (P)}.$$

- Если случайные составляющие погрешности результата наблюдения определяют предварительно в реальных рабочих условиях экспериментальными методами при числе наблюдений $n_i < 30$, то:

$$\epsilon(P) = t\sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} S_i^2(x)},$$

где t — коэффициент Стьюдента, соответствующий наименьшему числу наблюдений $n_{\min}$ из всех n_i, можно найти в [4] или в любом справочнике по теории вероятностей;
$S(x)$ — оценки СКО случайных составляющих погрешности результата наблюдения, определяемых по формуле (3.10).

Если в эксперименте невозможно или нецелесообразно определить СКО составляющих случайной погрешности и определено сразу суммарное СКО, то в формуле (3.5) $m_2 = 1$.

- Если случайные составляющие погрешности результата наблюдений представлены доверительными границами $\epsilon(P_i)$, соответствующими разным вероятностям P_i, то сначала определяют СКО результата измерения с однократным наблюдением по формуле

$$S(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} [\epsilon_i^2\ (P)/z_{P_i/2}^2]},$$

где $z_{P_i/2}$ — значения функции Лапласа.

Затем вычисляют $\in (P)$ по формуле (3.4).

Для суммирования систематической и случайной составляющих погрешностей рекомендуется следующий способ:

Если

$$\Theta(P)/S(x) < 0{,}8, \tag{3.6}$$

то НСП $\Theta(P)$ пренебрегают и окончательно принимают $\in (P)$ за погрешность результата измерения $\Delta(P)$ при доверительной вероятности P.

Если

$$\Theta(P)/S(x) > 0{,}8, \tag{3.7}$$

то пренебрегают случайной погрешностью и принимают $\Delta(P) = \Theta(P)$.

Если $0{,}8 \le \Theta(P)/S(x) \le 8$, то доверительную границу погрешности результата измерений вычисляют по формуле

$$\Delta(P) = K_{\Sigma}(\gamma)[\Theta(P) + \in (P)], \tag{3.8}$$

где $K_{\Sigma}(\gamma) = \sqrt{1+\gamma^2}/(1+\gamma)$; $\gamma = \Theta(P)/[\sqrt{3}k(P)S(x)]$

2. *Измерения с многократными наблюдениями.* Обработку результатов в этом случае рекомендуется начать с проверки на отсутствие промахов (грубых погрешностей). Промах — это результат x_n отдельного наблюдения, входящего в ряд из n наблюдений, который для данных условий измерений резко отличается от остальных результатов этого ряда. Если оператор в ходе измерения обнаруживает такой результат и достоверно находит его причину, он вправе его отбросить и провести (при необходимости) дополнительное наблюдение взамен отброшенного.

При обработке уже имеющихся результатов наблюдений произвольно отбрасывать отдельные результаты нельзя, так как это может привести к фиктивному повышению точности результата измерения. Поэтому применяют следующую процедуру. Вычисляют среднее арифметическое $\bar{x}$ результатов наблюдений x_i по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i. \tag{3.9}$$

Затем вычисляют оценку СКО результата наблюдения как

$$S(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}. \tag{3.10}$$

Находят отклонение v_n предполагаемого промаха x_n от $\bar{x}$:

$$V_{\Pi} = |X_{\Pi} - X|.$$

По числу всех наблюдений n (включая x_{Π}) и принятому для измерения значению P (обычно 0,95) по [4] или любому справочнику по теории вероятностей находят $z(P, n)$ — нормированное выборочное отклонение нормального распределения. Если $V_{\Pi} < z\,S(x)$, то наблюдение x_{Π} не является промахом; если $V_{\Pi} \ge z\,S(x)$, то x_{Π} промах, подлежащий исключению. После исключения x_{Π} повторяют процедуру определения x и $S(x)$ для оставшегося ряда результатов

наблюдений и проверки на промах наибольшего из оставшегося ряда отклонений от нового значениям (вычисленного исходя из $n - 1$).

За результат измерения принимают среднее арифметическое $\bar{x}$ [см. формулу (3.9)] результатов наблюдений x_i. Погрешность $\bar{x}$ содержит случайную и систематическую составляющие. Случайную составляющую, характеризуемую СКО результата измерения, оценивают по формуле

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

Принадлежность результатов наблюдений x_i к нормальному распределению при $n \geq 20$ легко проверить, применив правило 3σ: если отклонение от $\bar{x}$ не превышает 3σ, то случайная величина распределена нормально. Доверительные границы случайной погрешности результата измерения при доверительной вероятности P находят по формуле

$$\epsilon(P) = t(P, n) \cdot S(\bar{X}), \qquad (3.11)$$

где t — коэффициент Стьюдента.

Доверительные границы $\Theta(P)$ НСП результата измерения с многократными наблюдениями определяют точно так же, как и при измерении с однократным наблюдением — по формулам (3.3) или (3.4).

Суммирование систематической и случайной составляющих погрешности результата измерения при вычислении $\Delta(P)$ рекомендуется осуществлять с использованием критериев и формул (3.6–3.8), в которых при этом $S(x)$ заменяется на $S(\bar{X}) = S(x)/\sqrt{n}$.

3. *Косвенные измерения.* Значение измеряемой величины A находят по результатам измерений аргументов $a_1, ..., a_i, ..., a_m$, связанных с искомой величиной уравнением

$$\bar{A} = f(a_1, ..., a_i, ..., a_m). \qquad (3.12)$$

Вид функции f определяется при установлении модели ОИ.

Косвенное измерение при линейной зависимости. Искомая величина A связана с m измеряемыми аргументами уравнением

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^{m} b_i a_i,$$

где b_i — постоянные коэффициенты.

Предполагается, что корреляция между погрешностями измерений a_i отсутствует. Результат измерения A вычисляют по формуле

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^{m} b_i \bar{a}_i,$$

где $\bar{a}_i$ — результат измерения a_i с введенными поправками. Оценку СКО результата измерения $S(A)$ вычисляют но формуле

$$S(\bar{A}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} b_i^2 S^2(\bar{a}_i)},$$

где $S(\bar{a}_i)$ — оценка СКО результата измерений $\bar{a}_i$.

Доверительные границы $\in(P)$ случайной погрешности $\bar{A}$ при нормальном распределении погрешностей $\bar{a}_i$

$$\in(P) = t(P, n_{эф})\, S(\bar{A}), \qquad (3.13)$$

где $t(P, n_{эф})$ — коэффициент Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности P (обычно 0,95, в исключительных случаях 0,99) и эффективному числу наблюдений $n_{эф}$, вычисляемому по формуле

$$n_{эф} = \frac{\left[\sum_{i=1}^{m} b_i^2\, S^2(\bar{a}_i)\right]^2 - 2\sum_{i=1}^{m} \frac{b_i^4\, S^4(\bar{a}_i)}{n_i + 1}}{\sum_{i=1}^{m} \frac{b_i^4\, S^4(\bar{a}_i)}{n_i + 1}},$$

где n_i —число наблюдений при измерении a_i.

Доверительные границы $\Theta(P)$ НСП результата такого измерения, сумму $\Theta(P)$ и $\in(P)$ для получения окончательного значения $\Delta(P)$ рекомендуется вычислять с использованием критериев и формул (3.3), (3.4), (3.6) — (3.8), в которых m_1, Θ_i и $S(x)$ заменяются соответственно на m, $b_i\,\Theta_i$, и $s(\bar{A})$

Косвенные измерения при нелинейной зависимости. При некоррелированных погрешностях измерений a_i используется метод линеаризации путем разложения функции $f(a_1, \ldots, a_m)$ в ряд Тейлора, то есть

$$f(a_1, \ldots, a_m) = f(\bar{a}_1 \ldots \bar{a}_m) + \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial f}{\partial a_i} \Delta a_i + R,$$

где $\Delta a_i = a_i - \bar{a}$ — отклонение отдельного результата наблюдения a_i от $\bar{a}_i$;

R — остаточный член.

Метод линеаризации допустим, если приращение функции f можно заменить ее полным дифференциалом. Остаточным членом $R = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m} \frac{\partial^2 f}{\partial a_i^2} (\Delta \bar{a}_i)^2$ пренебрегают, если

$$R < 0{,}8\sqrt{\sum_{i=1}^{m} \left(\frac{\partial f}{\partial a_i}\right)^2 S^2(\bar{a}_i)},$$

где $S(\bar{a}_i)$ — оценка СКО случайных погрешностей результата измерения $\bar{a}_i$. При этом отклонения $\Delta \bar{a}_i$ должны быть взяты из возможных значений погрешностей и такими, чтобы они максимизировали R.

Результат измерения $\bar{A}$ вычисляют по формуле $\bar{A} = f(\bar{a}_1 \ldots \bar{a}_m)$.

Оценку СКО случайной составляющей погрешности результата такого косвенного измерения $s(\bar{A})$ вычисляют по формуле

$$S(\bar{A}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial a_i}\right)^2 S^2(\bar{a}_i)},$$

а $\in(P)$ — по формуле (3.13). Значение $n_{эф}$, границы НСП $\Theta(P)$ и погрешность $\Delta(P)$ результата косвенного измерения при нелинейной зависимости вычисляют так же, как и при линейной зависимости, но с заменой коэффициентов b_i на $\partial f / \partial a_i$.

Метод приведения (для косвенных измерений с нелинейной зависимостью) применяется при неизвестных распределениях погрешностей измерений a_i и при корреляции между погрешностями a_i для получения результата косвенного измерения и определения его погрешности. При этом предполагается наличие ряда n результатов наблюдений a_{ij} измеряемых аргументов a_i. Сочетания a_{ij}, полученных в j-м эксперименте, подставляют в формулу (3.12) и вычисляют ряд значений A_j измеряемой величины A. Результат измерения $\overline{A}$ вычисляют по формуле

$$\overline{A} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} A_j .$$

Оценку СКО $s(\overline{A})$ — случайной составляющей погрешности $\overline{A}$ — вычисляют по формуле

$$S(\overline{A}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{j=1}^{n}(A_j - \overline{A})^2},$$

а $\in (P)$ —по формуле (3.11). Границы НСП $\Theta(P)$ и погрешность $\Delta(P)$ результата измерения $\overline{A}$ определяют описанными выше способами для нелинейной зависимости.

3.6.3. Выбор измерительных средств по допустимой погрешности измерения

При выборе измерительных средств и методов контроля изделий учитывают совокупность метрологических, эксплуатационных и экономических показателей. К метрологическим показателям относятся: допустимая погрешность измерительного прибора; цена деления шкалы; порог чувствительности; пределы измерения и др. К эксплуатационным и экономическим показателям относятся: стоимость и надежность измерительных средств; продолжительность работы (до ремонта); время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения; масса, габаритные размеры и рабочая нагрузка.

3.6.3.1. Выбор измерительных средств для контроля размеров

На рис. 3.3 показаны кривые распределения размеров деталей ($y_{тех}$) и погрешностей измерения ($y_{мет}$) с центрами, совпадающими с границами допуска. В результате наложения кривых $y_{мет}$ и $y_{тех}$ происходит искажение кривой распределения $y(\sigma_{тех}, \sigma_{мет})$, появляются области вероятностей m и n, обусловливающие выход размера за границу допуска на величину c. Таким образом, чем точнее технологический процесс (меньше отношение $IT/\Delta_{мет}$), тем меньше неправильно принятых деталей по сравнению с неправильно забракованными.

Решающим фактором является допускаемая погрешность измерительного средства, что вытекает из стандартизованного определения действительного размера как и размера, получаемого в результате измерения с допустимой погрешностью.

Допускаемые погрешности измерения $\delta_{изм}$ при приемочном контроле на линейные размеры до 500 мм устанавливаются ГОСТ 8.051–81, которые составляют 35–20% от допуска на изготовление детали IT. По этому стандарту предусмотрены наибольшие допускаемые погрешности измерения, включающие погрешности от средств измерений, установочных мер, температурных деформаций, изме-

рительного усилия, базирования детали. Допускаемая погрешность измерения $\delta_{изм}$ состоит из случайной и неучтенной систематической составляющих погрешности. При этом случайная составляющая погрешности принимается равной 2σ и не должна превышать 0,6 от погрешности измерения $\delta_{изм}$.

В ГОСТ 8.051–81 погрешность задана для однократного наблюдения. Случайная составляющая погрешности может быть значительно уменьшена за счет многократных наблюдений, при которых она уменьшается в $\sqrt{n}$ раз, где n — число наблюдений. При этом за действительный размер принимается среднеарифметическое из серии проведенных наблюдений.

При арбитражной перепроверке деталей погрешность измерения не должна превышать 30% предела погрешности, допускаемой при приемке.

Значения допустимой погрешности измерения $\delta_{изм}$ на угловые размеры установлены по ГОСТ 8.050–73.

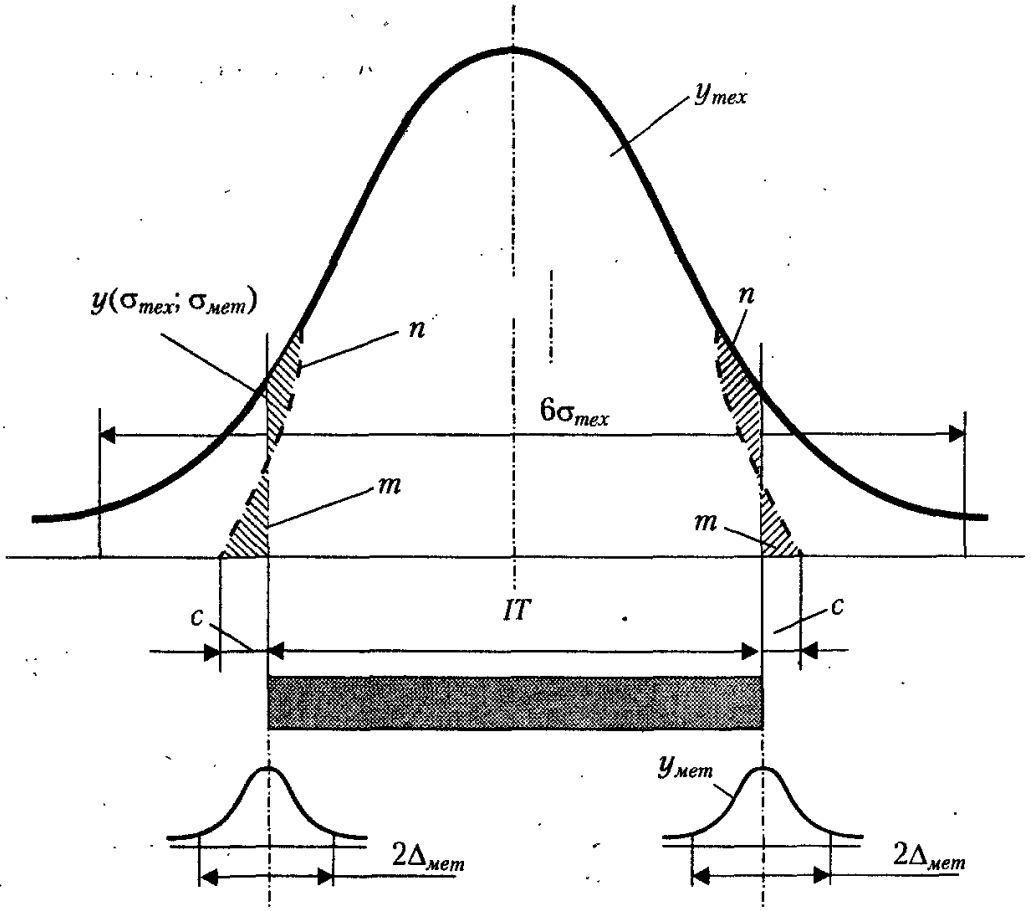


Рис. 3.3. Кривые распределения контролируемых параметров, построенные с учетом погрешностей измерения

Разрешается увеличение допустимой погрешности измерения, указанной в ГОСТ 8.051–81 и ГОСТ 8.050–73, при уменьшении допуска размера, учитывающего это увеличение, а также в случае разделения изделий на размерные группы для селективной сборки.

Установленные стандартом погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допустить при измерении: они включают в себя случайные и неучтенные систематические погрешности измерения, все составляющие, зависящие

от измерительных средств, установочных мер, температурных деформаций, базирования и т. д.

Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от допустимой погрешности измерения и принимается равной 2σ, где σ — значение среднего квадратического отклонения погрешности измерения.

При допусках, не соответствующих значениям, указанным в ГОСТ 8.051–81 и ГОСТ 8.050–73, допустимую погрешность выбирают по ближайшему меньшему значению допуска для соответствующего размера.

Влияние погрешностей измерения при приемочном контроле по линейным размерам оценивается параметрами:

- m — часть измеренных деталей, имеющих размеры, выходящие за предельные размеры, принята в числе годных (неправильно принятые);
- n — часть деталей, имеющих размеры, не превышающие предельных размеров, забракованы (неправильно забракованные);
- c — вероятностная предельная величина выхода размера за предельные размеры у неправильно принятых деталей.

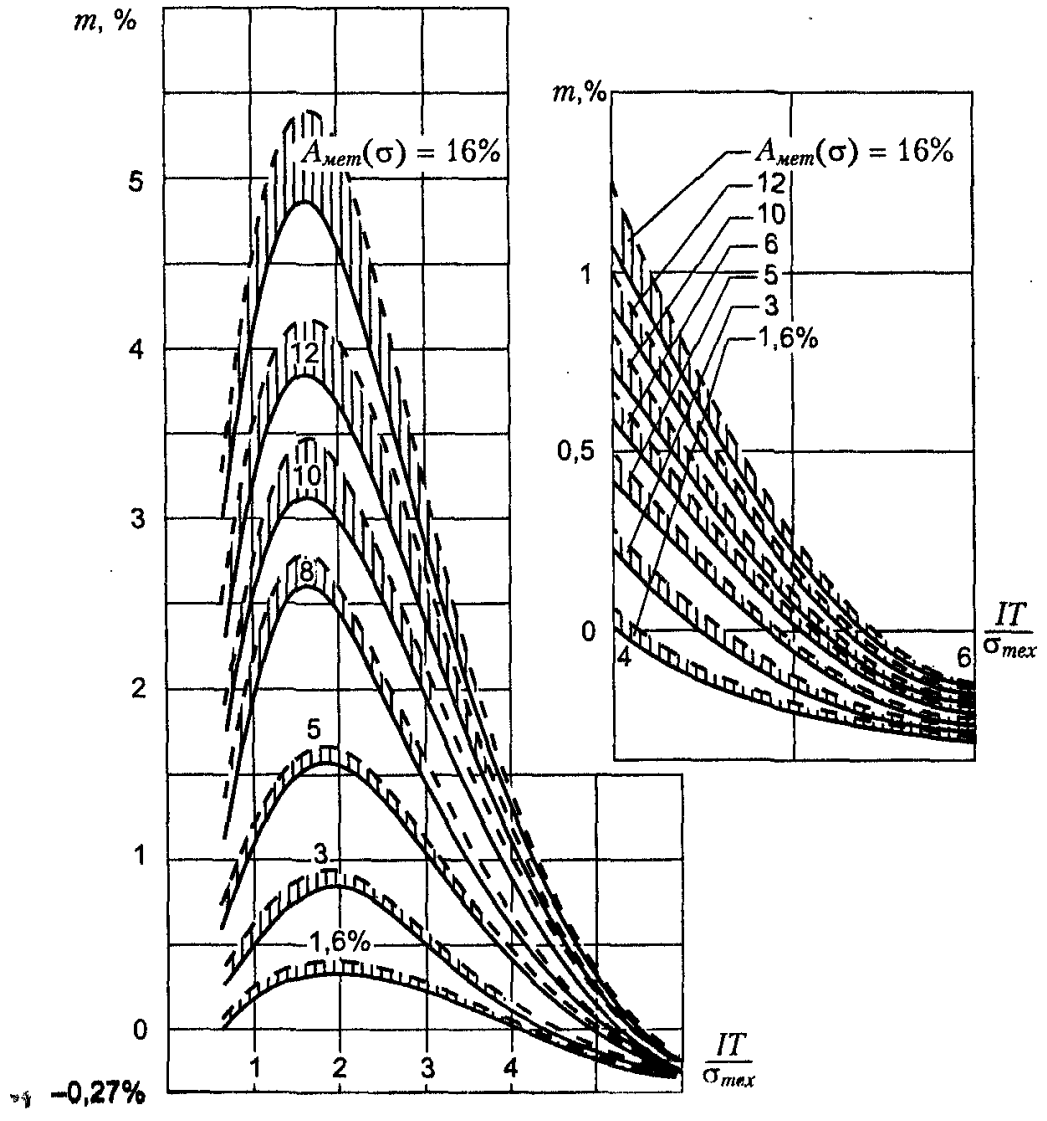


Рис. 3.4. График для определения параметра m

Значения параметров m, n, c при распределении контролируемых размеров по нормальному закону приведены на рис. 3.4–3.6.

Сплошные линии соответствуют распределению погрешности измерения по нормальному закону, а пунктирные — по закону равной вероятности.

При неизвестном законе распределения погрешности измерения для параметров m, n и c рекомендуется принимать средние их значения, определенных по сплошной и пунктирной линиям.

Параметры m и c на графиках определены с доверительной вероятностью 0,9973.

Для определения m с другой доверительной вероятностью необходимо сместить начало координат по оси ординат.

Кривые графиков (сплошные и пунктирные) соответствуют определенному значению относительной погрешности измерения, равной

$$A_{мет\,(\sigma)} = \frac{\sigma}{IT} 100\%,$$

где σ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения;
IT — допуск контролируемого размера.

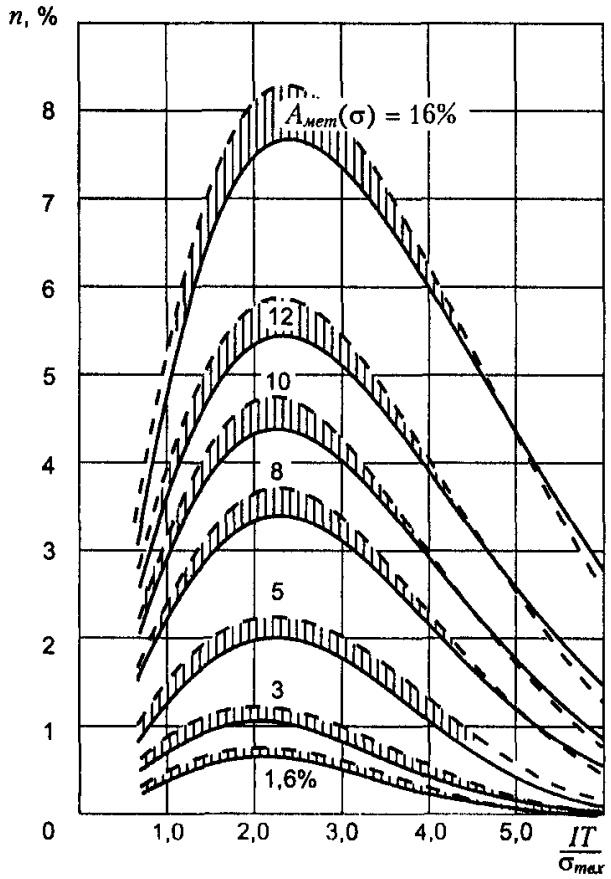


Рис. 3.5. График для определения параметра n

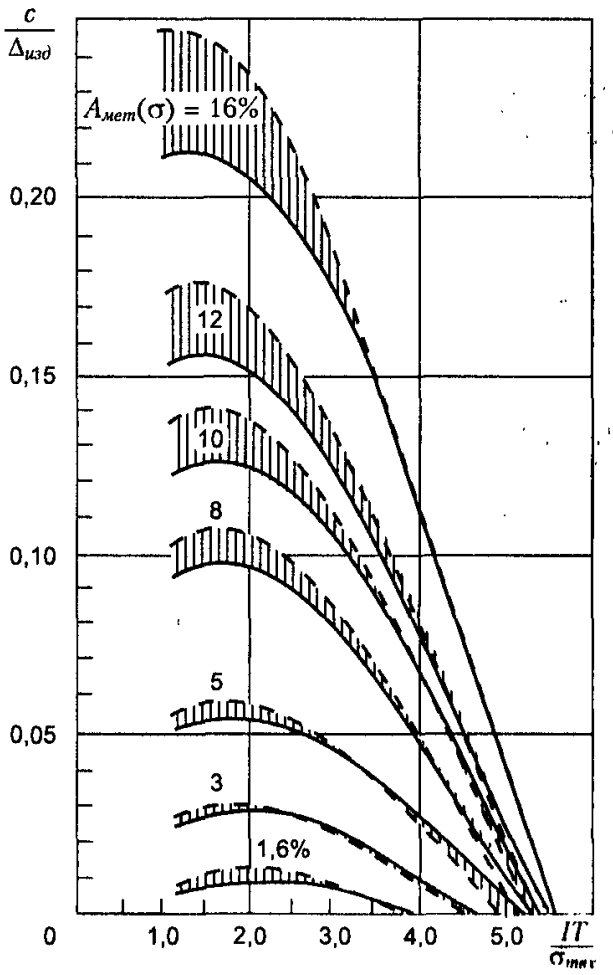


Рис. 3.6. График для определения параметра c

При определении параметров m, n и c рекомендуется принимать $A_{мет(\sigma)} = 16\%$ для квалитетов 2–7, $A_{мет(\sigma)} = 12\%$ — для квалитетов 8 и 9, $A_{мет(\sigma)} = 10\%$ — для квалитетов 10 и грубее.

Параметры m, n и c приведены на графиках в зависимости от значения $IT/\sigma_{тех}$, где $\sigma_{тех}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности изготовления. Параметры m, n и c даны при симметричном расположении поля допуска относительно центра группирования контролируемых деталей. Для определения m, n и c при совместном влиянии систематической и случайной погрешностей изготовления пользуются теми же графиками, но вместо значения $IT/\sigma_{тех}$ принимается для одной границы $(IT + 2\alpha_T)/\sigma_{тех}$, а для другой $-(IT - 2\alpha_T)/\sigma_{тех}$, где α_T — систематическая погрешность изготовления.

При определении параметров m и n для каждой границы берется половина получаемых значений.

Возможные предельные значения параметров m, n и c/IT, соответствующие экстремальным значениям кривых (на рис. 3.4–3.6), приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

$A_{мет}(\sigma)$	m	n	c/IT	$A_{мет}(\sigma)$	m	n	c/IT
1,60	0,37–0,39	0,70–0,75	0,01	10,0	3,10–3,50	4,50–4,75	0,14
3,0	0,87–0,90	1,20–1,30	0,03	12,0	3,75–4,11	5,40–5,80	0,17
5,0	1,60–1,70	2,00–2,25	0,06	16,0	5,00–5,40	7,80–8,25	0,25
8,0	2,60–2,80	3,40–3,70	0,10				

Первые значения m и n соответствуют распределению погрешностей измерения по нормальному закону, вторые — по закону равной вероятности.

Предельные значения параметров m, n и c/IT учитывают влияние только случайной составляющей погрешности измерения.

ГОСТ 8.051–81 предусматривает два способа установления приемочных границ.

Первый способ. Приемочные границы устанавливают совпадающими с предельными размерами (рис. 3.7, *а*).

Пример. При проектировании вала диаметром 100 мм оценено, что отклонения его размеров для условий эксплуатации должны соответствовать $h6(100_{-0,022})$. В соответствии с ГОСТ 8.051–81 устанавливают, что для размера вала 100 мм и допуска $IT = 0{,}022$ мм допускаемая погрешность измерения $\sigma_{изм} = 0{,}006$ мм.

В соответствии с табл. 3.5 устанавливают, что для $A_{тех}(\sigma) = 16\%$ и неизвестной точности технологического процесса $m = 5{,}0$ и $c = 0{,}25\,IT$, то есть среди годных деталей может оказаться до 5,0% неправильно принятых деталей с предельными отклонениями +0,0055 и −0,0275 мм.

Если полученные данные не повлияют на эксплуатационные показатели вала, то на чертежах указывают первоначально выбранный квалитет. В противном случае назначают более точный квалитет или другое поле допуска в этом квалитете.

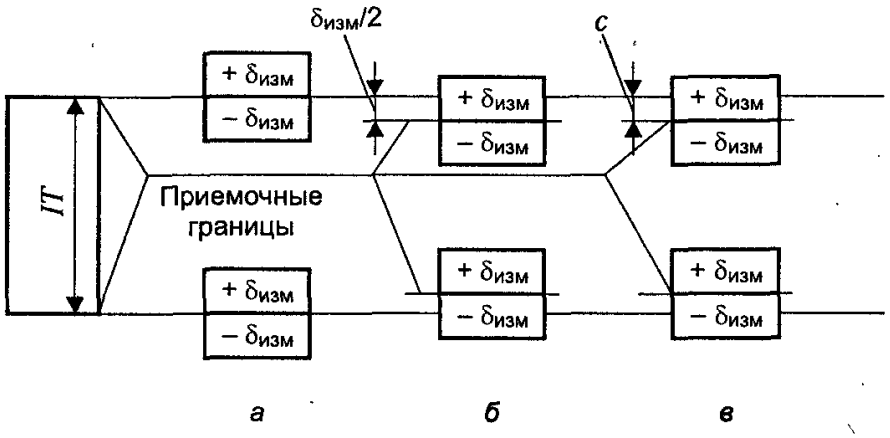


Рис.3.7. Варианты расположения приемочных границ по отношению к полю допуска

Второй способ. Приемочные границы смещают внутрь относительно предельных размеров.

При введении производственного допуска могут быть два варианта в зависимости от того, известна или неизвестна точность технологического процесса.

Вариант 1. При назначении предельных размеров точность технологического процесса неизвестна. В соответствии с ГОСТ 8.051–81 предельные размеры изменяются на половину допускаемой погрешности измерения (рис. 3.7, *б*). Для примера, рассмотренного выше, диаметр $100^{-0,003}_{-0,019}$.

Вариант 2. При назначении предельных размеров точность технологического процесса известна. В этом случае предельные размеры уменьшают на значение параметра *c* (рис. 3.7, *в*).

Предположим, что для рассмотренного выше примера $IT/\sigma_{тех} = 4$ (при изготовлении имеется 4,5% брака по обеим границам): $A_{мет}(\sigma) = 16\%$, $c/IT = 0,1$; $c = 0,0022$ мм.

С учетом данных диаметр вала принимают $100^{-0,002}_{-0,020}$.

3.6.3.2. Выбор измерительных средств для других параметров

Выбор измерительного средства определяется допуском на измерение, который зависит от допуска на контролируемый параметр. При отсутствии рекомендаций в НТД допуск на измерение принимают

$$\sigma_{изм} = 0,33\,T, \qquad (3.14)$$

где T — допуск на контролируемый параметр.

Например, для измерения отклонений *формы и расположения* допустимую абсолютную погрешность измерения искомого средства измерения определяют по выражению

$$\Delta_{пр} = \sqrt{\delta^2_{изм} - \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2}, \qquad (3.15)$$

где $\delta_{изм}$ — абсолютная погрешность измерения точности формы или расположения, которая не должны быть больше $0,33\,T_ф$ (здесь $T_ф$ — заданный допуск формы или расположения);

Δ_i — абсолютные погрешности n звеньев измерительного канала.

Приведенная погрешность средства измерения определяется как

$$\gamma = (\Delta_{пр}/X_N)100,$$

где X_N — нормирующий параметр, в качестве которого может служить диапазон измерений выбранного средства измерения.

Пример. Выбрать средство измерений для контроля отклонения от круглости вала $\varnothing 86h9(-_{0,087})$ с допуском круглости 0,025 мм. Измеряемую деталь 6 (рис. 3.8) устанавливают в призму 2 с углом раскрытия α и ощупывают наконечником измерительной головки 3, закрепленной в стойке 4, в направлении биссектрисы угла призмы. Измерительной головкой 5, тип которой необходимо выбрать, фиксируют максимальное изменение показаний ΔA за один оборот контролируемой детали 6. При этом отклонение от круглости определяют как $\Delta_{кр} = \Delta A/F_n$, где F_n — коэффициент, зависящий от количества неровностей на периметре контролируемой детали и угла раскрытия призмы (F_n — величина табулированная).

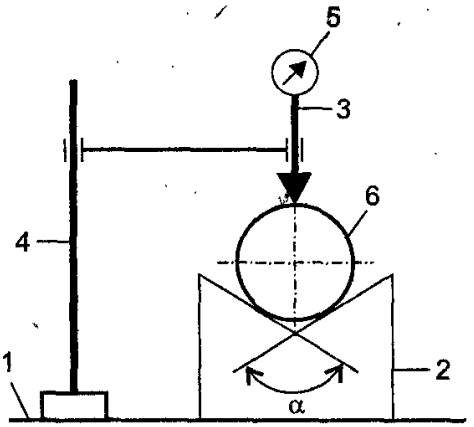


Рис. 3.8. Схема к выбору средства измерения для контроля круглости

Суммарная погрешность измерения отклонения от круглости в данной схеме не должна превышать $\Delta_{кр} \le \delta_{изм} \le 0{,}33T_ф = 0{,}33 \cdot 25 = 8{,}25$ мкм.

По формуле (3.15) допустимая погрешность прибора

$$\Delta_{пр} = \sqrt{\delta^2_{изм} - \Delta^2_{шт} - \Delta^2_{приз} - \Delta^2_{пл}} = \sqrt{8{,}25^2 - 2^2 - 4^2 - 6^2} = 3{,}5 \text{ мкм},$$

где $\Delta_{шт}$ — погрешность штатива 4 (для штативов с магнитным основанием типа ШМ-1 допустимый прогиб не превышает 2 мкм);

$\Delta_{приз}$ — погрешность призмы 2 (для призм класса 0 типа Ш-1 погрешность от непараллельности призменных выемок боковым граням не превышает 4 мкм);

$\Delta_{пл}$ — погрешность поверочной плиты 1(допуск плоскостности поверочной плиты класса 0 составляет 6 мкм).

Таким образом, для регистрации допуска круглости, равного 25 мкм, должно быть выбрано измерительное средство, имеющее погрешность не более 3,5 мкм. Такими средствами могут быть головки рычажно-зубчатые типа 1ИТ с ценой деления 0,001 и 0,002 мм и пределом измерения ±0,050 мм с настройкой по концевым мерам длины. Предельная погрешность измерения рычажно-зубчатыми головками для диапазона размеров 80–120 мм не превышает 2,5 мкм.

Исходными данными для выбора средств *теплофизических измерений* являются указанные в конструкторской (технологической) документации наименьшие и наибольшие размеры физической величины или допуск (например, задание условий: «температура стенки может изменяться в диапазоне от +400 до +800 °С или «давление в трубопроводе не должно превышать $15^{+0,2}$ МПа»).

Допуск относительно номинального размера может располагаться односторонне, симметрично и асимметрично. Его расположение относительно номинального размера на выбор СИ не влияет. Действительные размеры измеряемой величины могут изменяться по различному закону.

В соответствии с исходными данными определяют допускаемые знания основной абсолютной, относительной или приведенной погрешностей средства измерения (или измерительной системы); назначают требования к габаритным размерам, массе, соединительным элементам, особенностям конструкции данного средства измерения; рассчитывают значения нижнего и верхнего пределов (диапазона) рабочей шкалы средства измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ

Основной называют погрешность средства измерения, используемого в нормальных условиях. Приведенной погрешностью измерительного прибора называют отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению $\gamma = (\Delta / X_N) \cdot 100$, где в качестве X_N может быть выбран предел или диапазон измерения, длина шкалы. Относительная погрешность прибора определяется зависимостью $\delta = (\Delta / X_0) \cdot 100$, где X_0 — действительное значение измеряемой величины.

Допуск на измерение необходимо принимать по формуле (3.14).

Нижний предел рабочей части шкалы (диапазона) средства измерения (измерительной системы)

$$H_{\partial u} < \Pi_{\min} - \sigma_{изм},$$

где $H_{\partial u}$ — значение нижнего предела рабочей части шкалы (диапазона);
$\Pi_{\min}$ — наименьшее значение измеряемой величины.

Верхний предел рабочей части величины

$$B_{\partial u} > \Pi_{\max} + \sigma_{изм},$$

где $\Pi_{\max}$ — наибольшее предельное значение измеряемой величины.

Выбор пределов ($H_{\partial u}$ и $B_{\partial u}$) рабочей части шкалы средства измерения вызван необходимостью исключить возможное внесение в результаты измерения ошибок в случае, когда истинные значения измеряемой величины близки к граничным значениям рабочей части шкалы.

Предварительный выбор средства измерения производят по расчетным значениям допустимой погрешности измерения $\sigma_{изм}$, относительной δ и основной приведенной γ погрешностей прибора, а окончательный — с учетом области значений влияющих величин, габаритных размеров, массы, стоимости, особенностей эксплуатации, электромагнитной совместимости с окружающей средой и др.

Для проведения измерений в условиях, когда значения влияющих величин отличаются от установленных в нормативных документах на средства измерения

конкретного вида, необходимо нормировать функции влияния, то есть указывать зависимости показаний средств измерений от влияющих параметров и на основе этого вносить поправки в показания средства измерения или применять корректирующие устройства.

Примеры выбора средств изменений

Пример 1. Определить верхний предел измерения и основную приведенную погрешность датчика для измерения тяги газотурбинного двигателя (ГТД) $P = (1{,}6 \pm 0{,}1)$ кН.

Решение. Наибольшая и наименьшая предельные тяги $P_{max} = 1{,}6 + 0{,}1 = 1{,}7$ кН; $P_{min} = 1{,}6 - 0{,}1 = 1{,}5$ кН; допуск $T = 1{,}7 - 1{,}5 = 0{,}2$ кН; основная допустимая абсолютная погрешность датчика (допуск на измерение) $\delta_{изм} = 0{,}33T = 0{,}33 \cdot 0{,}2 = 0{,}066$ кН; нижний предел рабочей части шкалы $H_{ди} < 1{,}5 - 0{,}066 = 1{,}434$ кН; верхний предел рабочей части шкалы $B_{ди} > 1{,}7 + 0{,}066 = 1{,}766$ кН.

Выбираем датчик усилий с верхним пределом измерения $B_{ди} = 2$ кН.

Нормирующее значение для определения основной приведенной погрешности датчика принимаем $X_N = 2{,}0$ кН.

Определяем предел допускаемой основной приведенной погрешности датчика $\gamma = 0{,}066/2 \cdot 100 = \pm 3{,}3\%$. Ближайшим меньшим значением этой погрешности по отношению к найденному является $\gamma = 2\%$.

Пример 2. Определить основную приведенную погрешность и пределы измерения виброакселерометра для измерения виброускорения $a = 50 \pm 2$ м/с^2.

Решение. Наибольшее предельное значение виброускорения $a_{max} = 50 + 2 = 52$ м/с^2; наименьшее его значение $a_{min} = 50 - 2 = 48$ м/с^2; допуск $T = 52 - 48 = 4$ м/с^2; основная допустимая абсолютная погрешность виброакселерометра (допуск на измерение) $\sigma_{изм} = 0{,}33T = 0{,}33 \cdot 4 = 1{,}32$ м/с^2; нижний предел рабочей части шкалы $H_{ди} < 48 - 1{,}32 = 46{,}68$ м/с^2; верхний предел $B_{ди} > 52 + 1{,}32 = 53{,}32$ м/с^2.

В соответствии с данными по $H_{ди}$ и $B_{ди}$ выбираем виброакселерометр с верхним пределом измерения 100 м/с^2.

Основная приведенная погрешность этого прибора $\gamma = \dfrac{1{,}32}{100} \cdot 100 = 1{,}32\%$.

Измерительный преобразователь прибора для измерения ускорения ударного импульса должен выбираться с учетом соотношения $f_p \geq 20/\tau_u$, где f_p — указанная в паспорте на прибор резонансная частота измерительного преобразователя, Гц; τ_u — длительность измеряемого ударного импульса, с.

Пример 3. Определить пределы измерения и класс точности вольтметра для измерения напряжения питания бортовой сети самолета $V = 27 \pm 2{,}7$ В.

Решение. Наибольшее предельное напряжение $V_{max} = 27 + 2{,}7 = 29{,}7$ В; наименьшее $V_{min} = 27 - 2{,}7 = 24{,}3$ В; допуск $T = 29{,}7 - 24{,}3 = 5{,}4$ В; основная допустимая абсолютная погрешность вольтметра (допуск на измерение) $\delta_{изм} = 0{,}33T = 0{,}33 \cdot 5{,}4 = 1{,}78$ В; нижний предел рабочей части шкалы $H_{ди} < 24{,}3 - 1{,}78 = 22{,}52$ В; верхний предел $B_{ди} > 27{,}9 + 1{,}78 = 31{,}48$ В.

В соответствии с данными по $H_{ди}$ и $B_{ди}$ выбираем вольтметр с верхним пределом измерения 40 В.

Основная приведенная погрешность этого прибора $\gamma = \frac{1,78}{40} \cdot 100 = 4,45\%$.

Найденному значению γ соответствует класс точности 5.

3.7. Обеспечение единства измерений

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) — комплекс установленных стандартами взаимоувязанных правил, положений, требований и норм, определяющих организацию и методику проведения работ по оценке и обеспечению точности измерений.

3.7.1. Единство измерений

Единство измерений — состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Правовой основой обеспечения единства измерений служит законодательная метрология, которая представляет собой свод государственных актов и нормативно-технических документов различного уровня, регламентирующих метрологические правила, требования и нормы.

Технической основой ГСИ являются:

1. Система (совокупность) государственных эталонов единиц и шкал физических величин — эталонная база страны.
2. Система передачи размеров единиц и шкал физических величин от эталонов ко всем СИ с помощью эталонов и других средств поверки.
3. Система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих СИ, обеспечивающих исследования, разработки, определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов.
4. Система государственных испытаний СИ (утверждение типа СИ), предназначенных для серийного или массового производства и ввоза из-за границы партиями.
5. Система государственной и ведомственной метрологической аттестации, поверки и калибровки СИ.
6. Система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.
7. Система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов.

Различают децентрализованное и централизованное воспроизведение единиц.

При *децентрализованном* единицы воспроизводятся там, где выполняются измерения ($м^2$ и др. производные физические величины).

При *централизованном* информация о единицах передается с места их централизованного хранения и воспроизведения. Оно осуществляется с помощью специальных технических средств, называемых эталонами.

Основные единицы (секунда, метр, килограмм, кельвин, кандела, ампер и моль) воспроизводятся только централизованно.

Эталон единицы величины — средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины (или кратных либо дольных значений единицы величины) с целью передачи ее размера другим средствам измерений данной величины.

От эталона единица величины передается *разрядным эталонам*, а от них — *рабочим средствам измерений*.

Эталоны классифицируют на первичные, вторичные и рабочие.

Первичный эталон — это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным.

Государственный эталон единицы величины — эталон единицы величины, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории Российской Федерации.

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Важнейшая задача деятельности МБМВ состоит в систематических международных сличениях национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами, а также и между собой, что необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений как одного из условий международных экономических связей.

Сличению подлежат как эталоны основных величин системы SI, так и производных. Установлены определенные периоды сличения. Например, эталоны метра и килограмма сличают каждые 25 лет, а электрические и световые эталоны — один раз в 3 года.

Первичному эталону соподчинены вторичные и рабочие (разрядные) эталоны. Размер воспроизводимой единицы вторичным эталоном сличается с государственным эталоном.

Вторичные эталоны (их иногда называют «эталоны-копии») могут утверждаться либо Госстандартом РФ, либо государственными научными метрологическими центрами, что связано с особенностями их использования.

Рабочие эталоны воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и, в свою очередь, служат для передачи размера менее точному рабочему эталону (или эталону более низкого разряда) и рабочим средствам измерений.

Каждый эталон состоит из воспроизводящей части и приспособлений или устройств, обеспечивающих съем и передачу информации о размере единицы.

Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов — это образцы веществ и материалов, химический состав или физические свойства которых типичны для данной группы веществ (материалов), определены с необходимой точностью, отличаются высоким постоянством и удостоверены сертификатом. Они играют важную роль в обеспечении единства измерений.

Стандартные образцы используются для градуировки, поверки и калибровки химического состава и различных свойств материалов (механических, теплофизических, оптических и др.). Они могут применяться непосредственно для контроля качества сырья и промышленной продукции путем сличения. По существу стандартные образцы служат для поддержания единства измерений, то есть являются средствами измерений.

Стандартные образцы подвергаются специальным испытаниям, по результатам которых они получают свидетельства (сертификат) и вносятся в государственный реестр стандартных образцов, а он, в свою очередь, является составной частью (разделом) Государственного реестра средств измерений.

Образцы состава и образцы свойств в зависимости от уровня утверждения подразделяются на: государственные, отраслевые и предприятий.

В России действует Государственная служба стандартных образцов (ГССО) в составе НПО ВНИИМ им Д. И. Менделеева.

Передача информации о размерах единиц. Правильность и точность заложенной в средства измерений информации о размере единиц устанавливается при утверждении типа средств измерений. Сохранность этой информации контролируется при первичной и всех последующих поверках средств измерений.

Использование для градуировки, аттестации и поверки средств измерений непосредственно государственных эталонов не допускается. Эти эталоны являются национальным достоянием, ценностями особой государственной важности.

По государственным эталонам устанавливаются значения физических величин вторичных эталонов. Среди вторичных эталонов различают: *эталоны-свидетели*, предназначенные для проверки сохранности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты; *эталоны сравнения*, применяемые для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом; *эталоны-копии*, используемые для передачи информации о размере *рабочим эталонам.*

На рис. 3.9 приведен один из вариантов схемы передачи информации о размере единицы от государственного эталона к средствам измерений, из которой видно, что от вторичных эталонов информацию о размере единицы получают нижестоящие эталоны (1-го, 2-го, 3-го и 4-го разрядов) и рабочие средства измерений.

Не допускается использование рабочих средств измерений для передачи информации о размере единицы другим средствам измерений.

Количество ступеней от рабочего эталона до средства измерений зависит от требуемой точности передачи размера единицы и особенностей данной единицы. Известно, что на каждой ступени передачи информации точность теряется в 3–5 раз (иногда в 1,25–10 раз).

Таким образом, при многоступенчатой передаче эталонная точность не доходит до потребителя. Поэтому для высокоточных средств измерений число ступеней может быть сокращено вплоть до передачи им информации о размере единицы непосредственно от эталона-копии.

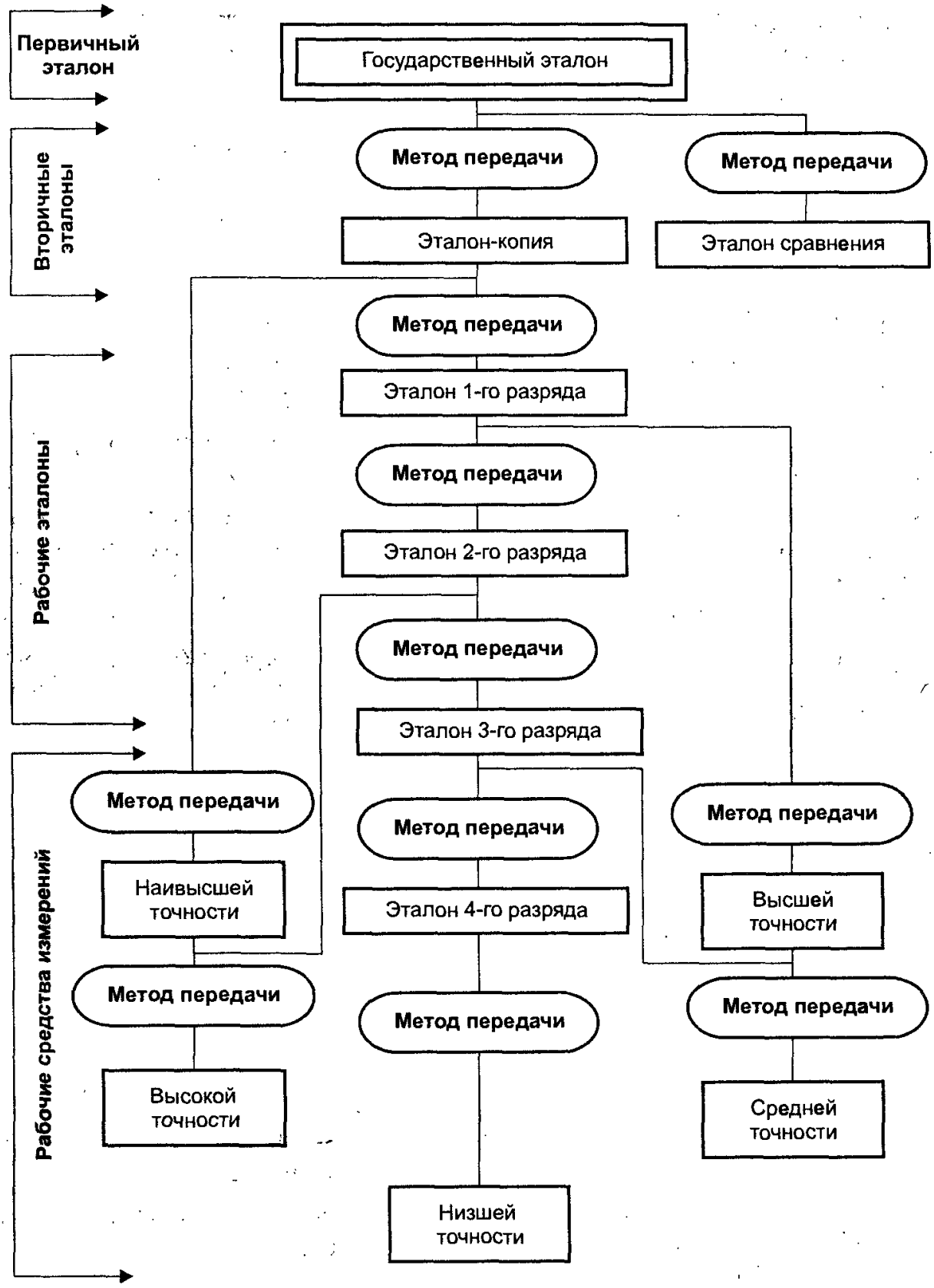


Рис. 3.9. Общий вид государственной поверочной схемы

3.7.2. Поверка средств измерений

Поверка средства измерений - совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то

органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным обязательным требованиям.

Средства измерений, подлежащие метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при продаже и выдаче на прокат, а также при эксплуатации.

Правилами ПР 50.2.006–94 «ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения» установлено, что поверку средств измерений осуществляют органы государственной метрологической службы (ГМС), государственные научные метрологические центры (ГНМЦ), а также аккредитованные метрологические службы юридических лиц.

Поверка проводится физическим лицом, аттестованным в качестве поверителя в соответствии с правилами ПР 50.2.012–94 «ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений», по нормативным документам, утверждаемым по результатам испытаний с целью утверждения типа. Если средство измерений по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него и (или) техническую документацию наносится оттиск *поверительного клейма* и (или) выдается «*Свидетельство о поверке*». Если по результатам поверки средство измерений признано не пригодным к применению, оттиск поверительного клейма и (или) «Свидетельство о поверке» аннулируются и выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в технической документации.

Существуют следующие виды поверок:

- *Первичная поверка* — проводится для средств измерений утвержденных типов при выпуске их из производства, после ремонта, при ввозе из-за границы. При утверждении типа средств измерений единичного производства на каждое из них оформляется сертификат об утверждении типа; первичную поверку данные средства измерений не проходят.
- *Периодическая поверка* проводится для средств измерений, находящихся в эксплуатации, через определенные межповерочные интервалы. Необходимость поверки обусловлена возможностью утраты измерительным средством метрологических показателей из-за временных и других воздействий.

  Периодичность поверки зависит от временной нестабильности метрологических характеристик (метрологической надежности), интенсивности эксплуатации и важности результатов, получаемых с помощью средств измерений.

  Существуют рекомендация ВНИИМС — МИ2273–93 «ГСИ. Области использования средств измерений, подлежащих поверке», согласно которой первый межповерочный интервал устанавливается при утверждении типа. Корректировка межповерочных интервалов с учетом специфики применения средств измерений производится в соответствии с методическими материалами МИ 1872–88 «ГСИ. Межповерочные интервалы образцовых средств измерений. Методика определения и корректировки», а также МИ 218–92 «ГСИ. Межповерочные и межкалибровочные интервалы средств измерений. Методика определения».
- *Внеочередная поверка* проводится: при необходимости подтверждения пригодности средства измерений к применению; в случае применения средства

измерений в качестве комплектующего по истечении половины межповерочного интервала; в случае повреждения клейма или утери свидетельства о поверке; при вводе в эксплуатацию после длительной консервации (более одного межповерочного интервала); при отправке средств измерений потребителю после истечения половины межповерочного интервала.

- *Экспертная поверка* проводится при возникновении разногласий по вопросам, относящимся к метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению.
- *Инспекционная поверка* выполняется в рамках государственного надзора или ведомственного контроля, для контроля качества первичных или периодических поверок и определения пригодности средств измерений к применению.

3.7.3. Калибровка средств измерений

В настоящее время в Российской Федерации с переходом к рынку возникла необходимость поиска новых форм организации метрологической деятельности, которые соответствовали бы рыночным отношениям в экономике. Одной из таких форм является организация Российской системы калибровки (РСК), схема которой приведена на рис. 3.10.

Контроль средств измерений на предмет их пригодности к применению в мировой практике осуществляется двумя основными видами: поверкой и калибровкой.

Калибровка средства измерений — это совокупность операций, выполняемых калибровочной лабораторией с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности средства измерений к применению в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору в соответствии с установленными требованиями.

Результаты калибровки средств измерений удостоверяются *калибровочным знаком*, наносимым на средства измерений, или *сертификатом о калибровке*, а также *записью в эксплуатационных документах*.

Поверку (обязательная госповерка) может выполнять, как правило, орган государственной метрологической службы, а калибровку — любая аккредитованная и не аккредитованная организация.

Поверка обязательна для средств измерений, применяемых в сферах, подлежащих Государственному метрологическому контролю (ГМК), калибровка же — процедура добровольная, поскольку относится к средствам измерений, не подлежащим ГМК. Предприятие вправе самостоятельно решать вопрос о выборе форм и режимов контроля состояния средств измерений, за исключением тех областей применения средств измерений, за которыми государства всего мира устанавливают свой контроль — это здравоохранение, безопасность труда, экология и др.

Освободившись от государственного контроля, предприятия попадают под не менее жесткий контроль рынка. Это означает, что свобода выбора предприятия по «метрологическому поведению» является относительной, все равно необходимо соблюдать метрологические правила.

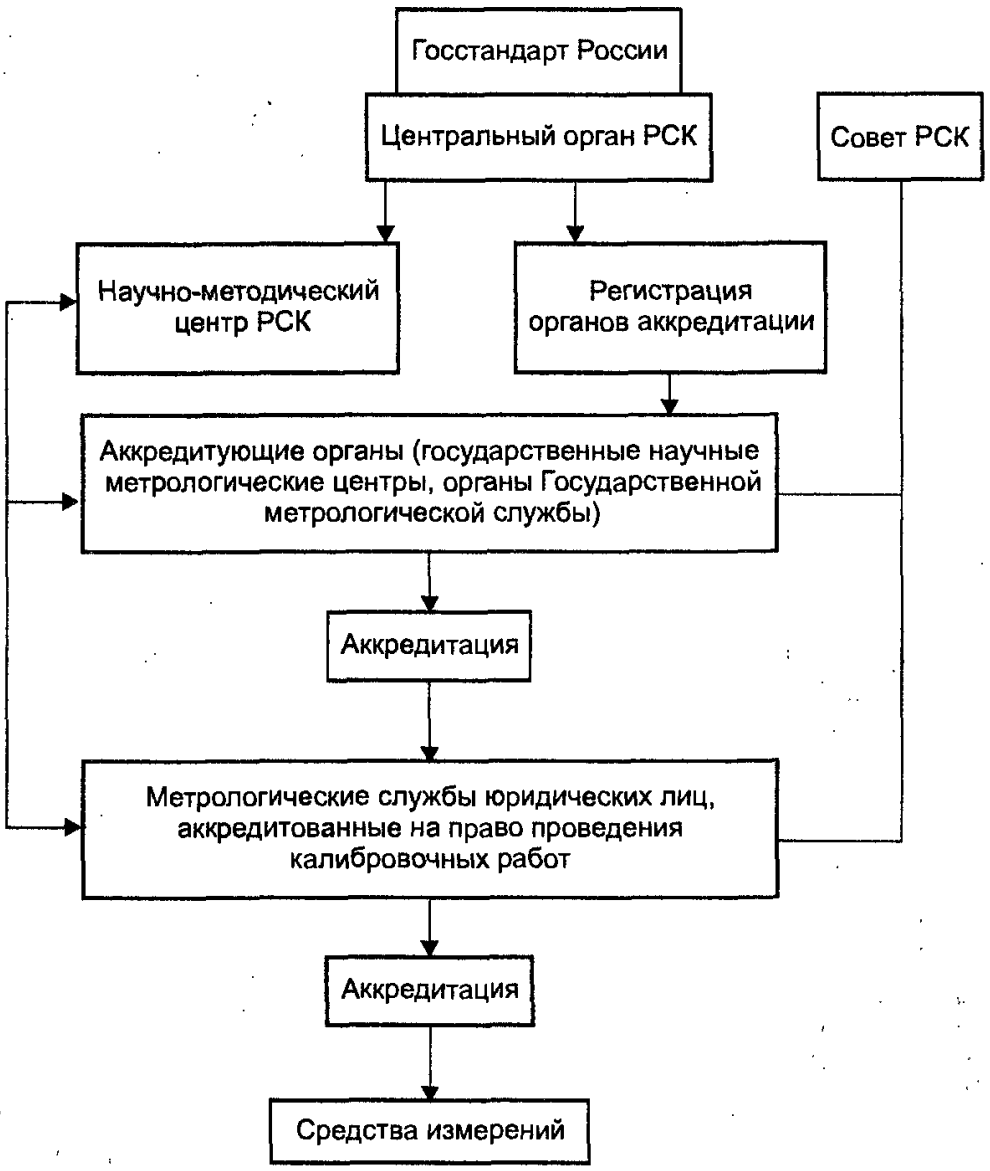


Рис. 3.10. Схема Российской службы калибровки

В развитых странах устанавливает и контролирует исполнение этих правил негосударственная организация, именуемая «национальной калибровочной службой». Эта служба берет на себя функции регулирования и разрешения вопросов, связанных со средствами измерений, не подпадающими под контроль государственных метрологических служб.

Желание иметь конкурентоспособную продукцию побуждает предприятия иметь измерительные средства, дающие достоверные результаты.

Внедрение системы сертификации продукции дополнительно стимулирует поддержание измерительных средств на соответствующем уровне. Это согласуется с требованиями систем качества, регламентируемыми стандартами ИСО серии 9000.

Построение Российской системы калибровки (РСК) основывается на следующих принципах: добровольность вступления; обязательность получения размеров единиц от государственных эталонов; профессионализм и компетентность персонала; самоокупаемость и самофинансирование.

Основное звено РСК — калибровочная лаборатория. Она представляет собой самостоятельное предприятие или подразделение в составе метрологической службы предприятия, которое может осуществлять калибровку средств измерений для собственных нужд или для сторонних организаций. Если калибровка проводится для сторонних организаций, то калибровочная лаборатория должна быть аккредитована органом РСК. Аккредитацию осуществляют государственные научные метрологические центры или органы Государственной метрологической службы в соответствии со своей компетенцией и требованиями, установленными в ГОСТ 51000.2–95 «Общие требования к аккредитующему органу».

Порядок аккредитации метрологической службы утвержден постановлением Госстандарта РФ от 28 декабря 1995 г. № 95 «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ».

3.7.4. Методы поверки (калибровки) и поверочные схемы

Допускается применение четырех *методов поверки* (*калибровки*) средств измерений: непосредственное сличение с эталоном; сличение с помощью компаратора; прямые измерения величины; косвенные измерения величины.

Метод непосредственного сличения поверяемого (калибруемого) средства измерения с эталоном соответствующего разряда широко применяется для различных средств измерений в таких областях, как электрические и магнитные измерения, для определения напряжения, частоты и силы тока. В основе метода лежит проведение одновременных измерений одной и той же физической величины поверяемым (калибруемым) и эталонным приборами. При этом определяют погрешность как разницу показаний поверяемого и эталонного средств измерений, принимая показания эталона за действительное значение величины. Достоинства этого метода в его простоте, наглядности, возможности применения автоматической поверки (калибровки), отсутствии потребности в сложном оборудовании.

Метод сличения с помощью компаратора основан на использовании прибора сравнения, с помощью которого сличаются поверяемое (калибруемое) и эталонное средства измерения. Потребность в компараторе возникает при невозможности сравнения показаний приборов, измеряющих одну и ту же величину, например, двух вольтметров, один из которых пригоден для постоянного тока, а другой — переменного. В подобных ситуациях в схему поверки (калибровки) вводится промежуточное звено — компаратор. Для приведенного примера потребуется потенциометр, который и будет компаратором. На практике компаратором может служить любое средство измерения, если оно одинаково реагирует на сигналы как поверяемого (калибруемого), так и эталонного измерительного прибора. Достоинством данного метода специалисты считают последовательное во времени сравнение двух величин.

Метод прямых измерений применяется, когда имеется возможность сличить испытуемый прибор с эталонным в определенных пределах измерений. В целом этот метод аналогичен методу непосредственного сличения, но методом прямых измерений производится сличение на всех числовых отметках каждого диапазона (и поддиапазонов, если они имеются в приборе). Метод прямых измерений

применяют, например, для поверки или калибровки вольтметров постоянного электрического тока.

Метод косвенных измерений используется, когда действительные значения измеряемых величин невозможно определить прямыми измерениями либо когда косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые. Этим методом определяют вначале не искомую характеристику, а другие, связанные с ней определенной зависимостью. Искомая характеристика определяется расчетным путем. Например, при поверке (калибровке) вольтметра постоянного тока эталонным амперметром устанавливают силу тока, одновременно измеряя сопротивление. Расчетное значение напряжения сравнивают с показателями калибруемого (поверяемого) вольтметра. Метод косвенных измерений обычно применяют в установках автоматизированной поверки (калибровки).

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

Схемы передачи информации о размерах единиц при их централизованном воспроизведении называют поверочными.

Поверочная схема — это утвержденный в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам измерений.

Поверочная схема может быть: государственной и локальной.

- *Государственная поверочная схема* устанавливает передачу информации о размере единицы в масштабах страны. Она возглавляется государственными или специальными эталонами.
- *Локальные поверочные схемы* предназначены для метрологических служб министерств (ведомств) и юридических лиц. Все локальные поверочные схемы должны соответствовать требованиям соподчиненности, которая определена государственной поверочной схемой. Государственные поверочные схемы разрабатываются научно-исследовательскими институтами Госстандарта РФ, держателями государственных эталонов. Локальная поверочная схема уточняет требования государственной схемы применительно к специфике данного ведомства. Она возглавляется рабочими эталонами.

Государственные поверочные схемы утверждаются Госстандартом РФ, а локальные — ведомственными метрологическими службами или руководством предприятия.

Рассмотрим содержание государственной поверочной схемы (см. рис. 3.9) в общем виде. Наименование эталонов и рабочих средств измерений обычно располагают в прямоугольниках (для государственного эталона прямоугольник двухконтурный). Здесь же указывают метрологические характеристики для данной ступени схемы. В нижней части схемы расположены рабочие средства измерений, которые в зависимости от их степени точности (то есть погрешности измерений) подразделяют на пять категорий: наивысшей точности; высшей точности; высокой точности; средней точности; низшей точности. Наивысшая точ-

ность обычно соизмерима со степенью погрешности средства измерения государственного эталона. В каждой ступени поверочной схемы регламентируется порядок (метод) передачи размера единицы. Наименования методов поверки (калибровки) располагаются в овалах, в которых также указывается допускаемая погрешность метода поверки (калибровки).

3.7.5. Сертификация средств измерений

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

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

Организационно в Систему входят: Управление метрологии Госстандарта РФ — центральный орган системы, координационный совет, апелляционный комитет, научно-методический центр — Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС), органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры) средств измерений.

3.8. Государственная метрологическая служба РФ

3.8.1. Метрологические службы

По закону РФ «Об обеспечении единства измерений» Государственная метрологическая служба находится в ведении *Госстандарта России* и включает:

- государственные научные метрологические центры;
- органы Государственной метрологической службы на территории республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

Госстандарт России осуществляет управление деятельностью по обеспечению единства измерений в Российской Федерации. На него возложены следующие функции:

- межрегиональная и межотраслевая координация деятельности по обеспечению единства измерений в Российской Федерации;

- представление Правительству Российской Федерации предложений по единицам величин, допускаемым к применению;
- установление правил создания, утверждения, хранения и применения эталонов единиц величин;
- определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений;
- осуществление государственного метрологического контроля и надзора;
- осуществление контроля за соблюдением условий международных договоров Российской Федерации о признании результатов испытаний и поверки средств измерений;
- руководство деятельностью Государственной метрологической службы и иных государственных служб обеспечения единства измерений;
- участие в деятельности международных организаций по вопросам обеспечения единства измерений.

Госстандарт России руководит службой времени и частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ), Государственной службой стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО) и Государственной службой стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД) и координацию их деятельности.

В состав *Государственной метрологической службы* входят государственные научные метрологические центры, Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС), научно-исследовательские институты и около 100 центров стандартизации и метрологии.

Научные центры являются держателями государственных эталонов, а также проводят исследования по теории измерений, принципам и методам высокоточных измерений, разработке научно-методических основ совершенствования российской системы измерений. Наиболее крупные среди научных центров:

НПО ВНИИ метрологии имени Д. И. Менделеева (ВНИИМ, Санкт-Петербург), который специализируется на величинах длины и массы, а также механических, теплофизических, электрических, магнитных величинах, ионизирующих излучениях, давлении, физико-химическом составе и свойствах веществ.

НПО ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ, Московская область) занимается эталонами радиотехнических и магнитных величин, времени и частоты, акустических и гидроакустических величин, а также низких температур, твердости и др.

НПО ВНИИ оптико-физических измерений (ВНИИОФИ, Москва) — это центр по оптическим и оптико-физическим величинам, акустико-оптической спектрорадиометрии, измерениям в медицине, а также единицам измерения параметров лазеров.

Сибирский государственный научно-исследовательский институт метрологии (СНИИМ, Новосибирск) занимается радиотехническими, электрическими и магнитными величинами.

Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМ, Екатеринбург) руководит исследованиями по стандартным образцам состава и свойств веществ и материалов.

ВНИИМС специализируется на геометрических и электрических величинах, давлении, параметрах электромагнитной совместимости.

Центрами эталонов являются также: ВНИИ расходометрии (Казань), специализация которого — расход и объем веществ; НПО «Эталон» (Иркутск), область деятельности которого — региональные эталоны времени и частоты, а также электрических величин; НПО Дальстандарт (Хабаровск), специализирующееся на региональных эталонах времени и частоты, а также теплофизических величинах.

Государственные научные метрологические центры несут ответственность за создание, совершенствование, хранение и применение государственных эталонов единиц величин, а также за разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений.

Органы государственной метрологической службы осуществляют государственный метрологический контроль и надзор на территориях субъектов РФ.

Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по обеспечению единства измерений времени, частоты и определения параметров вращения Земли.

Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по разработке и внедрению стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов в отраслях народного хозяйства в целях обеспечения единства измерений на основе их применения.

Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов 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 обеспечения единства измерений на основе их применения.

Метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц (предприятия, организации, учреждения) создаются в необходимых случаях в установленном порядке для выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора.

Создание метрологических служб или иных организационных структур по обеспечению единства измерений является обязательным при выполнении работ в следующих сферах деятельности: здравоохранение, ветеринария, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности труда; торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом; государственные учетные операции; обеспечение обороны государства; геодезические и гидрометеорологические работы; банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;

производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством Российской Федерации; испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов Российской Федерации; обязательная сертификация продукции и услуг; измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления Российской Федерации; регистрация национальных и международных спортивных рекордов.

Метрологические органы предприятий, являясь важнейшим звеном метрологической службы, призваны обеспечить необходимую и достаточно достоверную измерительную информацию при проектировании, испытании и контроле качества выпускаемой продукции. В связи с этим основными задачами метрологической службы предприятий являются следующие:

1. Обеспечение надлежащего состояния мер и измерительных приборов, применяемых на предприятии.
2. Систематическое изучение эксплуатационных качеств измерительной аппаратуры, установление надежности ее работы и оптимальных сроков периодической поверки.
3. Проведение надзора за состоянием и правильным применением измерительной и испытательной техники, за соблюдением установленных методов измерения и испытаний во всех подразделениях предприятия.
4. Активное участие в вопросах выбора и назначения средств измерений, активная политика в области автоматизации измерений и разработки, испытаний и внедрения новой прогрессивной измерительной техники, связанной с дальнейшим подъемом технического уровня предприятия и повышения качества выпускаемой продукции.
5. Выбор оптимального количества и состава контролтруемых параметров и оптимальных норм точности измерения этих параметров.
6. Метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации на новые изделия и технологические процессы.

Основные задачи, права и обязанности таких служб независимо от форм собственности определены в правилах по метрологии ПР 50–732–93 «Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления и юридических лиц».

В состав метрологических служб предприятий и организаций могут входить самостоятельные калибровочные лаборатории, а также структурные подразделения по ремонту средств измерений.

3.8.2. Государственный метрологический контроль и надзор

В соответствии с законом «Об обеспечении единства измерений» государственный метрологический контроль и надзор осуществляются Государственной метрологической службой Госстандарта России.

Государственный метрологический контроль и надзор (ГМК и Н), осуществляемые с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм, *распространяются на следующие сферы деятельности*:

- здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом, в том числе на операции с применением игровых автоматов и устройств;
- государственные учетные операции;
- обеспечение обороны государства;
- геодезические и гидрометеорологические работы;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов Российской Федерации;
- обязательная сертификация продукции и услуг;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления Российской Федерации;
- регистрация национальных и международных спортивных рекордов.

Все разрабатываемые, производимые, поступающие по импорту и находящиеся в эксплуатации средства измерений делятся на две группы:

1. предназначенные для применения в сферах распространения ГМК и Н. Эти средства измерений признаются годными для применения после их испытаний и утверждения типа и последующих первичной и периодической поверок;
2. не предназначенные для применения и не применяемые в сферах распространения ГМК и Н. За этими средствами измерений надзор со стороны государства (Госстандарта России) не проводится.

Метрологический контроль и надзор метрологическими службами юридических лиц осуществляются путем:

- калибровки средств измерений;
- надзора за состоянием и применением средств измерений (аттестованными для выполнения измерений), эталонами единиц величин (применяемыми для калибровки средств измерений), соблюдением метрологических правил и норм нормативных документов по обеспечению единства измерений;
- выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических правил и норм;
- проверки своевременности представления средств измерений на испытания в целях утверждения типа средств измерений, а также на поверку и калибровку.

Государственный метрологический контроль включает:

1. Утверждение типа средств измерений.
2. Поверку средств измерений, в том числе эталонов.
3. Лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту средств измерений.

Утверждение типа средств измерений производится Госстандартом России в соответствии с постановлением Госстандарта России от 8.02.94 № 8 «Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений» и *удостоверяется сертификатом* об утверждении типа средств измерений. Срок действия этого сертификата устанавливается при его выдаче Госстандартом России. Госстандарт *вносит* это средство измерений в *Государственный реестр*.

Испытания средств измерений для целей утверждения их типа проводятся государственными научными метрологическими центрами Госстандарта России, аккредитованными им в качестве государственных центров испытаний средств измерений.

Система испытаний и утверждения типа средств измерений включает:

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

Программа испытаний средств измерений может предусматривать только определение метрологических характеристик конкретных образцов средств измерений и экспериментальную апробацию методики поверки, что по объему работ равносильно метрологической аттестации.

На средство измерений утвержденного типа и на эксплуатационные документы, сопровождающие каждый экземпляр, наносится знак утверждения типа средств измерений установленной формы.

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

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

- при наличии информации от потребителей об ухудшении качества выпускаемых или импортируемых средств измерений;

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

Поверка средств измерений. Средства измерений (СИ), подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке органами Государственной метрологической службы при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту и эксплуатации. Допускаются продажа и выдача напрокат только поверенных средств измерений.

В отличие от процедуры утверждения типа, в которой участвует типовой представитель (СИ), *поверке подлежит каждый экземпляр СИ.*

Перечни групп средств измерений, подлежащих поверке, утверждаются Госстандартом России.

По решению Госстандарта России право поверки средств измерений может быть предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц. Поверочная деятельность, осуществляемая аккредитованными метрологическими службами юридических лиц, контролируется органами Государственной метрологической службы по месту расположения этих юридических лиц.

Все выпускаемые средства измерения из производства или ремонта, ввозимые средства измерений и используемые в целях эксплуатации, проката или продажи, должны быть своевременно представлены на поверку. Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются *поверительным клеймом* или *свидетельством о поверке.*

Подробнее содержание поверки изложено в п. 3.7.4.

Лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту средств измерений производится после проверки органами Государственной метрологической службы наличия необходимых для этой деятельности условий, а также соблюдения лицами, осуществляющими эту деятельность, установленных метрологических правил и норм. В случаях нарушения установленных условий лицензия аннулируется.

Лицензия выдается на срок не более пяти лет. Орган, выдавший лицензию, обязан проводить периодический контроль за соблюдением условий осуществления лицензируемой деятельности в порядке устанавливаемом им самим.

С целью развития межгосударственных экономических и торговых связей странами СНГ подписано «Соглашение о взаимном признании результатов государственных испытаний и утверждения типа, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений, а также результатов аккредитации лабораторий, осуществляющих испытания, поверку или калибровку средств измерений». В развитие этого Соглашения принят еще один документ «Порядок взаимного

признания аккредитации лабораторий, осуществляющих испытания, поверку или калибровку средств измерений».

Государственный метрологический надзор осуществляется за:

1. Выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм.
2. Количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций.
3. Количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

Государственный метрологический надзор осуществляется в объединениях, на предприятиях, в организациях и учреждениях независимо от их подчиненности и форм собственности в виде проверок выпуска, состояния и применения средств измерений, эталонов и соблюдения иных метрологических правил и норм. Это распространяется только на средства измерений, относящиеся к сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора. Поэтому первоочередная задача каждого предприятия — составить перечень средств измерений, относящихся к этой классификационной группе, то есть подлежащих поверке.

Нормативными актами субъектов РФ метрологический надзор может быть распространен и на другие сферы деятельности.

По первому вопросу основным документом, регламентирующим Государственный надзор, являются правила ПР 50.2.002–94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

Основными задачами проверок являются:

- определение соответствия выпускаемых средств измерений утвержденному типу;
- определение состояния и правильности применения средств измерений, в том числе эталонов, применяемых для поверки средств измерений;
- определение наличия и применения аттестованных методик выполнения измерений;
- контроль соблюдения метрологических правил и норм в соответствии с Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» и действующими нормативными документами по обеспечению единства измерений.

По второму вопросу основной документ — правила ПР 50.2.003–94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций».

Объектами государственного метрологического надзора за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций, являются торговые операции, при которых товары переходят из собственности одного юридического лица или физического лица в собственность другого юридического или физического лица, при этом количество товара определяется в результате измерений.

Нарушениями метрологических правил и норм при определении количества товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций, считаются:

- отчуждение меньшего количества товара по сравнению с заявленным для продажи;
- отчуждение меньшего количества товара, чемто, которое соответствует заплаченной цене;
- использование средств измерений, не соответствующих типу, не поверенных, с нарушенным клеймом, дающих неправильные показания.

По третьему вопросу основным документом являются правила ПР 50.2.004–94 «ГСИ. Порядок осуществления Государственного метрологического надзора за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже». Метрологические требования к упаковке делятся на две группы: требования к индивидуальной упаковке и требования к партии товаров в упаковках. Требования к индивидуальной упаковке сводятся к тому, что недовложение товара в упаковку не должно превышать допускаемого предела, указанного в нормативной документации на продукцию. Если такая норма не указана, то следует руководствоваться требованиями, содержащимися в международном документе МР № 87 МОЗМ «Содержимое нетто в упаковках». Данное требование легко контролируется традиционными способами. Правила ПР 50.2.004–94 вводят единственное дополнение — погрешность определения содержимого нетто фасованного товара в каждой упаковке при осуществлении Государственного метрологического надзора не должна превышать 1/5 предела допускаемого отклонения (недовложения).

3.8.3. Права и обязанности государственных инспекторов по обеспечению единства измерений

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляют должностные лица Госстандарта России — главные государственные инспекторы и государственные инспекторы по обеспечению единства измерений Российской Федерации, республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

Осуществление государственного метрологического контроля и надзора может быть возложено на государственных инспекторов по надзору за государственными стандартами, действующих в соответствии с законодательством Российской Федерации и прошедших аттестацию в качестве государственных инспекторов по обеспечению единства измерений.

Государственные инспекторы, осуществляющие поверку средств измерений, подлежат аттестации в качестве поверителей.

При выявлении нарушений метрологических правил и норм государственный инспектор имеет право:

- запрещать применение и выпуск средств измерений неутвержденных типов или не соответствующих утвержденному типу, а также неповеренных;

- гасить поверительные клейма и аннулировать свидетельства о поверке в случаях, когда средства измерений дают неправильные показания или просрочены межповерочные интервалы;
- при необходимости изымать средства измерений из эксплуатации;
- представлять предложения по аннулированию лицензий на изготовление, ремонт, продажу и прокат средств измерений в случаях нарушения требований к этим видам деятельности;
- давать обязательные предписания и устанавливать сроки устранения нарушений метрологических правил и норм;
- составлять протоколы о нарушении метрологических правил и норм.

Государственные инспекторы, осуществляющие государственный метрологический контроль и надзор, обязаны строго соблюдать законодательство Российской Федерации, а также положения нормативных документов по обеспечению единства измерений и государственного метрологического контроля и надзора.

За невыполнение или ненадлежащее выполнение должностных обязанностей, превышение полномочий и за иные нарушения, включая разглашение государственной или коммерческой тайны, государственные инспекторы могут быть привлечены к ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3.9. Основы квалиметрии

Квалиметрия — раздел метрологии, изучающий вопросы измерения *качества*. Здесь используются те же законы и правила, что и в области измерения физических величин, но есть и некоторые особенности, которые наглядно проявляются в сравнении.

Если мерами физических свойств являются *физические величины* (масса, время, давление, скорость и др.), то мерами свойств, определяющих качество, служат *показатели качества*.

Установлено 12 областей измерений физических величин: измерения геометрических величин; измерения механических величин; измерения давления и вакуума; теплофизические и температурные измерения; измерения времени и частоты; измерения электрических и магнитных величин; измерения акустических величин и др.

Показатели качества в квалиметрии группируются в областях, установленных РД 50–64–84. К ним относятся такие показатели, как назначения; надежности (безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости); экономного использования сырья, материалов, топлива, энергии и трудовых ресурсов; эргономические; эстетические; технологичности; стандартизации и унификации и др. (подробнее см. главу 5).

Физические величины используются для описания свойств, в совокупности определяющих качество, но понятия «физическая величина» и «показатель качества» не тождественны. *Физические величины отражают объективные свойства приро-*

ды, *а показатели качества — общественную потребность в конкретных условиях.* Так, например, масса — физическая величина, а масса изделия — показатель его транспортабельности; скорость — физическая величина, а эксплуатационная скорость автобуса — показатель его назначения; освещенность — физическая величина, а освещенность на рабочем месте — эргономический показатель.

Как и физические величины, показатели качества имеют *размерность* или могут быть *безразмерными.* На них в полной мере распространяются все положения теории размерностей.

Количественной характеристикой показателей качества, как и физических величин, является их *размер*, который нужно отличать от *значения* — выражения размера в определенных единицах. Размер и значение от выбора единиц не зависят. Например, трудоемкость изготовления и (или) эксплуатации продукции определяется количеством времени, затраченного на изготовление и (или) эксплуатацию единицы продукции, и выражается для промышленных изделий в нормо-часах. Ясно, что трудоемкость изготовления конкретного узла или агрегата (показатель технологичности продукции) не изменится, если ее выразить, например, в человеко-днях. Не изменяются и экономические показатели, такие, например, как себестоимость или цена изделия, от того, что будут выражены не в рублях, а в копейках.

Отвлеченное число, входящее в значение показателя качества (равно, как и в значение физической величины), называется *числовым значением.* Понятно, что оно-то как раз и зависит от выбора единиц.

Значения показателей качества, как и значения физических величин, могут быть *абсолютными* и *относительными.* Абсолютные значения физических величин всегда имеют размерность, а относительные — всегда безразмерные. В отличие от этого абсолютные значения показателей качества могут быть как размерными, так и безразмерными, а относительные — только безразмерными.

Показатели качества делятся на *единичные* и *комплексные.* Единичные относятся к одному из свойств, определяющих качество, комплексные — сразу к нескольким свойствам. Комплексные показатели качества могут быть связаны с единичными через функциональные зависимости, отражающие объективные законы природы, а могут быть некоторой комбинацией их, соответствующей определению комплексного показателя.

В комплексных показателях качества низкие значения одних единичных показателей могут компенсироваться высокими значениями других. Иногда это соответствует реальным жизненным ситуациям.

В то же время недопустимо компенсировать низкие значения главных, важнейших показателей качества высокими значениями второстепенных. Для исключения такой возможности комплексный показатель качества домножают на так называемый *коэффициент вето*, обращающийся в 0 при выходе любого из важнейших единичных показателей за допустимые пределы и равный 1 во всех остальных случаях. Благодаря коэффициенту вето комплексный показатель качества падает до нуля, если хотя бы один из важнейших единичных показателей оказывается неприемлемым.

Так же как производные физические величины, комплексные показатели качества можно продолжать и дальше комбинировать между собой, добиваясь все большего и большего обобщения свойств, формирующих в целом представление о качестве, Таким образом, структура показателей качества является *многоуровневой* (рис. 3.11).

Комплексные показатели качества, относящиеся к определенной группе его свойств, называются *групповыми*. Разновидностью комплексного показателя качества, позволяющего с экономической точки зрения определить оптимальную совокупность свойств изделия, является *интегральный показатель качества*. Например, интегральным показателем качества буровой установки может быть удельная глубина бурения

$$K_u = \frac{H_\Sigma}{З_с + З_э},$$

где H_Σ — суммарная глубина проходки буровой установки до капитального ремонта, *м*;

$З_с$, $З_э$ — соответственно себестоимость и затраты на эксплуатацию буровой установки до капитального ремонта.

Примером интегрального показателя качества транспортных средств могут служить удельные затраты на 1 километр пробега, то есть

$$K_u = \frac{З_с + З_э}{L},$$

где L— пробег транспортного средства до капитального ремонта, км.

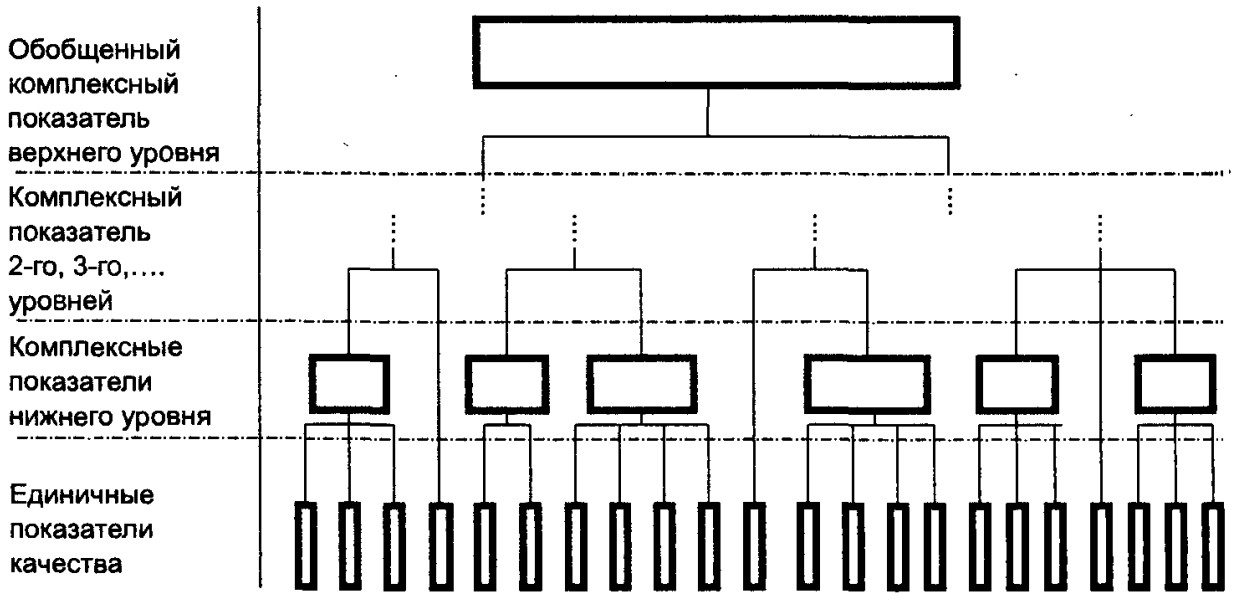


Рис. 3.11. Многоуровневая структура показателей качества

Обобщенный показатель качества относится к такой совокупности свойств продукции, по которой оценивается ее качество. При экономических расчетах в роли обобщенного комплексного показателя обычно выступает интегральный показатель качества.

3.10. Общие характеристики измерительных приборов

Измерительный прибор представляет собой устройство, предназначенное для преобразования измерительной информации в форму, доступную для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительные приборы делятся на аналоговые и цифровые.

3.10.1. Аналоговые измерительные приборы

Аналоговый измерительный прибор характеризуется тем, что информативный параметр входного сигнала (измеряемая величина) преобразуется в информативный параметр выходного сигнала (измеренное значение), при этом информативный параметр выходного сигнала в зависимости от значения измеряемой величины может принимать любые значения в пределах заданных границ.

Для обеспечения возможности дать заключение относительно значения неизвестной входной величины (измеряемой величины) исходя из выходного сигнала измерительного прибора (измеренного значения) необходимо знать градуировочную характеристику измерительного прибора, устанавливающую связь между входным и выходным сигналами прибора. Измеряемая величина поступает с выхода измерительного преобразователя, сравнивается с сигналом согласующего устройства, усиливается, ослабляется и (или) преобразуется, а затем выдается выходным устройством в виде однозначной информации, воспринимаемой человеком или же направляемой в вычислительный блок.

В каждом измерительном приборе можно выделить трех функциональных блока: *первичного измерительного преобразователя*, *согласующего устройства* (*блока сравнения*) *и устройства вывода измерительного сигнала*. Каждый функциональный блок может рассматриваться как соединение одинаковых или различных по своим функциональным характеристикам элементов и узлов. При этом не всегда возможно однозначно разграничить отдельные функциональные блоки.

Первичные преобразователи могут быть *активными* или *пассивными* элементами измерительной системы. Активные первичные преобразователи требуют обычно дополнительных источников энергии.

Наиболее широко распространены такие первичные преобразователи, как механические, пневматические, гидравлические, оптические, электрические, емкостные и индуктивные.

Механические первичные преобразователи (рис. 3.12) используются для измерения линейных и угловых размеров, объема, времени (путем непосредственной силовой или кинематической связи с объектом измерения); силы и давления (через деформируемые элементы); температуры (за счет теплового расширения твердых тел, жидкостей и газов).

Пневматические и гидравлические первичные преобразователи используются (рис. 3.13) для длин, скоростей (объема), частоты вращения, сил (через связь давления, расхода и сечения сопла) и температуры (через изменение давления).

Оптические первичные преобразователи используются (рис. 3.13) для длин и углов (непосредственное измерение, через интерференцию света); концентрации растворов (через поляризацию света и преломление лучей); механических напряжений (через поляризацию света).

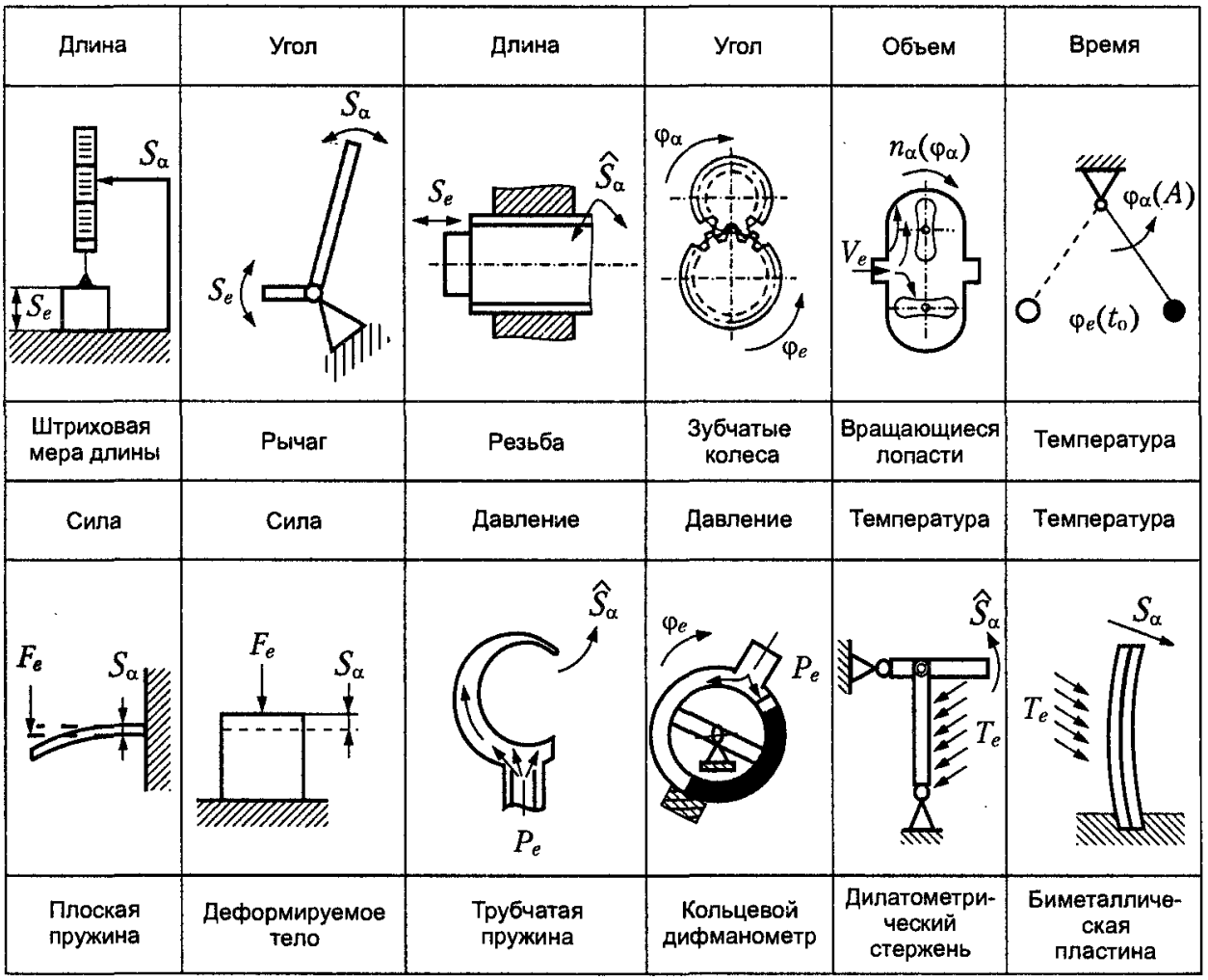


Рис. 3.12. Механические первичные измерительные преобразователи

Электрические первичные преобразователи подразделяются на:

1. Пассивные электрические преобразователи (рис. 3.14), которые могут быть: *пьезоэлектрическими* — для длин, сил и давления (используется пьезоэлектрический эффект); *электродинамическими для колебаний* — для частоты вращения, скорости (используется пропорциональность индуцируемого в катушке напряжения переменному магнитному потоку, вызванному перемещением катушки); *электрическими для температур* (используется термоэлектрический эффект Зеебека); *световыми для светового потока* (используется светоэффект).
2. Активные резистивные преобразователи (рис. 3.14), которые включают в себя: *резистивные преобразователи длин* (используется зависимость длины резистора и выходного напряжения); *резистивные теплометрические преоб-*

разователи *длины* (используется зависимость сопротивления проволоки от ее удлинения) применяются для измерения внутренних напряжений в материале; *резистивные преобразователи силы* (используется изменение сопротивления контактируемых повехностей под действием силы); *резистивные преобразователи температуры* (используется температурная зависимость сопротивления проводников и полупроводников).

3. Емкостные преобразователи (рис. 3.15), применяемые для измерения длин (через зависимость емкости от площади электродов и расстояния между ними), уровней и толщин твердого неэлектропроводного вещества (используется зависимость емкости от смещения границы двух веществ с различными диэлектрическими свойствами, расположенными между пластинами конденсатора).

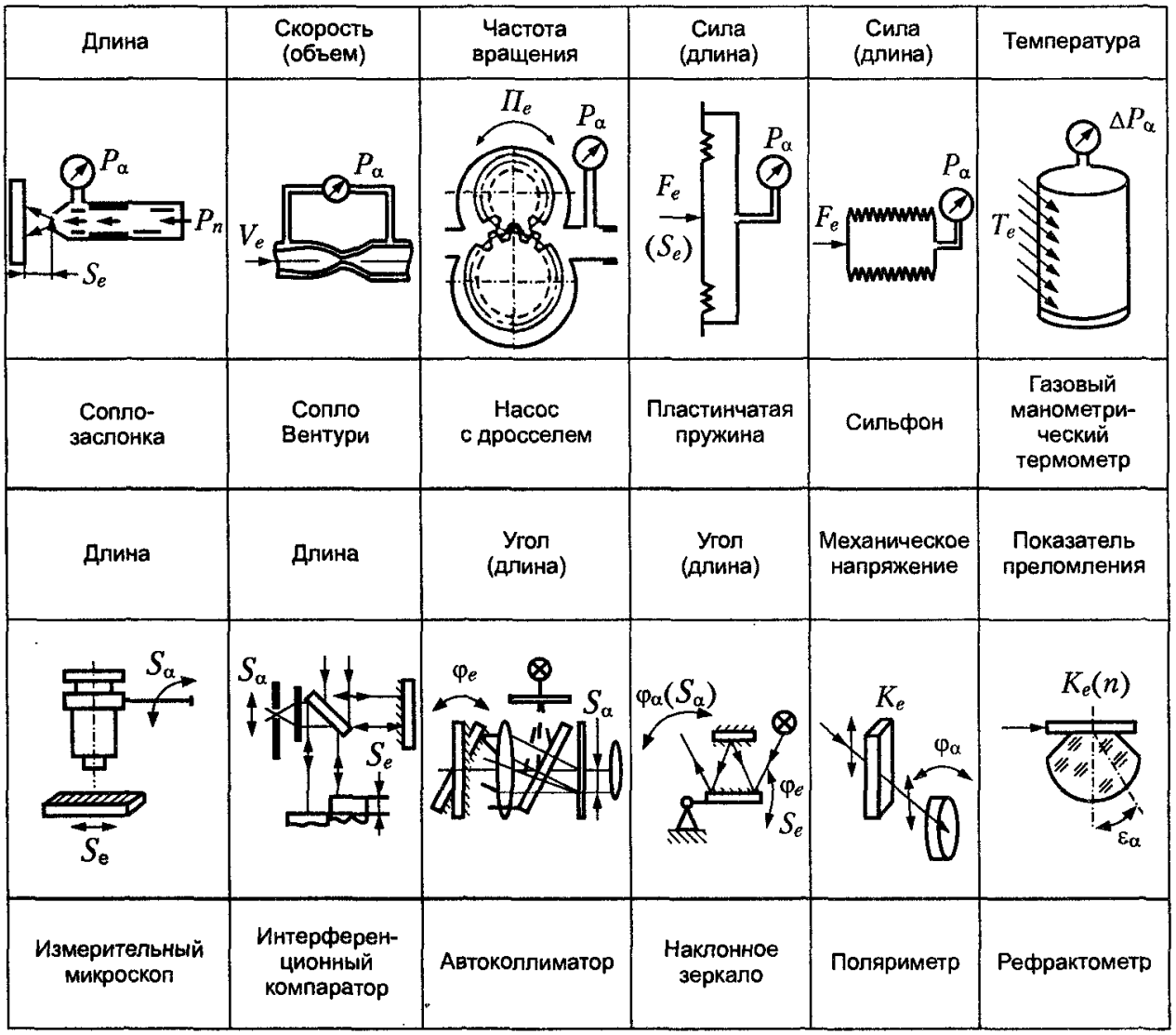


Рис. 3.13. Пневматические, гидравлические (вверху) и оптические (внизу) первичные преобразователи

4. Индуктивные преобразователи (рис. 3.15), в которых используется зависимость индуктивности катушки от изменения магнитного сопротивления, ко-

торое происходит благодаря изменению магнитного пути или магнитной проницаемости. Эти преобразователи могут быть: *перемещения с поперечным якорем* (используется изменение магнитного пути); *перемещения с втяжным якорем* (используется изменение магнитной проницаемости); *магнитоупругими* (используется принцип магнитоупругости, поскольку магнитная проницаемость ряда материалов зависит от механического напряжения).

Согласующие устройства аналоговых измерительных сигналов могут включать в себя: *измерительную мостовую схему*; *измерительный усилитель* (механические, гидравлические, пневматические, электрические магнитные и оптические) (рис. 3.16); *демпфирующие звенья* (резинометаллические, поршневые, воздушные, на вихревых токах, электрические демпфирующие резисторы, тепловые экраны, поглощающие фильтры, поляризационные фильтры); *вычислительные элементы* (звенья).

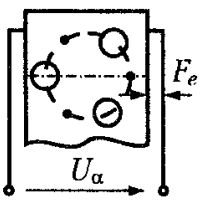
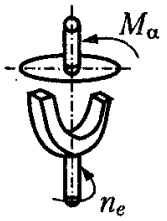
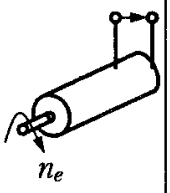
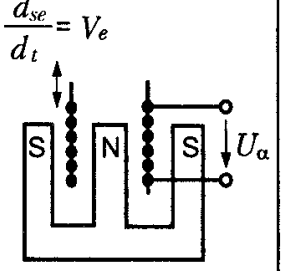
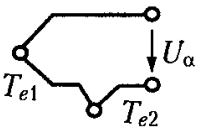
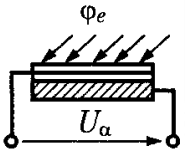
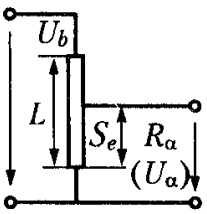
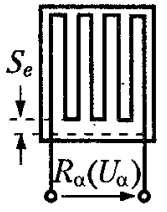
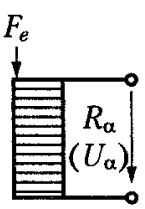
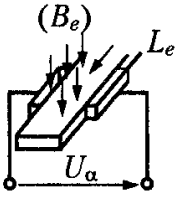
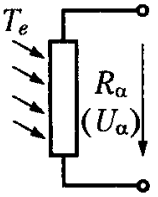
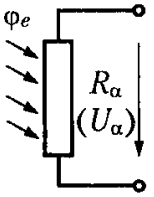
Сила	Частота вращения	Частота вращения	Скорость	Температура	Световой поток
					
Пьезокристалл	Редукционный тахометр	Генератор	Подвижная катушка	Термоэлемент	Фотоэлемент
Длина	Длина	Сила	Электрический ток (магнитная индукция)	Температура	Световой поток
					
Потенциометр	Тензометрический преобразователь	Угольные пластины	Генератор Холла	Терморезистор (термистор)	Фоторезистор (фотоэлемент)

Рис. 3.14. Пассивные электрические (вверху) и активные резистивные (внизу) первичные измерительные преобразователи

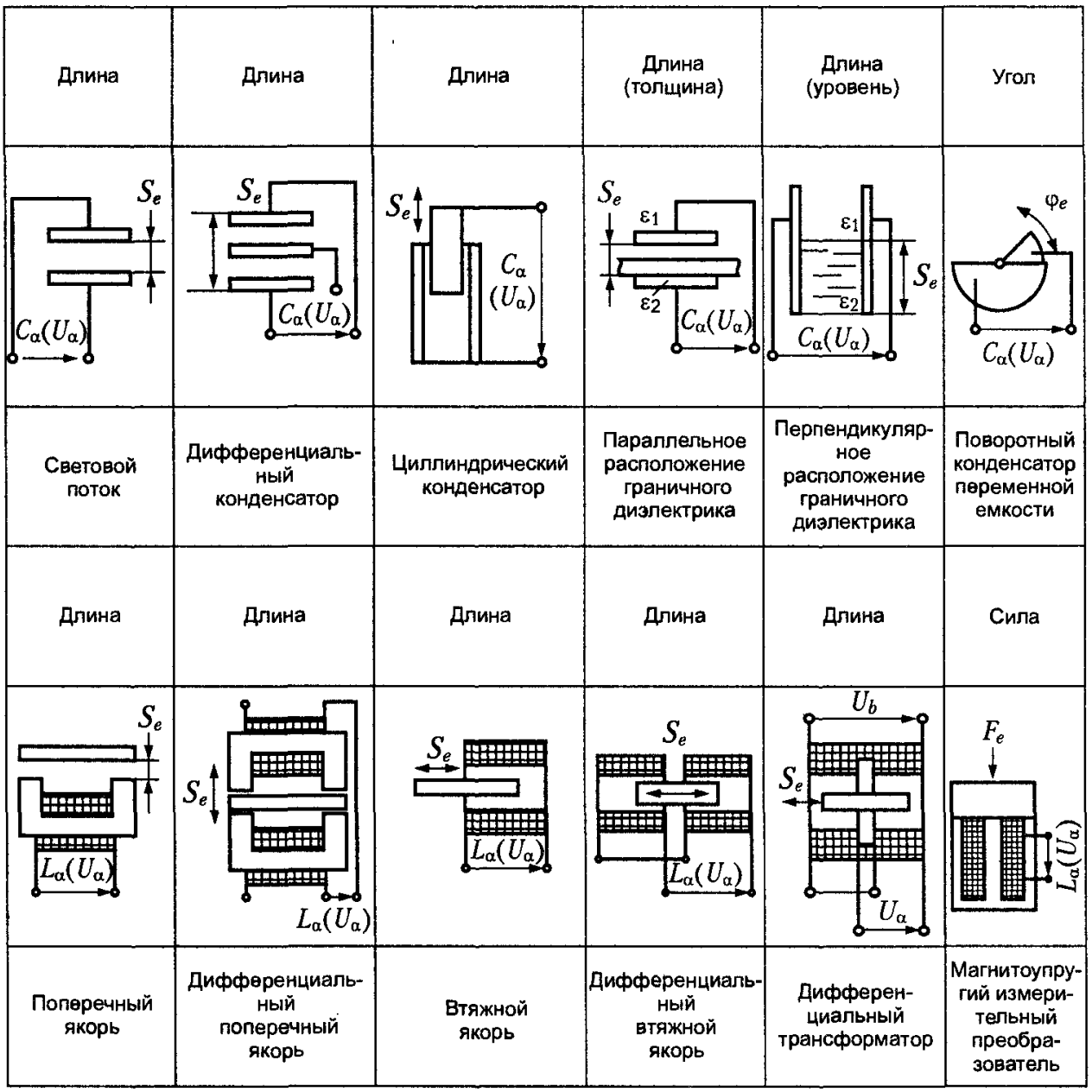


Рис. 3.15. Активные емкостные (вверху) и индуктивные (внизу) первичные измерительные преобразователи [46]

Устройства вывода измерительного сигнала. Представление измеренного значения в аналоговой форме характеризуется непрерывным изменением относительного положения указателя (индекса, метки) и шкалы. В зависимости от вида представляемых входных сигналов существуют системы с механическими, пневматическими или электрическими измерительными свойствами (рис. 3.17).

С целью снижения субъективных влияний, особенно при измерении быстро изменяющихся во времени величин, осуществляется регистрация выходных величин. Аналоговыми регистрирующими приборами являются приборы: с непрерывной записью, точечной записью, с непрерывной световой записью, светолучевые осциллографы, электронно-лучевые осциллографы, регистрирующие устройства на магнитной ленте.

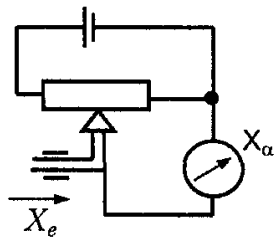
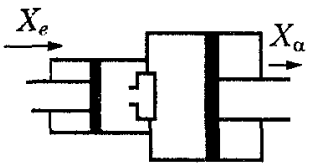
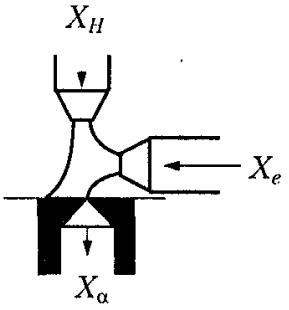
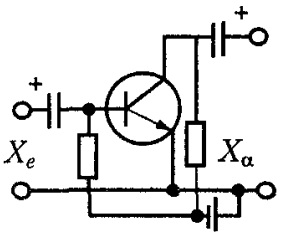
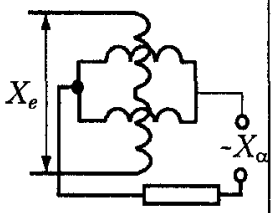
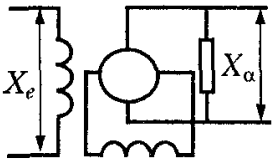
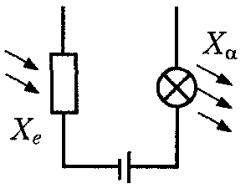
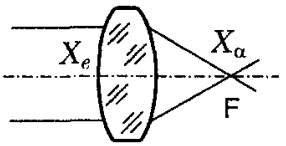
Длина	Сила	Давление	Сила тока
			
Ползунковый реостат	Поршневая система	Струйный усилитель	Усилитель на транзисторах
Напряжение	Мощность	Световой поток	Освещенность
			
Магнитный усилитель	Электромашинный усилитель	Фоторезистор	Собирающая линза

Рис. 3.16. Усилительные звенья [46]

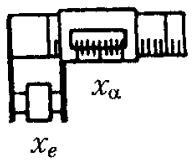
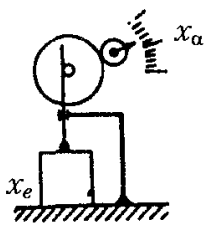
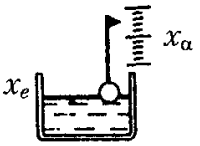
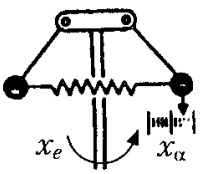
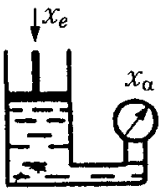
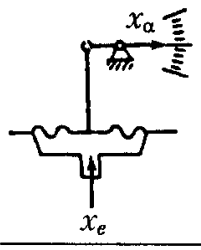
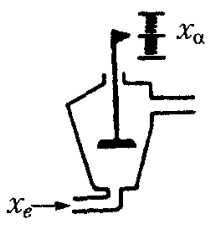
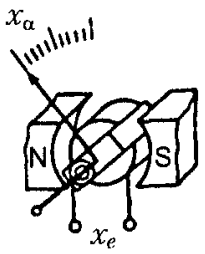
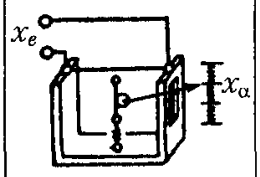
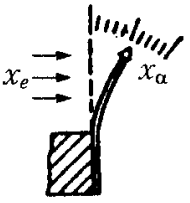
Длина	Длина	Уровень	Частота вращения	Сила
				
Штангенциркуль	Индикатор часового типа	Поплавок	Центробежный регулятор	Поршневой манометр
Давление	Расход	Напряжение	Сила тока	Температура
				
Мембранная коробка	Напорный диск	Измерительный механизм магнитоэлектрического прибора	Измерительный механизм прибора тепловой системы	Биметаллический термометр

Рис. 3.17. Аналоговые показывающие приборы [46]

3.10.2. Цифровые измерительные приборы

Интенсификация производственных процессов и научных исследований тесно связана с проведением измерений и обработкой результатов измерений при помощи автоматических измерительных систем. Переход к цифровой технике способствует использованию автоматических измерительных систем и методов активного контроля в процессе производства. В исторически короткое время цифровые измерительные приборы получили поэтому очень широкое применение.

Измеряемые величины разделяют на аналоговые, обладающие несчетным множеством значений по размеру, и квантованные, обладающие счетным множеством значений по размеру.

Применение цифровой измерительной техники связано с квантованием измеряемых величин и их кодированием.

Квантование величины — это операция создания при помощи меры или масштабного преобразователя сигнала, абсолютные или относительные размеры параметров которого имеют ограниченное число значение.

Кодирование — это операция перевода по определенным правилам формального объекта, выраженного совокупностью кодовых символов одного алфавита, в формальный объект, выраженный символами другого алфавита. При кодировании в качестве символов используют буквы алфавита, цифры в определенной системе счисления и различные условные знаки. Наиболее широко применяется числовое кодирование.

Цифровая измерительная техника имеет следующие преимущества по сравнению с аналоговой:

- незначительные погрешности отсчета благодаря устранению субъективных влияний (параллакса, усталости, психофизиологических особенностей операторов);
- быстрая и простая регистрация измеренных значений (запись, печать, запоминание);
- удобство контроля за технологическим процессом путем подключения к центральному контрольно-измерительному пункту и использования управляющей вычислительной машины;
- обеспечение автоматизации технологического процесса (измерение, управление, регулирование) путем подключения к управляющей вычислительной машине, работающей в реальном масштабе времени;
- простота коррекции погрешностей измерений с использованием соответствующих подпрограмм в электронных вычислительных устройствах.

На рис. 3.18 приведены принципиальные структуры аналоговых и цифровых измерительных систем.

Погрешность измерений при использовании цифровых измерительных приборов (не связанная с погрешностями, вызываемыми отдельными измерительными звеньями) зависит от наименьшего шага квантования.

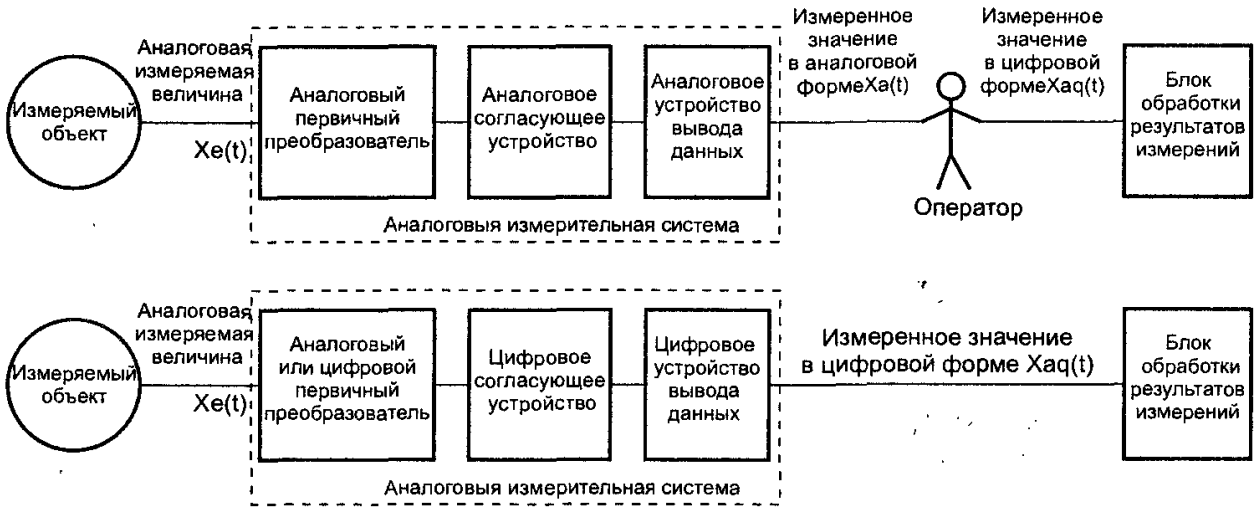


Рис. 3.18. Принципиальные структуры аналоговых и цифровых измерительных систем [46]

Цифровые измерительные приборы могут быть с аналого-цифровым преобразованием: *на входе* системы (чисто цифровые измерительные системы) характеризуются тем, что аналого-цифровой преобразователь одновременно является первичным измерительным преобразователем; *на выходе*; *промежуточное* (непрерывное преобразование величин в цифровые).

Наиболее часто используемые на практике измерительные системы с аналого-цифровым преобразованием *на входе* содержат первичные преобразователи линейных и угловых величин, а также преобразователи частоты.

Цифровые измерительные системы с аналого-цифровым преобразованием *на выходе* системы характеризуются тем, что аналого-цифровой преобразователь подключается к аналоговому согласующему устройству (усилителю, фильтру, решающему устройству и т. д.). Обычно для этого применяют аналого-цифровые преобразователи.

В цифровых измерительных системах с *промежуточным* преобразованием непрерывных величин в цифровые аналого-цифровой преобразователь располагается между аналоговым первичным преобразователем и цифровым согласующим устройством (усилителем, фильтром, решающим устройством и т. д.) и цифровые сигналы на выходе согласующего устройства снова преобразуются в аналоговые сигналы, например, для управления процессом с помощью гибридной аналого-цифровой техники.

Первичный преобразователь воспринимает непосредственно или косвенно измеряемую величину и формирует информативный параметр измерительного сигнала. Хорошо зарекомендовали себя цифровые измерительные преобразователи длин и углов, а также квазицифровые частотные измерительные преобразователи. Наряду с ними находят применение цифровые измерительные преобразователи усилия в перемещение.

3.11. Расчет точности кинематических цепей

В различных областях машиностроения и приборостроения применяют механизмы и механические передачи, к которым предъявляются требования кинема-

тической точности. Под кинематической точностью механизма или передачи понимается строгая согласованность движений (перемещений, скоростей или ускорений) ведомого и ведущего звеньев кинематической цепи. В одних механизмах требования относятся к угловым поворотам звеньев, в других — к согласованности угловых поворотов и линейных перемещений.

Ошибкой механизма, характеризующей его точность, называют отклонение действительного значения его выходного параметра от расчетного (идеального) значения. Ошибки механизмов возникают главным образом вследствие приближенности выбранной схемы, технологической неточности изготовления звеньев и элементов кинематических пар, неточности монтажа, износа трущихся элементов, внешних силовых воздействий, внутренних силовых явлений в механизмах при их движении и отличия условий эксплуатации (например, температуры и влажности окружающей среды) от номинальных.

В зависимости от характера связей между выходными и входными параметрами, то есть вида уравнений, описывающих поведение кинематической цепи, различают *кинематические и динамические ошибки* механизмов.

Кинематическая ошибка механизма определяется в основном его *первичными ошибками*, к которым относят отклонения размеров элементов кинематических пар, их формы и расположения от идеальных. К первичным ошибкам относятся:

1. *Ошибка схемы* (*структурная ошибка*) механизма возникает в том случае, если вместо идеального выбран теоретический механизм с более простой схемой, чем требуется. Так делают для улучшения эксплуатационных качеств механизма, то есть чтобы его ошибка была меньше, чем ошибка механизма с идеальной, но более сложной схемой.
2. *Ошибка положения механизма* — отклонение положений ведомых звеньев действительного и соответствующего ему идеального механизма при одинаковых положениях из ведущих звеньев. Если же ведущее звено действительного механизма займет неправильное положение, то соответствующее отклонение положения его ведомого звена называют *ошибкой положения ведомого звена*, или *конечной ошибкой механизма*.
3. *Ошибка перемещения механизма*, под которой понимают разность перемещений ведомых звеньев действительного и идеального механизмов при одинаковых перемещениях их ведущих звеньев.
4. *Мертвый ход* — это ошибка, появляющаяся для одного и того же положения ведущего звена, но при различном направлении его движения. Эта ошибка существенно влияет на точность механических систем с реверсивным движением. Мертвый ход возникает вследствие зазоров в кинематических парах или упругой деформации звеньев.

Ясно, что результирующая точность любой сложной механической системы в конечном счете определяется точностью составляющих ее простых.

Методы определения ошибок механизмов. По форме методы решения задач точностных анализа и синтеза механизмов могут основываться на различных приближениях, в том числе теоретико-вероятностных. Известны следующие методы:

1. *Аналитические* — наиболее приемлемы для тех механизмов, для которых легко вывести функцию положения и вычислить частные производные без необходимости учитывать ошибки взаимного расположения и формы элементов кинематических пар.
2. *Метод преобразованного механизма* удобен для плоских механизмов с низшими парами, в которых основное влияние на точность оказывают ошибки размеров звеньев. Он весьма нагляден и достаточно точен при инженерных расчетах.
3. *Метод планов малых перемещений* применяется для тех же механизмов, что и предыдущий метод.
4. *Метод относительных ошибок* удобен для рычажных и фрикционных механизмов, упрощающий решение многих задач.
5. *Метод плеча и силы* применим к быстродействующим счетно-решающим устройствам с зубчатыми и кулачковыми механизмами, на точность которых существенно влияют ошибки взаимного расположения и формы элементов кинематических пар.

Аналитический (дифференциальный) метод. Существует несколько подходов к решению этой задачи. Рассмотрим решение, изложенное в [17], для механизмов с голономными связями, в которых ограничены возможные перемещения звеньев, но не ограничены скорости точек.

В идеальном механизме с функциональными зависимостями, не содержащими дифференциальных операций, координата выходного (ведомого) звена может быть представлена функцией

$$\psi_0 = \psi_0(\varphi, q_1, q_2, \ldots, q_n),$$

где ψ_0 — координата выходного звена идеального механизма;
ψ — координата входного звена;
q_i — значения метрических параметров звеньев, которые полностью определяют размеры, форму и взаимное расположение звеньев механизма.

Положение ведомого звена действительного механизма определяется координатой

$$\psi = \psi_0 + \Delta\psi_{дм} = \psi(\varphi + \Delta\varphi, q_1 + \Delta q_1, \ldots, q_n + \Delta q_n), \qquad (3.16)$$

где $\Delta\psi_{дм}$ — ошибка положения ведомого звена действительного механизма;
$\Delta\varphi$ — ошибка положения ведущего звена.

Ошибки Δq_i обычно не более допусков на размеры звеньев и, следовательно, малы по сравнению со значениями параметров q_i.

После разложения функции (3.16) в ряд Тейлора и, ограничиваясь только нулевыми и линейными его членами, получим:

$$\Psi = \Psi_0 + \Delta\Psi_{дм} = \Psi_0(\varphi, q_1, q_2, \ldots, q_n) + \left(\frac{\partial\Psi}{\partial\varphi}\right)_0 \Delta\varphi + \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_i}\right)_0 \Delta q_i,$$

откуда найдем приближенное выражение для ошибки положения ведомого звена действительного механизма:

$$\Delta\Psi_{ам} = \left(\frac{\partial\Psi}{\partial\varphi}\right)_0 \Delta\varphi + \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_i}\right)_0 \Delta q_i. \qquad (3.17)$$

Индекс 0 у частных производных указывает на то, что они должны вычисляться для идеальных (точных) значений параметров q_i и обобщенной координаты φ.

Формула (3.17) справедлива для действительного механизма, имеющего первичные ошибки, но выполненного по идеальной схеме. В общем же случае параметр $\Delta\Psi_{ам}$ зависит также и от структурной ошибки механизма:

$$\Delta\Psi_{ам} = \Delta\Psi_c + \left(\frac{\partial\Psi_m}{\partial\varphi}\right)_0 \Delta\varphi + \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial\Psi_m}{\partial q_{mi}}\right)_0 \Delta q_{mi},$$

где $\Delta\psi_c = \psi_m - \psi_0$ — ошибка схемы;

ψ_m — функция положения теоретического механизма;

ψ_0 — функция положения идеального механизма.

Ошибка положения действительного механизма с идеальной схемой.

$$\Delta\Psi = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_i}\right)_0 \Delta q_i.$$

Ошибка положения, вызванная только одной первичной ошибкой Δq_k параметра q_k:

$$\Delta\psi_k = \left(\frac{\partial\psi}{\partial q_k}\right)_0 \Delta q_k.$$

Из формулы (3.17) следует, что ошибка положения ведомого звена механизма равна сумме ошибок, вызываемых каждой первичной ошибкой в отдельности. Вследствие этой независимости действия первичных ошибок вычисление суммарной ошибки положения механизма или положения его ведомого звена не представляет сложности. Лишь для некоторых механизмов вычисление частных производных $(\partial\psi/\partial q_i)_0$ громоздко и тогда более предпочтительным может быть графо-аналитический метод определения ошибок.

Первичные ошибки могут быть *скалярными* (ошибки длин звеньев), *люфтовыми* (перемещения звеньев вследствие зазоров в кинематических парах) и *векторными* (эксцентриситеты вращающихся звеньев, перекосы осей шарниров и поступательных пар). Поэтому результирующая (суммарная) ошибка положения механизма

$$\Delta\Psi = \sum\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_i}\right)_0 \Delta q_i + \sum\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_j}\right)_0 \Delta q_j + \sum\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_\nu}\right)_0 \Delta q_\nu,$$

где индексы i, j и ν относятся соответственно к люфтовым, скалярным и векторным ошибкам.

Для нескольких однотипных реальных механизмов все первичные ошибки Δq_i, Δq_j, Δq_ν будут независимыми и случайными. То же можно сказать и в отношении всех частных производных. Таким образом, частные ошибки как составляющие результирующей ошибки серии однотипных механизмов рассеиваются в своих значениях, подчиняясь тем или иным законам распределения вероятно-

стей. Большой практический интерес представляет проверочный расчет результирующей ошибки серии механизмов теоретико-вероятностным методом, если предельные отклонения (допуски) первичных ошибок и законы их распределения известны.

Поскольку частные производные — не случайные величины и их значения известны для каждого положения механизма, ошибки $\Delta\psi$ определяют на основе свойств математического ожидания M и среднего квадратичного отклонения σ:

$$M(\Delta\Psi) = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_i}\right)_0 M(\Delta q_i);$$

$$\sigma(\Delta\Psi) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_i}\right)_0 \sigma^2(\Delta q_i)};$$

Другие варианты аналитического расчета точности кинематической цепи изложены, например, в [2], [20] и др.

С методами преобразованного механизма, планов малых перемещений и относительных ошибок можно познакомиться в [17].

4 Технические измерения

4.1. Линейные измерения

Меры длины концевые плоскопараллельные. Широко используются плоскопараллельные концевые меры длины в форме прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями. Меры выпускаются по ГОСТ 9038–90 из стали марок Х, ШХ15, ХГ, 12ХГ и из твердого сплава, а также из кварца классов точности 00; 01; 0; 1; 2; 3. Допуски на размер в зависимости от класса точности находятся в пределах от 0,06 до 1 мкм, а на плоскостность — от 0,05 до 1 мкм. Шероховатость измерительных поверхностей должна быть $Rz \leq 0{,}063$ мкм.

За длину L концевой меры принимают длину перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на ее противоположную поверхность (рис. 4.1, *а*). Наибольшая по абсолютному значению разность между длиной меры в любой точке и ее номинальной длиной, которая маркируется на боковой поверхности меры (рис. 4.1, *б*), составляет отклонение длины меры. Разность между наибольшей и наименьшей длинами определяет отклонение от плоскопараллельности.

Меры поставляются в наборах и россыпью по заказам. Градация: 0,001; 0,005; 0,01; 0,5; 1; 10; 25; 50; 100 мм. Используя свойство притираемости, обеспечивающее прочное сцепление концевых мер, их можно собирать в различные блоки (рис. 4.1, *б*). Блок следует составлять из возможно меньшего количества мер. Для закрепления блоков мер и удобного пользования при наружных и внутренних измерениях, для проведения точных разметочных работ выпускаются наборы принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам типа ПК-1, ПКО-1, ПК-2 и ПК-3 (ГОСТ 4119–76).

По допустимой погрешности измерения, допуску на плоскопараллельность и результатам поверки определяют разряд меры. По ГОСТ 166–75 предусмотрено пять разрядов (1, 2, 3, 4, 5).

В некоторых случаях измерительные поверхности концевых мер длины выполнены цилиндрическими или сферическими.

Меры длины штриховые. К штриховым мерам длины относятся: брусковые (ГОСТ 12069–90), ленточные рулетки (ГОСТ 7502–98), линейки измерительные металлические (ГОСТ 427–75), складные металлические метры, объектмикрометры, стеклянные штриховые линейки и шкалы.

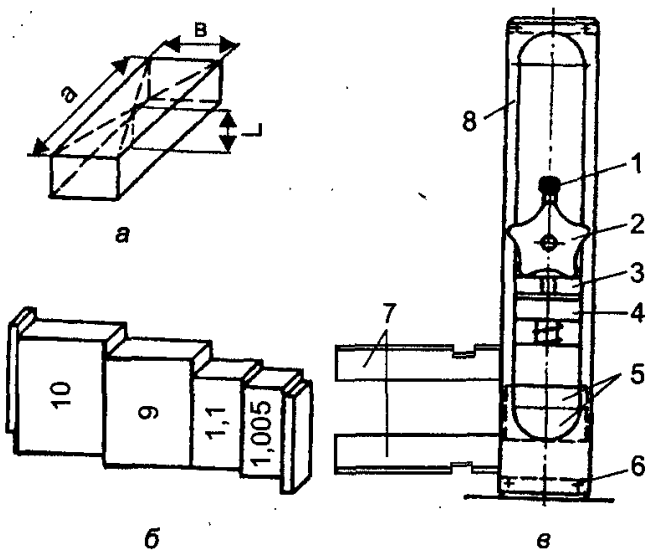


Рис. 4.1. Плоскопараллельные концевые меры длины: 1 — винт; 2 — гайка; 3 — планка державки; 4 — стабилизатор; 5 — притертый блок; 6 — вкладыш державки; 7 — боковики; 8 — державка

Брусковые штриховые меры длины применяются для непосредственных измерений в качестве шкал приборов и станков, а также как образцовые для поверки измерительных приборов линейных измерительных преобразователей. Брусковые меры выполняются одно и многозначными. Однозначные меры имеют два штриха, расстояние между которыми определяет длину меры, многозначные — шкалу штрихов с деци-, санти- и миллиметровыми интервалами. Некоторые меры имеют интервалы между штрихами 0,1 или 0,2 мм. В этом случае в комплект входят лупы с увеличением не менее 7^x. Меры изготовляются из инвара, оптического стекла и стали.

По ГОСТ 12069–90 предусмотрено девять типов поперечного сечения брусковых мер классов точности 0, 1, 2, 3, 4, 5.

В зависимости от условий аттестации штриховые меры длины могут быть 1, 2 и 3-го разрядов.

Измерительные металлические рулетки выполняются из инвара, нержавеющей стали и светлополированной стальной ленты длиной 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 м. Они выпускаются 2-го и 3-го классов точности. Допускаемые отклонения действительной длины миллиметровых делений рулеток должны быть не более ±0,15 и ±0,20 мм, сантиметровых — не более ±0,20 и ±0,30 мм, дециметровых и метровых — не более ±0,30 и ±0,40 мм для 2-го и 3-го классов точности соответственно.

Измерительные металлические линейки изготовляются из стальной пружинной термообработанной ленты со светлополированной поверхностью длиной до 1 м и с ценой деления 1 мм.

Складные металлические метры изготовляются длиной 1 м и состоят из 10 стальных упругих пластин, соединенных шарнирно. Металлические измерительные линейки должны иметь отклонения между любыми штрихами не более ±0,10 мм для линеек длиной до 300; ±0,15 мм — для линеек длиной от 300 до 500 мм и ±0,20 мм — для линеек длиной от 500 до 1000 мм.

Объект-микрометры вставляются в микроскопы для определения увеличения. Они представляют собой металлическую оправу длиной 76, шириной 76 и толщиной 2 мм. В центр оправы вклеена стеклянная пластина со шкалой, имеющей интервалы между делениями 0,01.

Стеклянные штриховые линейки имеют пять интервалов по 25 мм общей длиной 125 мм. Интервал 60–61 мм имеет 10 делений через 0,1 мм.

Ширина штрихов — 0,006 мм; допускаемое отклонение на расстоянии между любыми штрихами ±0,002 мм; точность аттестации не ниже 0,0005 мм.

Линейка применяется для поверки инструментальных микроскопов.

Шкалы стеклянные. Существуют несколько типов: штриховые, шкалы с крестом, шкалы с крестом и контрольными штрихами. Стеклянные шкалы применяют для поверки измерительных микроскопов, компараторов и проекторов.

Штангенинструменты представляют собой две измерительные губки, одна из которых связана с направляющей штангой, имеющей основную шкалу, а другая — с подвижной рамкой, несущей нониус. Принцип действия нониуса основан на совмещении штрихов основной шкалы и шкалы нониуса. К штангенинструментам относятся штангенциркули, штангенрейсмасы (штангенвысотомеры), штангенглубиномеры, штангензубомеры.

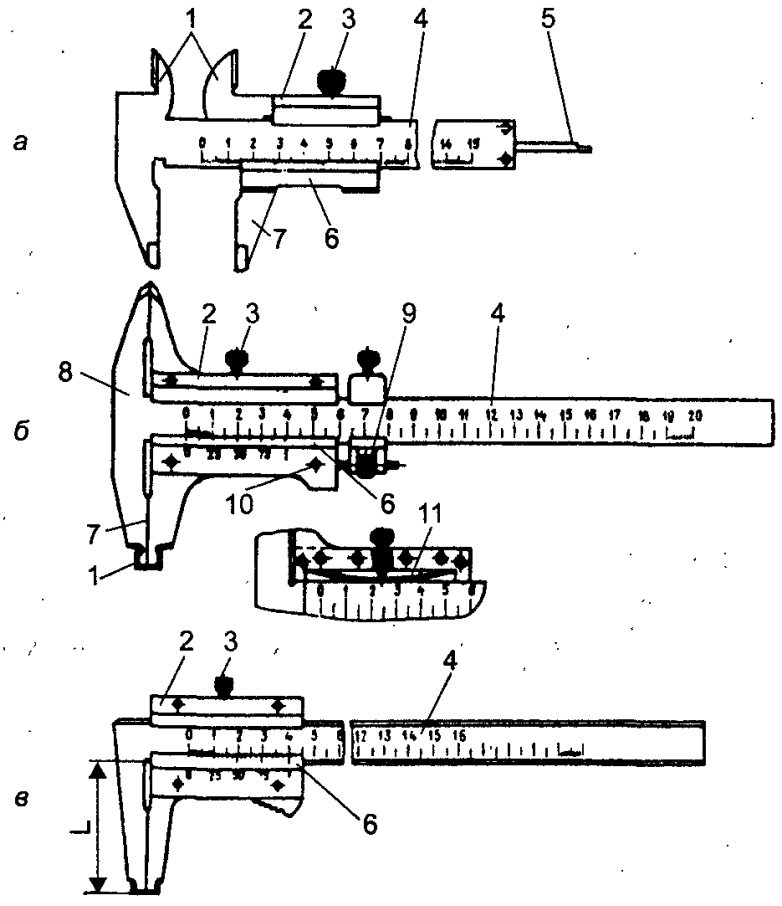


Рис. 4.2. Штангенциркули: *а* — ШЦ-I; *б* — ШЦ-II; *в* — ШЦ-III: 1 — губки для внутренних измерений; 2 — рамка; 3 — винт; 4 — штанга; 5 — ножка глубиномера; 6 — нониус; 7 — губки для наружных измерений; 8 — разметочные губки; 9 — микроподача; 10 — винты для крепления нониуса; 11 — пружина

Штангенциркули выпускаются нескольких типов: ШЦ-1 — двусторонние с глубиномером (рис. 4.2, *а*); ШЦТ-I — односторонние из твердого сплава; ШЦ-II — двусторонние (рис. 4.2, *б*); ШЦ-III — односторонние (рис. 4.2, *в*).

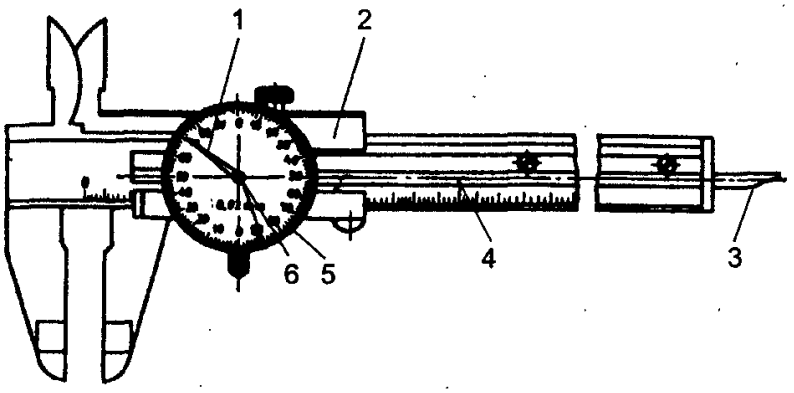


Рис. 4.3. Штангенциркуль со стрелочным отсчетным устройством

Фирмами «Теза» (Швейцария), «Маузер» (ФРГ) и рядом других зарубежных фирм выпускается штангенциркуль со стрелочным отсчетным устройством с ценой деления 0,01 и 0,02 мм (рис. 4.3). Глубиномер 3 и рамка 2 жестко связаны с зубчатой рейкой 4, передающей движение через трубку 6 стрелке 1 отсчетного устройства 5.

Штангенрейсмасы и штангенглубиномеры. Штангенрейсмасы (штангенвысотомеры) (рис. 4.4, *а*) предназначены для измерения высот и разметочных работ. Штангенглубиномеры (рис. 4.4, *б*) предусмотрены для измерения глубин отверстий и пазов, а также для измерения выступов.

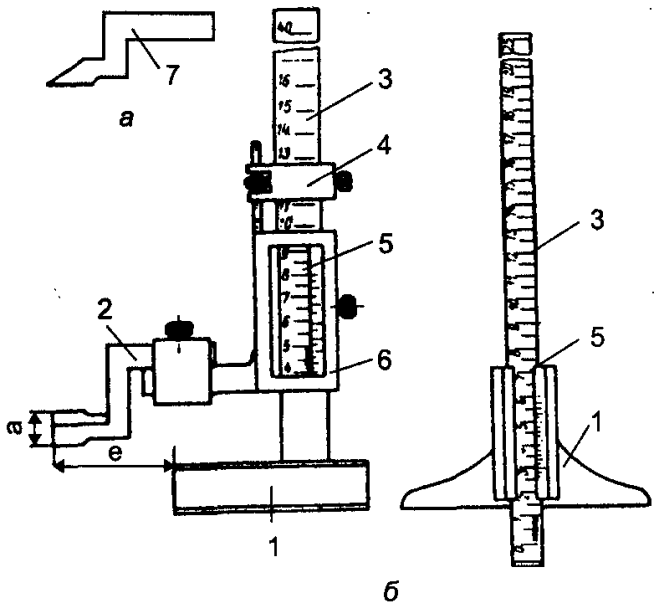


Рис. 4.4. Штангенрейсмас (*а*) и штангенглубиномер (*б*): 1 — основание; 2 — измерительная ножка; 3 — штанга; 4 — рамка с микрометрической подачей; 5 — нониус; 6 — рамка с нониусом; 7 — разметочная ножка

Микрометрические приборы. К микрометрическим приборам относятся микрометры гладкие (рис. 4.5, *а*), рычажные (рис. 4.5, *д*), зубомерные (рис. 4.49, *V*), нутромеры (рис. 4.6), глубиномеры (рис. 4.7). Некоторыми зарубежными фирмами выпускаются микрометры с цифровым отсчетом (рис. 4.5, *г*). Существует также ряд специальных измерительных средств, оснащенных микрометрической головкой.

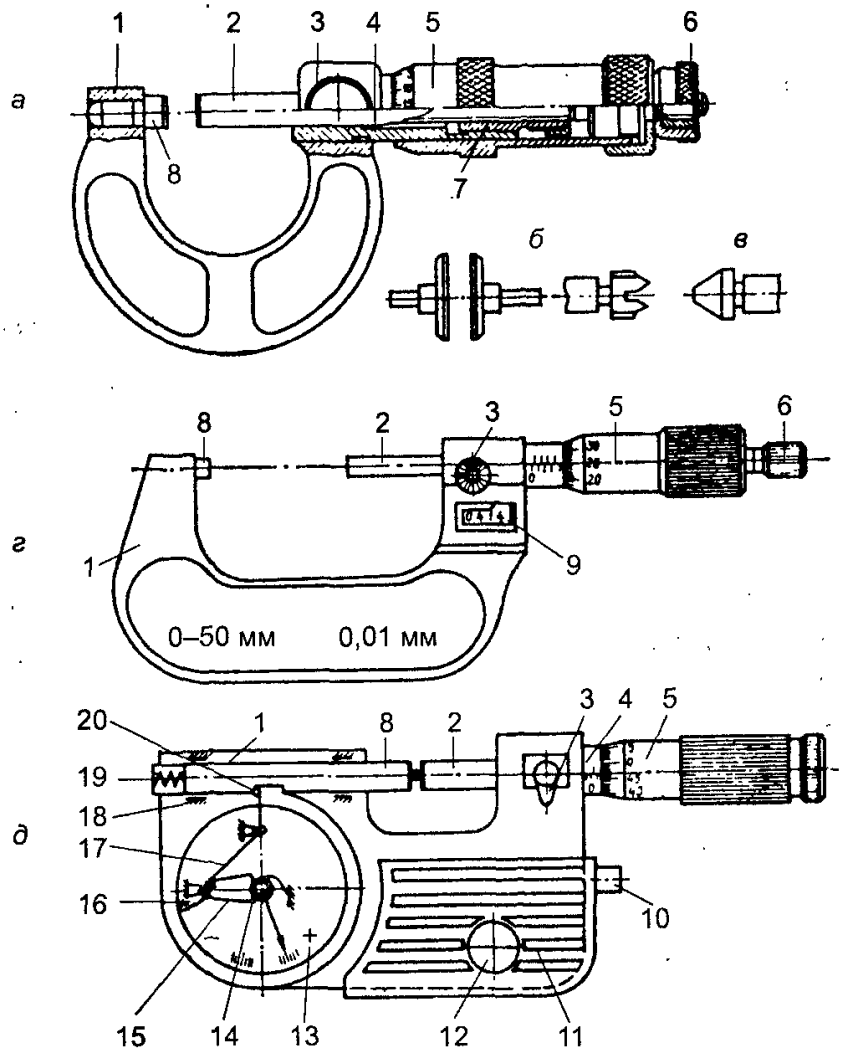


Рис. 4.5. Микрометрические приборы: *а* — гладкий; *б* —вставка для мягких материалов; *в* — вставки для резьбовых микрометров; *г* — микрометр с цифровым отсчетом; *д* — рычажный микрометр: 1— корпус; 2 — микрометрический винт; 3 — стопор; 4 — стебель; 5 — барабан; 6 — храповой механизм; 7 — гайка; 8 — подвижная пятка; 9 — цифровой отсчет; 10 — арретир; 11 — теплоизолирующая накладка; 12 — пятка; 13 — шкала; 14 — труба; 15 — сектор; 16 и 17 — рычаги; 18 — направляющие; 19 — пружина; 20 — контакт

У микрометрических нутромеров (рис. 4.6) в микрометрическую головку запрессована неподвижная пятка 1; подвижная пятка 6 соединена с микровинтом 5, который крепится в исходном положении стопором 4. Пятки выполнены из твердого сплава и имеют сферические поверхности. К нутромерам с диапазоном измерения от 150 до 6000 мм прикладываются удлинители, которые навинчиваются на резьбу стебля 3, защищенную колпачком 2.

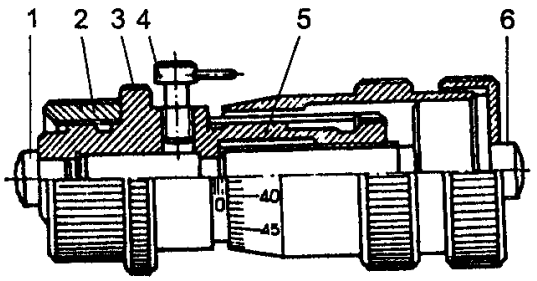


Рис. 4.6. Микрометрический нутромер

Рычажно-зубчатые приборы. К ним относятся: головки измерительные; скобы с отсчетным устройством; глубиномеры, стенкомеры, толщиномеры и нутромеры индикаторные. На базе измерительных головок создано большое количество различных специальных измерительных приспособлений и приборов

Рычажно-зубчатые измерительные головки в большинстве случаев имеют общий принцип построения. Технические характеристики приведены в [42].

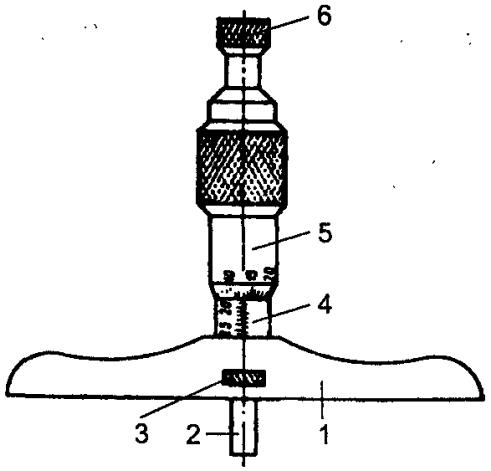


Рис. 4.7. Микрометрический глубиномер: 1 — корпус; 2 — микрометрический винт; 3 — стопор; 4 — стебель; 5 — барабан; 6 — храповой механизм

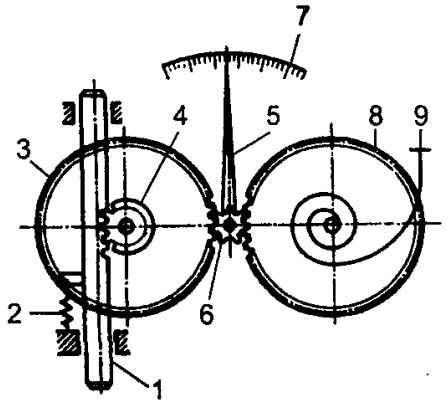


Рис. 4.8. Кинематическая схема индикатора часового типа: 1 — зубчатая рейка стержня; 2 — пружина; 3 — шестерня z = 100; 4 — реечный триб; 5 — стрелка; 6 — стрелочный триб; 7 — шкала; 8 — зубчатое колесо; 9 — пружинный волосок

На рис. 4.8, *а* приведена кинематическая схема индикатора часового типа ИЧ-2, а на рис. 4.9 — рычажно-зубчатая измерительная головка 1ИГ. Существуют индикаторные головки с цифровым (электронным) отсчетом показаний (рис. 4.10).

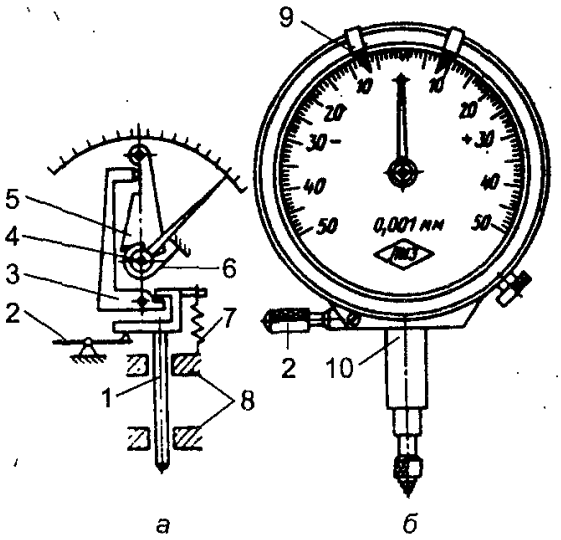


Рис. 4.9. Рычажно-зубчатая измерительная головка 1ИГ: а — схема; б — общий вид: 1 — измерительный стержень; 2 — рычажок для арретирования; 3 — рычаг; 4 триб; 5 — рычаг; 6 — спиральная пружина; 7 — пружина; 8 — направляющие втулки; 9 — указатели допуска; 10 — втулка

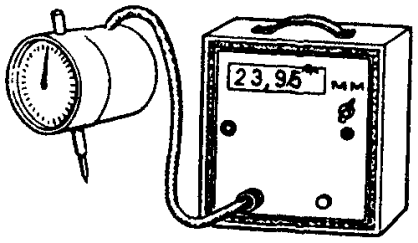


Рис. 4.10. Индикатор с цифровым отсчетом

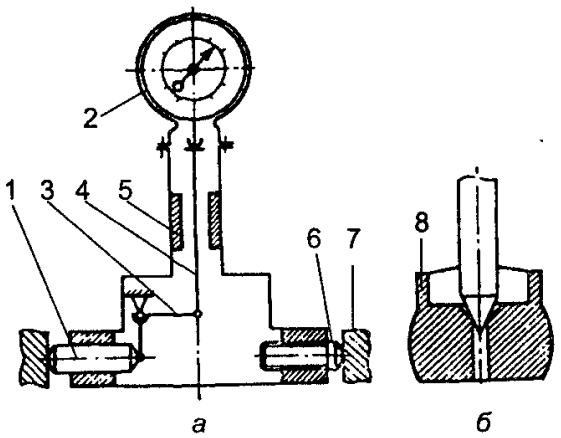


Рис. 4.11. Схема индикаторного нутромера

Приборы с рычажно-зубчатыми механизмами. Рычажно-зубчатые головки и механизмы применяются в качестве отсчетных устройств в универсальных измерительных приборах в многомерных и переналаживаемых приспособлениях, на станках.

По ГОСТ 11098–75 выпускаются скобы с отсчетным устройством типа СИ, оснащенные измерительными головками, и типа СР — со встроенным в корпус отсчетным устройством. По ГОСТ 11358–89 выпускаются индикаторные толщиномеры настольного типа ТН и ручные — типа ТР; по ГОСТ 7661–67 изготавливаются глубиномеры; по ГОСТ 11358–89 – стенкомеры; по ГОСТ 868–82, ГОСТ 9244–75 – индикаторные нутромеры.

На рис. 4.11, *а* приведена схема индикаторного нутромера для измерения отверстий свыше 18 мм. Внутри трубки 5 перемещается шток 4, на который через рычаг 3 действует подвижная пятка, контактируемая с измеряемым кольцом 7, вторая пятка 6 — неподвижная. Шток 4 соединен со штоком измерительной головки 2. В нутромерах для измерения диаметров отверстий менее 18 мм нижний конец штока 4 выполнен в виде конуса, который действует на подвижные

пятки, шарики или подпружиненные сферические поверхности разжимной цанги 8 (рис. 4.11, *б*).

Пружинные измерительные приборы. В пружинных приборах используются упругие передаточные (измерительные) механизмы, не имеющие пар с внешним трением. Применение плоских пружин и мембран взамен обычных опор скольжения и вращения обеспечивает их надежную работу в условиях скопления пыли и большой влажности. В пружинных передачах приборов для преобразования малых перемещений измерительного наконечника в значительно большие перемещения указателя используют плоские, прямые, изогнутые или скрученные упругие металлические ленты. Цена деления шкал измерительных головок находится в пределах 0,02–10 мкм.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются микрокаторы типа ИГП, микаторы типа ИПМ, миникаторы типа ИРП и оптикаторы типа 15301.

Базовой моделью пружинных приборов является измерительная пружинная головка (микрокатор) типа ИГП (рис. 4.12). Принцип действия микрокатора основан на зависимости между растяжением тонкой скрученной металлической ленты 5 и поворотом ее среднего сечения со стрелкой 17 относительно продольной оси и относительно шкалы.

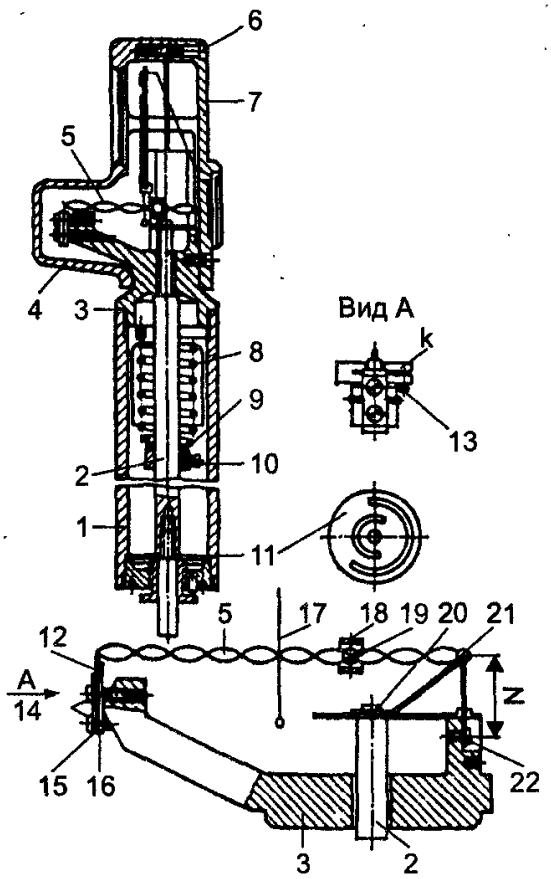


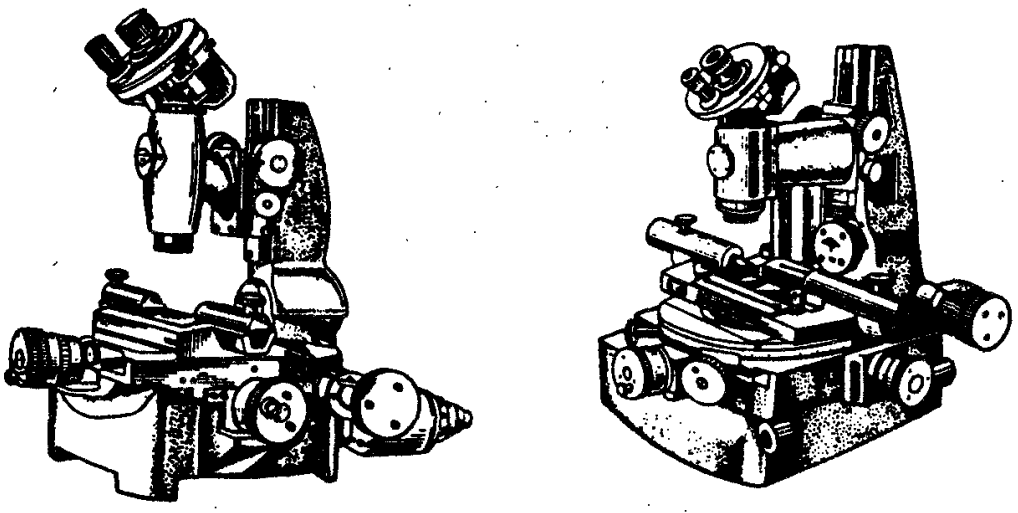
Рис. 4.12. Пружинная измерительная головка микрокатора: 1 — втулка; 2 — измерительный стержень; 3 — литой каркас; 4 — передняя крышка; 5 — скрученная лента; 6, 13, 14, 20 и 22 — винты; 7 — задняя крышка; 8 — винтовая пружина; 9 — хомутик для регулирования усилия; 10 — винт; 11 — плоская пружина; 12 — неподвижная упругая пластинка; 15 и 16 — планки; 17 — стеклянная стрелка; 18 — масляный демпфер; 19 — шеллачный шарик; 21 — упругий треугольник

С принципиальными схемами остальных пружинных приборов и их метрологическими характеристиками можно познакомиться в [42].

Оптико-механические приборы широко применяют в производственных лабораториях, а также в цеховых условиях при изготовлении изделий, требующих точных линейных и угловых измерений. Оптико-механические приборы разнообразны по конструктивному выполнению и принципу действия. К таким приборам относятся: рычажно-оптические, проекционные и измерительные микроскопы и машины, длиномеры, интерференционные приборы. Повышение точности отсчета и измерений этих приборов достигается либо сочетанием механических передаточных механизмов с оптическим автоколлимационным устройством (оптиметры), либо благодаря значительному увеличению измеряемых объектов или шкал (микроскопы, проекторы и др.), либо измерением параметров интерференционных картин.

Инструментальные и универсальные микроскопы предназначены для измерения длин, углов, элементов резьб, зубчатых передач, конусов и различных профилей изделий. Методы измерений — проекционный и осевого сечения в прямоугольных и полярных координатах.

Инструментальные микроскопы разделяются на малые (рис. 4.13, *а*) мм (малый микроскоп инструментальный) и большие (рис. 4.13, *б*).

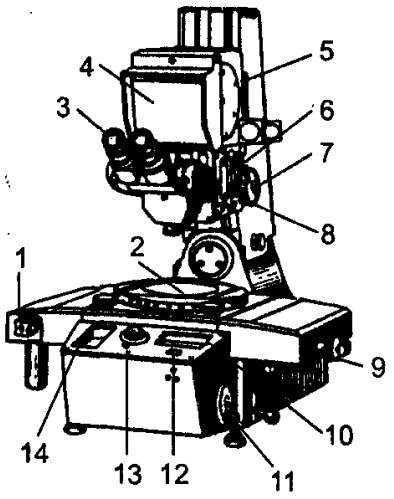


а *б*

Рис. 4.13. Инструментальные микроскопы: а — малый (ММИ); б — большой (БМИ)

Цена деления микрометрического устройства — 0,005 мм. Цена деления окулярной мерной головки — 1′ и 3′. Пределы измерения угловых размеров 0–360°.

Более совершенной моделью является бинокулярный инструментальный микроскоп БИМ (рис. 4.14). Микроскоп имеет предел измерения в поперечном направлении до 75 мм и точность отсчета 0,002 мм, увеличение микроскопа: 10, 20, 30, 60 и 90$^{\times}$. Наибольшую точность и пределы измерения в продольном направлении до 200 мм и в поперечном — до 100 мм имеют универсальные микроскопы УИМ-21 (рис. 4.15, *а*), УИМ-23 (рис. 4.15, *б*) и УИМ-24.



1 и 9 — механизмы микропередачи; 2 — предметный стол; 3 — бинокулярный тубус; 4 — экран; 5 — шкала перемещения тубуса; 6 — рукоятка переключения от визуального наблюдения к проекционному; 7 — механизм установки тубуса; 8 — окулярные сетки; 10 — окно продольных перемещений;11 — механизм наклона стойки; 12 — окно отсчета наклона стойки; 13 — сигнальная лампочка вертикального положения стойки; 14 — окно поперечных перемещений

Рис. 4.14. Бинокулярный инструментальный микроскоп

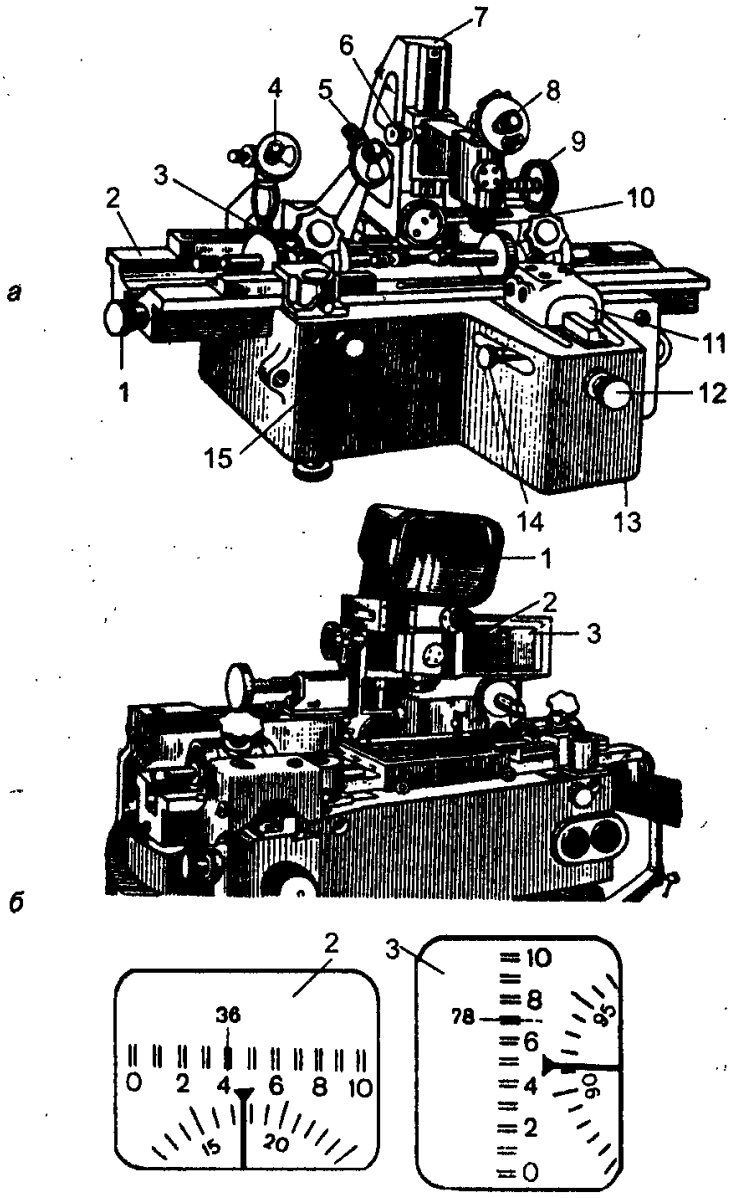
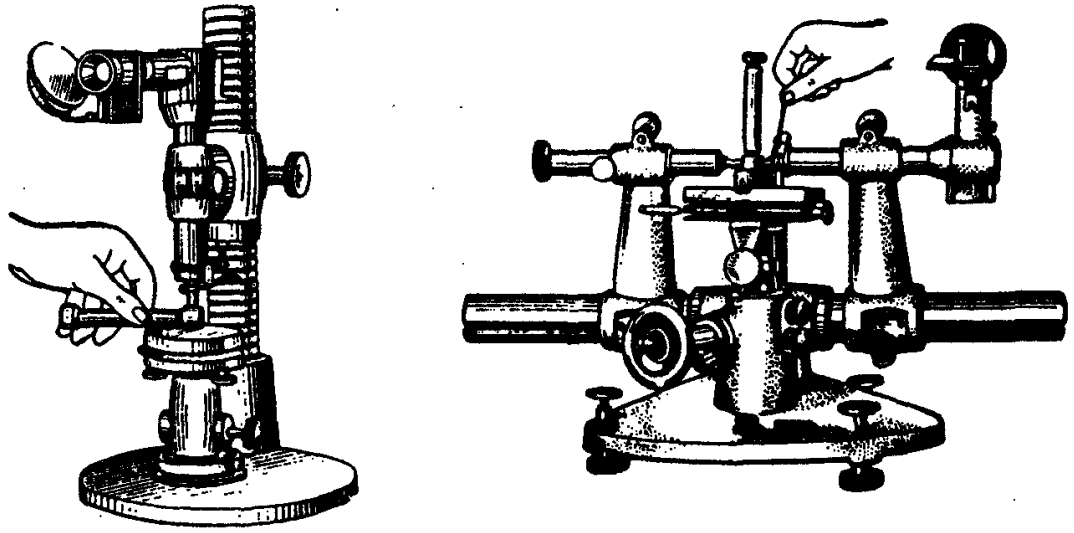


Рис. 4.15. Универсальные измерительные микроскопы: *а* — УИМ-21: 1 и 12 — микрометрические винты; 2 и 11 — каретки; 3 — центровые бабки; 4 и 5 — отсчетные микроскопы; 6 — кремальера; 7 — стойка; 8 — визирный микроскоп; 9 — механизм поворота стойки; 10 — кольцо для фокусировки; 13 — станина; 14 и 15 — стопорные винты; *б* — УИМ-23: 1, 2 и 3 — проекционные устройства

Оптиметры предназначены для линейных измерений контактным относительным методом. В их схеме используется принцип автоколлимации, оптического и механического рычага. Основным узлом оптиметра является трубка с ценой деления шкалы 0,001 мм, пределом измерения ±0,1 мм, увеличение 960$^{\times}$. Механическая часть прибора преобразует перемещение измерительного стержня в угловое перемещение зеркала, а оптическая трубка создает изображение шкалы, которое смещается относительно его исходного положения в зависимости от угла поворота зеркала. Оптиметры выпускают (в зависимости от установки трубки) с вертикальным и горизонтальным расположением оси (рис. 4.16).



а *б*

Рис. 4.16. Оптиметры: *а* — вертикальный типа ИКВ; *б* — горизонтальный типа ИКГ

Микролюкс, микрозил и оптотест являются разновидностями оптико-механических приборов, в которых используются механические и оптические рычаги в сочетании с качающимся зеркалом или указателем [34].

Вертикальный оптический длиномер ИЗВ предназначен для наружных линейных измерений по шкале (абсолютным методом) от 0 до 100 мм и от 0 до 250 мм. Цена деления шкалы 1 мм. Цена наименьшего деления микроскопа со спиральным нониусом 0,001 мм. Увеличение отсчетного микроскопа 62$^{\times}$. Измерительная сила 1,2–2,5 Н.

Для точных наружных и внутренних линейных измерений больших длин, расстояний между осями непосредственно по точным линейным шкалам (абсолютным методом) или сравнением с образцовыми мерами (относительным методом) применяют измерительные машины. Измерительные машины ИЗМ подразделяют по верхним пределам измерения: до 1000 мм (ИЗМ-1), до 2000 мм (ИЗМ-2), до 4000 мм (ИЗМ-4) и до 6000 мм (ИЗМ-6). Пределы измерения внутренних размеров от 13,5 до 150 мм. Цена деления шкал: метровой — 100 мм, стомиллиметровой — 0,1 мм, трубки оптиметра — 0,001 мм. Увеличение трубки оптиметра — 960$^{\times}$.

Характерной особенностью развития современной измерительной техники является переход от экранных к цифровым отсчетным устройствам.

Пневматические приборы могут реагировать на изменение зазора между деталью и выходным соплом, а также на непосредственное изменение диаметра. Они могут быть низкого (до 0,5 МПа) и высокого (свыше 0,5 МПа) избыточного давления, манометрического и ротаметрического типа, дифференциального и недифференциального исполнения.

Дифференциальные средства менее чувствительны к колебаниям давления и обладают лучшими метрологическими возможностями. На рис. 4.17 представлена схема пневматического дифференциального прибора манометрического типа. От пневмосети воздух через фильтр 1, стабилизатор давления 2 с манометром 3 и входные сопла 4 и 10 поступает к выходным соплам 6 и 9, установленным над измеряемыми деталями 7 и 8. Чувствительным элементом является дифференциальный манометр 5, показания которого зависят от разности зазоров S_1 и S_2 и, следовательно, от разности d_1 и d_2. Если одно из сопл, например 10, заменяется вентилем противодавления 11, через который воздух выходит в атмосферу, производится измерение одного размера, например d_1. По такой схеме созданы приборы моделей 318 и 319. В приборе имеется дополнительный оптический рычаг, в качестве манометра использованы сильфоны.

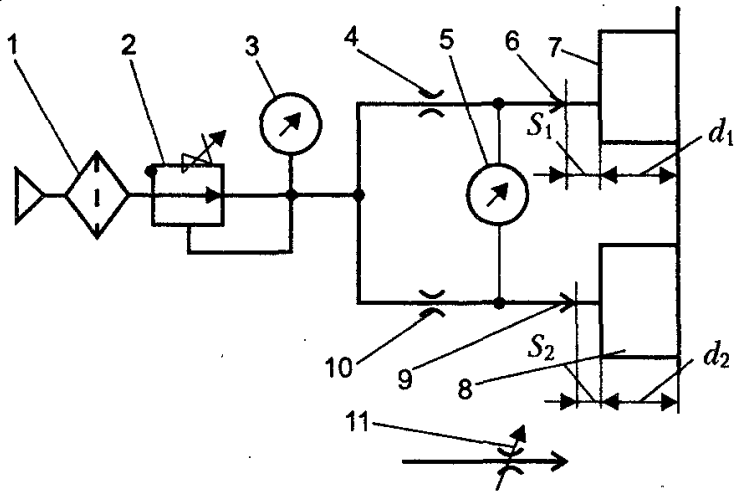


Рис. 4.17. Схема пневматического дифференциального прибора манометрического типа

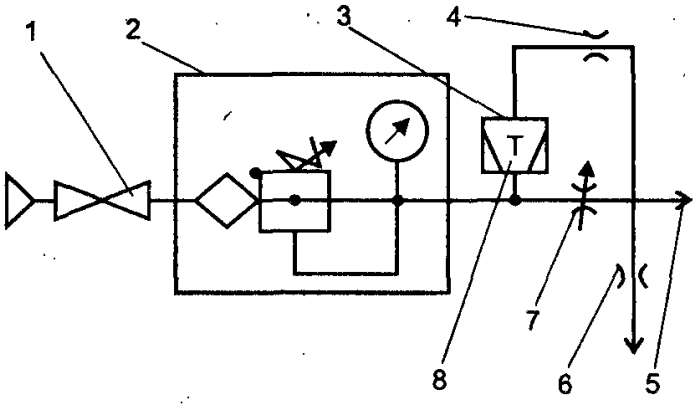


Рис. 4.18. Схема ротаметрического прибора высокого давления

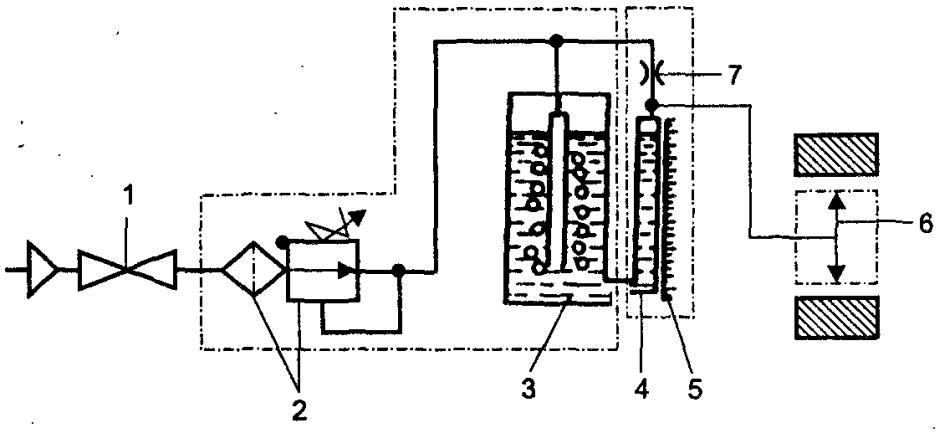


Рис. 4.19. Пневматический длиномер низкого давления

Схема ротаметрического прибора высокого давления дана на рис. 4.18. Воздух через вентиль 1 и блок 2 фильтра со стабилизатором давления поступает к конической трубке 3, в которой находится поплавок 8, и к вентилю 7 параллельного пропуска воздуха. Пройдя коническую трубку 3 и дроссель 4, потоки объединяются и по раздельным каналам поступают к измерительной оснастке 5 и вентилю 6, через который воздух выходит в атмосферу. В зависимости от размера детали меняется положение поплавка 8 в трубке 3, на которой нанесена шкала. По данной схеме построены длиномеры модели 320.

В длиномерах низкого давления (рис. 4.19) чувствительным элементом является водяной манометр 4, соединенный с водяным стабилизатором давления 3. При изменении зазора между оснасткой 6 и измеряемой деталью меняется положение водяного столба в манометре 4 относительно шкалы 5. Воздух к оснастке 6 поступает через кран 1, блок фильтра со стабилизатором давления 2 и входное сопло 7. Аналогичная схема для длиномеров модели 330.

Технические характеристики пневматических приборов приведены в [42]. В комплект вместе с пневматическими приборами входят пробки пневматические (ГОСТ 14864–78) и кольца установочные (ГОСТ 14865–78). Для очистки и стабилизации воздуха выпускаются фильтры, стабилизаторы давления и блоки фильтров со стабилизаторами.

4.2. Угловые измерения

Во многих изделиях машиностроения применяют узлы и детали, качество работы которых зависит от точности их угловых размеров. Такими узлами и размерами являются, например, подшипники с коническими роликами, направляющие типа «ласточкин хвост», концы шпинделей металлорежущих станков, концы инструментов, углы оптических призм и т. д.

Величину угла при измерении определяют следующими методами:

1. Сравнением с жесткой мерой (угловые меры, угольники, шаблоны, конические калибры, многогранные призмы).
2. Сравнением со штриховой мерой (различные виды круговых и секторных шкал, гониометры).
3. Тригонометрическими методами (по значениям линейных размеров).

Жесткие угловые меры предназначены для передачи размера плоского угла от эталонов к образцовым и рабочим угловым мерам, поверки и градуировки угломерных приборов и специальных угловых мер (шаблонов), а также для непосредственного измерения угловых изделий.

По ГОСТ 2875–88 «Меры плоского угла призматические. Общие технические условия» предусмотрено пять типов угловых мер (рис. 4.20): *меры типа* 1 выполнены со срезанной вершиной угла и имеют малые (до 9°) значения рабочих углов; *меры типа* 2 имеют острую вершину рабочего угла, охватывают диапазон от 10 до 79°; *меры типа* 3 выполнены с четырьмя рабочими углами в диапазоне 80–100°; *меры типа* 4 — призматические с равномерным угловым шагом; *меры типа* 5 — с тремя рабочими углами: $\alpha = 15°$, $\beta = 30°$ $\varphi = 45°$.

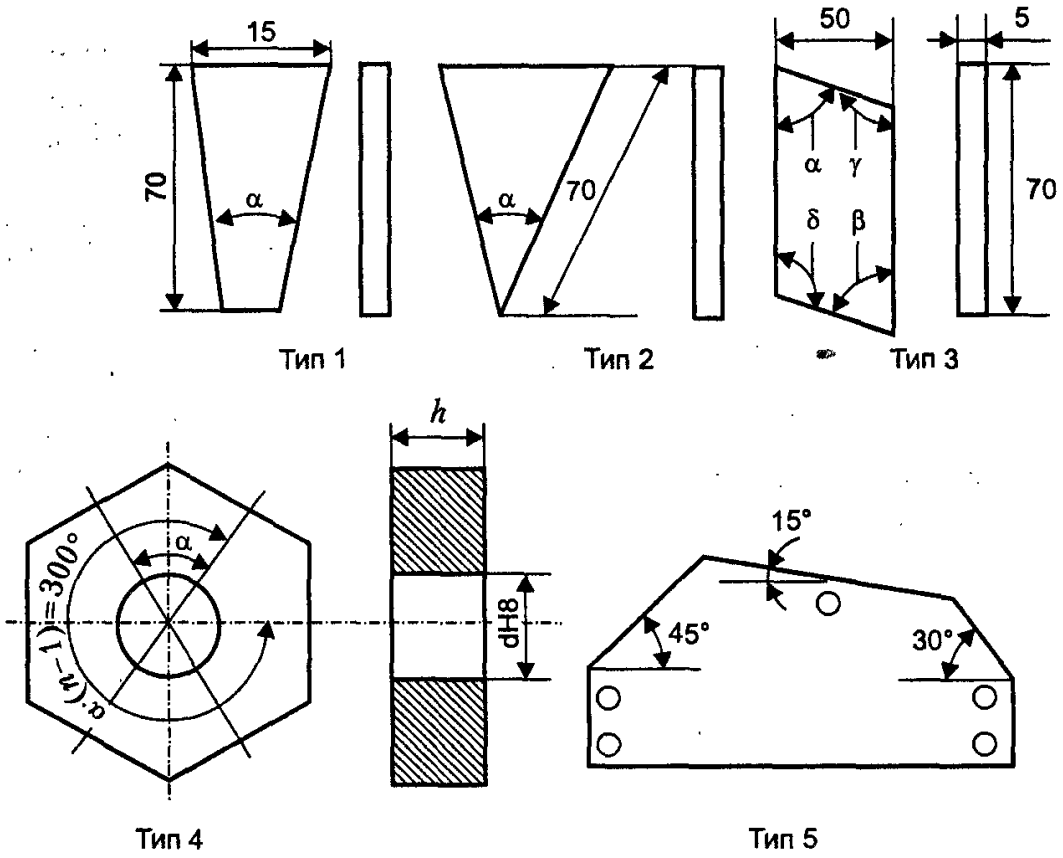


Рис. 4.20. Меры призматические угловые

Угловые меры изготавливают из высококачественных сталей, а меры типа 1 могут изготовляться из кварцевого и оптического стекла.

По ГОСТ 2875–88 для угловых мер 1, 2 и 3 типов установлены классы точности 0, 1 и 2 с допусками на изготовление соответственно ±3″, ±10″, ±30″; для типа 4 — классы точности 00, 0, 1 и 2; для типа 5 — класс точности 1. Образцовые меры аттестуются по 2, 3 и 4-му разрядам в зависимости от погрешности аттестации, которая соответственно не должна превышать ±1″, ±3″, ±6″.

Угольники служат для проверки взаимной перпендикулярности поверхностей и имеют угол 90°. Существует два вида угольников: *лекальные*, обеспечивающие контакт по линии (для этого одной из сторон придана форма кромки с радиусом закругления 0,1 0,3 мм); *с плоскими рабочими поверхностями*.

Стандартом предусмотрены три класса точности (0, 1, 2) угольников. Они выпускаются: в виде прямоугольника (рис. 4.21, *а*), угловые (рис. 4.21, *б*) и цилиндрические (рис. 4.21, *в*).

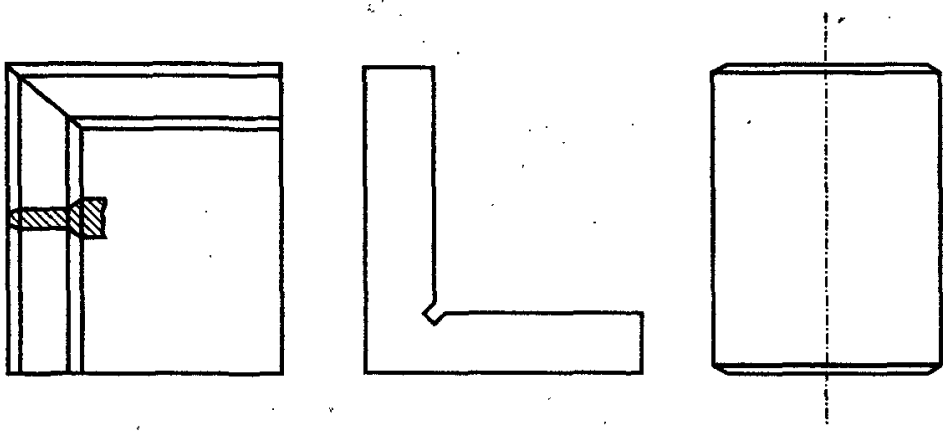


Рис. 4.21. Виды угольников

Несовпадение сторон угольника и измеряемого угла определяют визуально по просвету между стороной угольника и деталью или с помощью щупа.

Сравнение с жесткой мерой широко применяют при контроле конических сопряжений. В этом случае жесткой мерой является конический калибр. При этом проверяется как диаметр (по осевому смещению), так и угол конуса (по краске).

Механические угломеры предназначены для контактных измерений углов. Выпускается три типа угломеров: УН — с отсчетом по нониусу 2′ или 5′ (рис. 4.22); УМ — с отсчетом по нониусу 2′ или 5′ (рис. 4.23); УГ — с отсчетом по нониусу 10′ упрощенной конструкции; УО — оптический угломер (рис. 4.24).

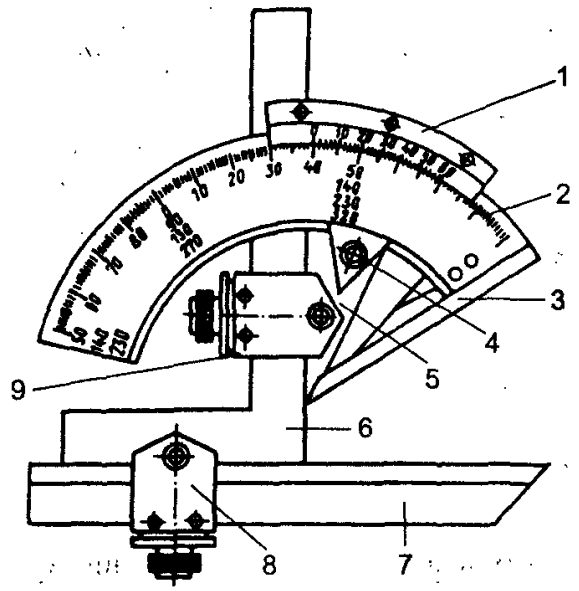


Рис. 4.22. Угломер с нониусом типа УН: 1 — сектор с нониусом; 2 — основание; 3 — основная линейка; 4 — стопор; 5 — сектор; 6 — угольник; 7 — съемная линейка; 8 и 9 — державки

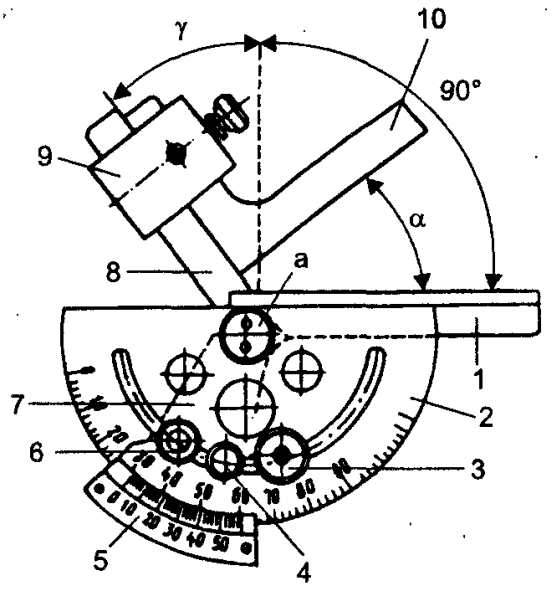


Рис. 4.23. Угломер с нониусом типа УМ: 1 —линейка; 2 — основание; 3 — стопорный винт; 4 — микровинт; 5 —нониус; 6 — стопор; 7 — сектор; 8 — подвижная линейка; 9 — державка; 10 —угольник

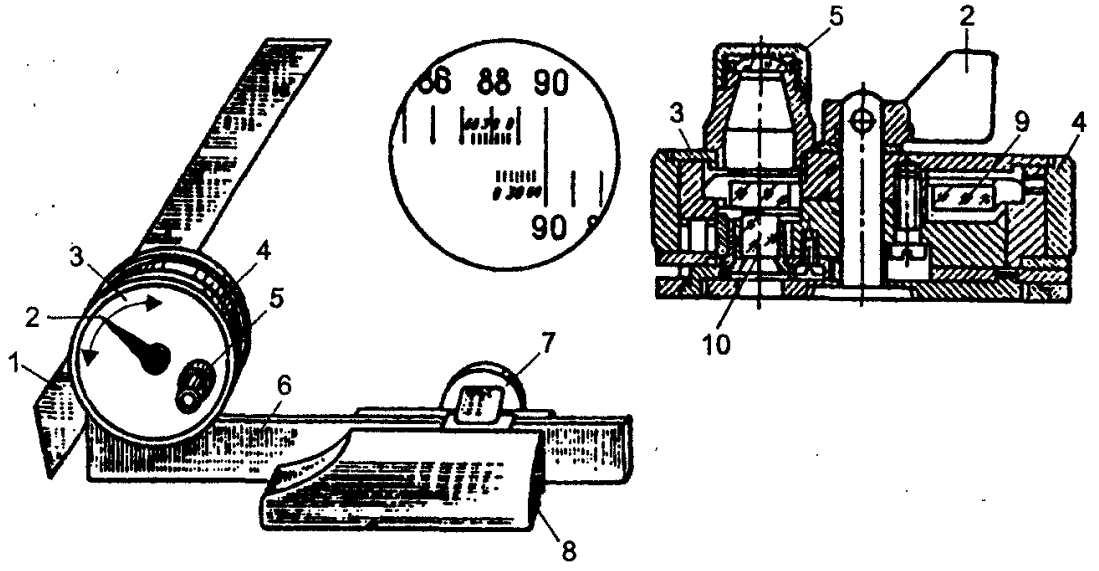


Рис. 4.24. Оптический угломер: 1 — сменная линейка; 2 — винт; 3 — крышка; 4 — корпус; 5 — отсчетная лупа; 6 — линейка; 7 — винт; 8 — сектор; 9 и 10 — линзы

Гониометры (рис. 4.25) являются наиболее точными оптическими приборами для бесконтактного измерения углов и предназначены для измерения углов между плоскими гранями, хорошо отражающими световые лучи. Измерение углов возможно как на непрозрачных, так и на прозрачных телах.

Делительные головки применяются для измерения углов при использовании устройств, фиксирующих требуемое угловое положение граней или других элементов детали. Отсчетные устройства делительных головок бывают как механическими (лимб с нониусом), так и оптическими (рис. 4.26).

Уровни служат для измерения малых угловых отклонений от горизонтальной плоскости. Наиболее распространены в промышленности жидкостные уровни. Они относятся к гониометрическим средствам измерений, так как имеют угло-

вую шкалу, нанесенную на дуге окружности. Чувствительным элементом таких уровней является стеклянная ампула с жидкостью.

Эти приборы предназначены как для измерения углов отклонения от горизонтали (природного эталона), так и для установки поверхности изделия в заданном относительно горизонтали положении.

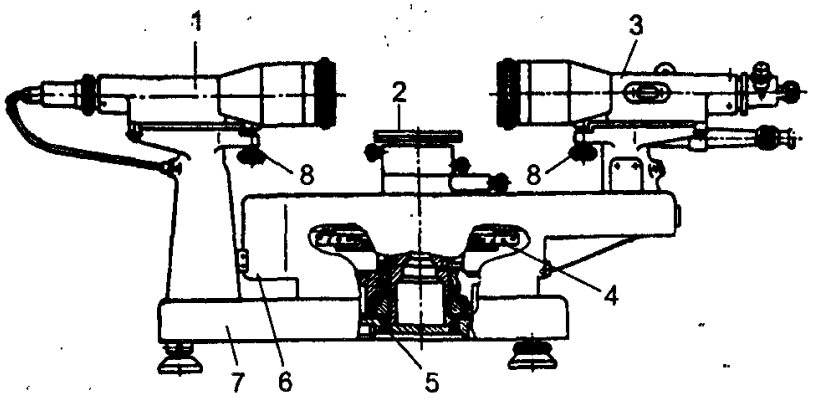


Рис. 4.25. Схема гониометра: 1 — коллиматор; 2 — столик; 3 — зрительная труба; 4 — лимб; 5 — вертикальная ось; 6 — алидада; 7 — основание; 8 — юстировочные винты

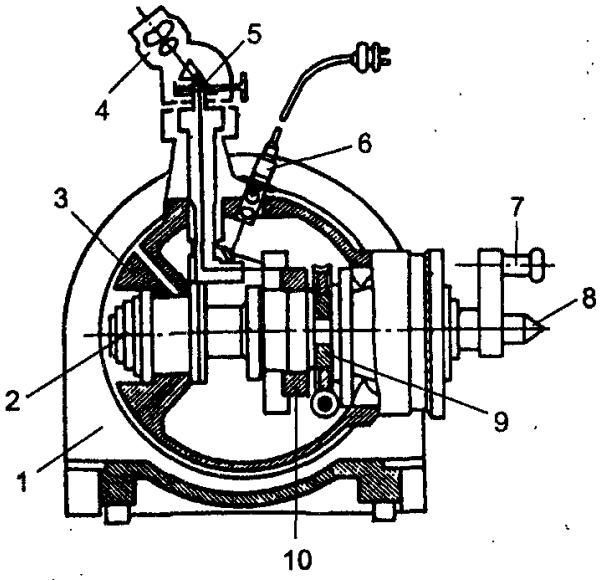


Рис. 4.26. Делительная оптическая головка: 1 — неподвижный корпус; 2 — шпиндель; 3 — подвижный корпус; 4 — окуляр; 5 — нониусное устройство; 6 — источник света; 7 — хомутик; 8 — центр; 9 — червячное колесо; 10 — лимб

Выпускаются брусковые и рамные уровни с ценой деления ампул 4″, 10″, 20″, 30″, которые на приборе представлены в радианной мере (0,1 мм/м соответствует 20″). В некоторых приборах ампула применяется не для измерения отклонений углов, а для определения горизонтального положения узла прибора, в который она встроена.

В микрометрических уровнях показания снимают по микрометрическому винту, перемещающему ампулу. Микрометрические уровни выпускаются типа 1 с ценой деления 2″ и типа 2 с ценой деления 20″ (рис. 4.27).

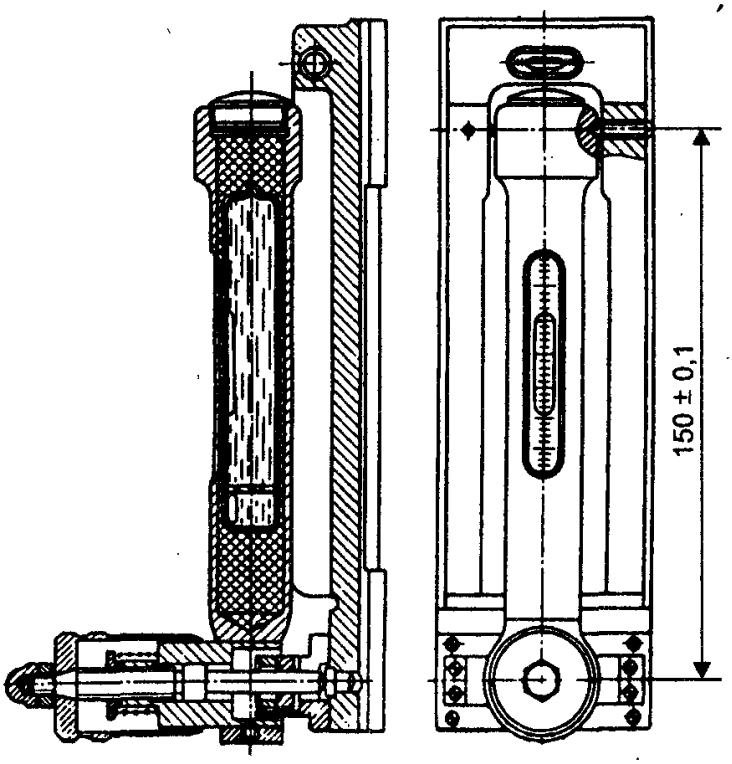


Рис. 4.27. Конструктивная схема микрометрического уровня типа 2

Промышленностью выпускаются индуктивные уровни с ценой деления 2–20″, гидростатические уровни. Для измерения углов можно использовать круговые измерительные преобразователи типа «Индуктосин», «Оптосин» (круговые перемещения преобразуются в электрический сигнал), а также кольцевые оптические квантовые генераторы.

Средства измерений, основанные на тригонометрическом методе. Типичными примерами реализации тригонометрических методов измерений углов являются измерения с помощью так называемых синусных линеек и координатные методы.

Синусная линейка (рис. 4.28) представляет собой простую схему: два круглых цилиндрических ролика одинакового диаметра укреплены на концах столика так, чтобы их оси были параллельными. Расстояние L между осями роликов имеет жесткий допуск и точно аттестовано. Это расстояние при установке синусной линейки на требуемый угол α имитирует гипотенузу прямоугольного треугольника. Катет этого треугольника h воспроизводится блоком плоскопараллельных концевых мер, подкладываемым под один из роликов (рис. 4.28). Рабочим углом установленной синусной линейки является угол α_1, отличающийся от расчетного на погрешность установки.

При измерении на синусной линейке (рис. 4.29) размер h блока мер, который надо подставить под ролик, чтобы наклонить столик на такой же угол α, какой должно иметь измеряемое изделие, определяют из уравнения $h = L \sin \alpha$. Затем блок подставляют под ролик, к которому направлена вершина измеряемого угла.

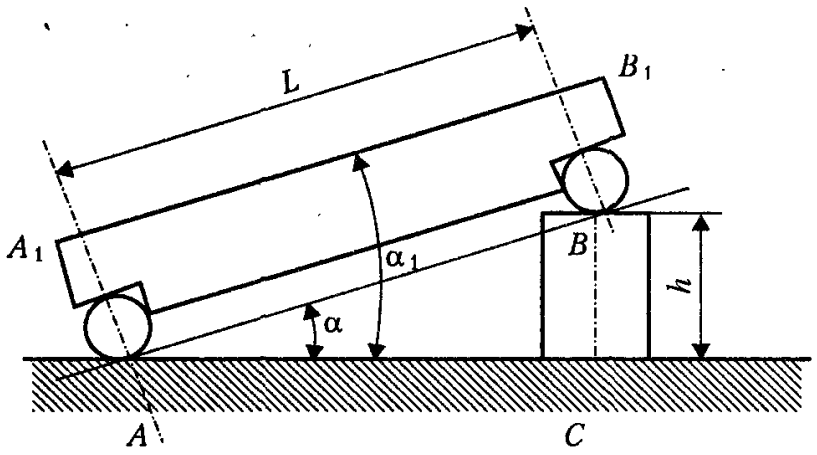


Рис. 4.28. Схема установки синусной линейки на требуемый угол

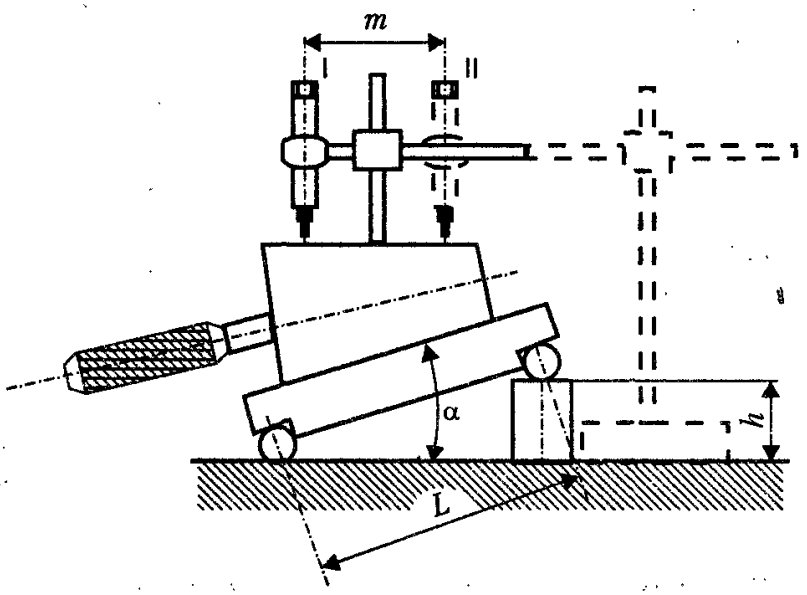


Рис. 4.29. Схема измерения угла конуса на синусной линейке

Измерение угла α заключается в определении отклонения в положениях I и II от указанной параллельности, что делают чаще всего с помощью контактной измерительной головки (оптиметра, пружинной головки и т. д.), укрепленной на универсальной стойке.

Стандартные синусные линейки изготовляют трех типов: без опорной плиты (тип I); с опорной плитой (тип II) и двухнаклонные во взаимно перпендикулярных направлениях (тип III). Линейки каждого типа имеют два класса точности: 1 и 2.

Синусную линейку можно применять и для измерения внутренних углов, например, конусных отверстий. Для этого необходимо иметь рычаг, вводимый в измеряемое отверстие.

Использование роликов и шариков для измерения наружных и внутренних конусов. При известных диаметрах шариков и роликов, а также высоте h блока плоскопараллельных концевых мер измеряют размеры l_1 и l_2 (рис. 4.30) и рассчитывают искомый угол конуса.

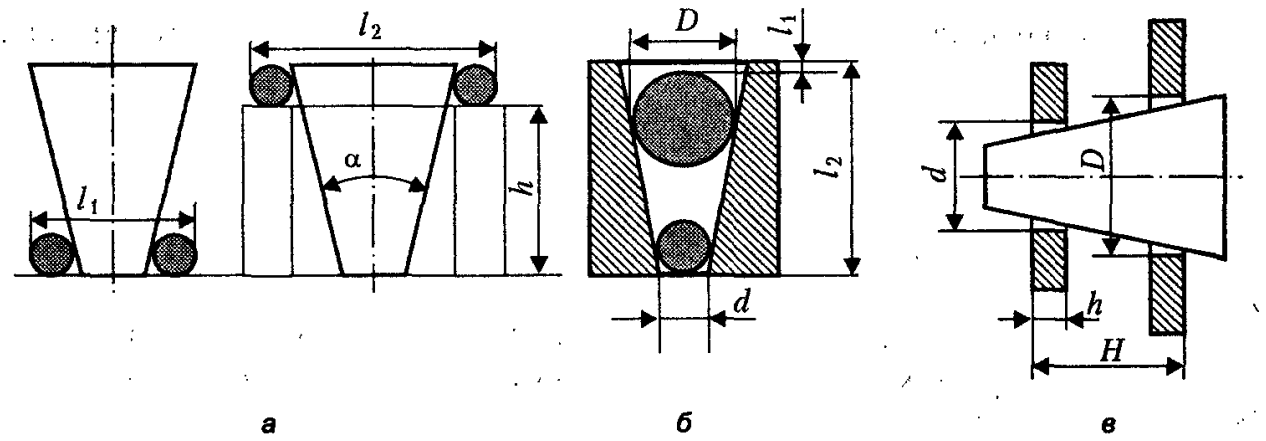


Рис. 4.30. Схемы для измерения углов конусов

По схеме, приведенной на рис. 4.30, *а*, угол определяется по формуле

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=\frac{l_2-l_1}{2h},$$

а по схеме, приведенной на рис. 4.30, *б*, — по формуле

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{D-d}{2(l_2-l_1)-(D+d)}.$$

По такому же принципу измеряют конусность с помощью двух калиброванных колец с заранее известными диаметрами D, d и толщиной h (рис. 4.30, *в*). Расстояние H измеряют после надевания колец на конус.

Угол рассчитывают по формуле

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=\frac{D-d}{2(H-h)}.$$

4.3. Альтернативный метод контроля изделий

Альтернатива (от лат. *alter* — один из двух) означает «каждая из исключающих друг друга возможностей».

Контроль по альтернативному признаку — это контроль по качественному признаку, в ходе которого каждую проверенную единицу продукции относят к категории годных или дефектных. При этом методе устанавливается факт соответствия контролируемого параметра контрольному нормативу.

Альтернативный контроль может быть: элементным или комплексным; одно- и многомерным; неавтоматическим, механизированным, полуавтоматическим, автоматическим; пассивным или активным.

Альтернативный контроль осуществляется измерительными средствами, специально предназначенными для этой цели.

На схеме (рис. 4.31) приведена классификация средств и методов альтернативной проверки годности параметров изделий. При альтернативной проверке наи-

более широко используются калибры. Большинство видов и конструкций калибров стандартизовано.

4.3.1. Калибры для гладких цилиндрических деталей

Для контроля гладких цилиндрических изделий типа валов и втулок, особенно в крупносерийном и массовом производстве, широко применяют предельные гладкие калибры (ГОСТ 2216–84). Калибры для валов называются скобами, а для отверстий — пробками. Комплект калибров состоит из проходного и непроходного (рис. 4.32, *а*).

Годность деталей с допуском от *IT*6 до *IT*17, особенно при массовом и крупносерийном производствах, наиболее часто проверяют предельными калибрами. Комплект рабочих предельных калибров для контроля размеров гладких цилиндрических деталей состоит из *проходного калибра* ПР (им контролируют предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта) и *непроходного калибра* НЕ (им контролируют предельный размер, соответствующий минимуму материала проверяемого объекта).

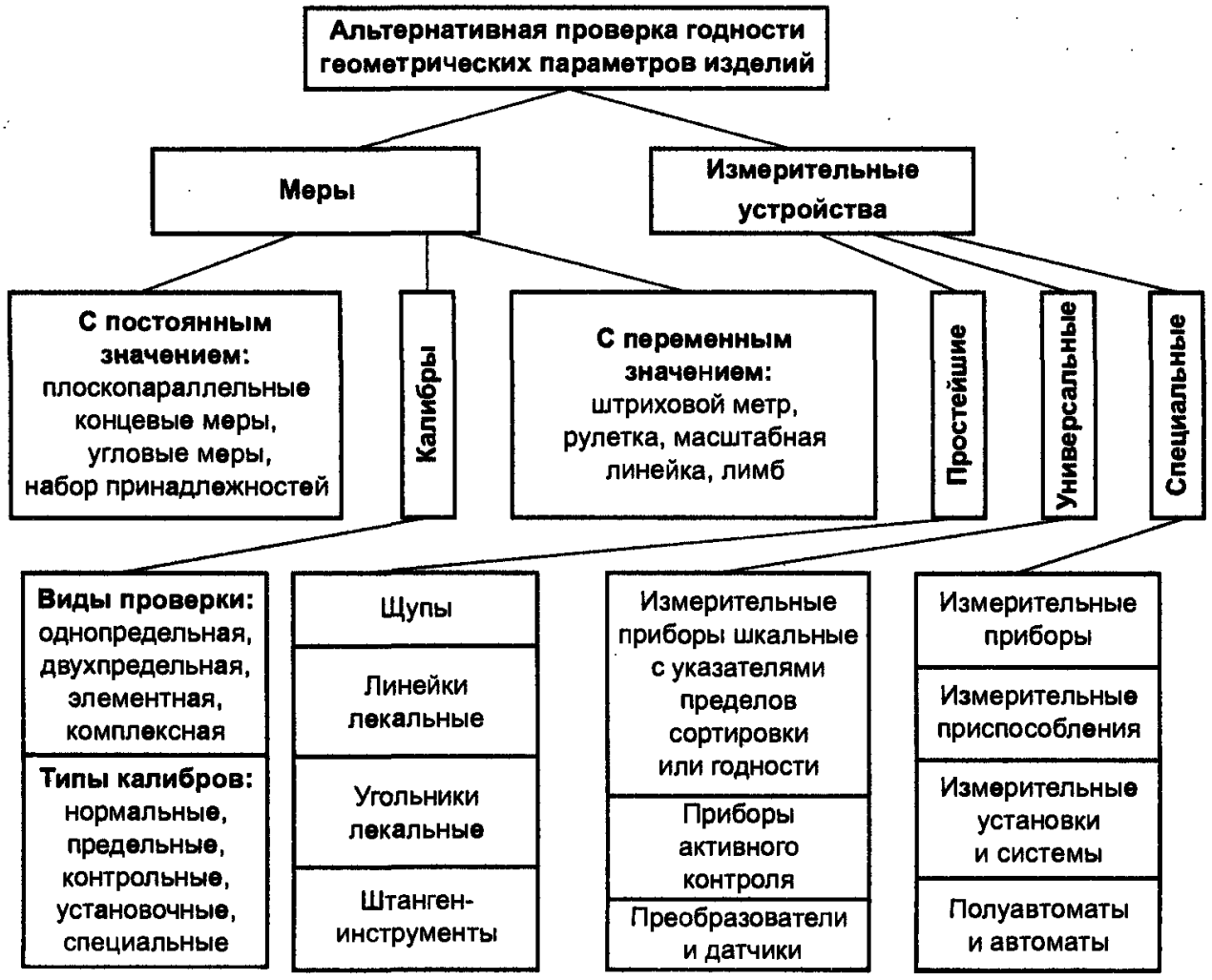


Рис. 4.31. Классификация средств и методов альтернативной проверки годности параметров изделий

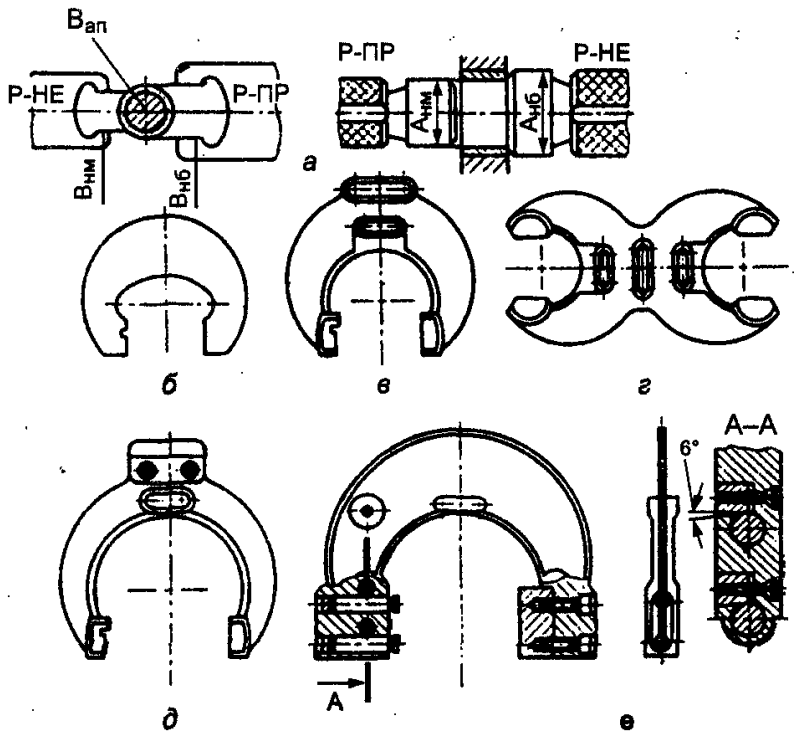


Рис. 4.32. Контроль цилиндрических валов и втулок гладкими предельными калибрами: *а* — схема контроля вала скобами и отверстия пробками; *б* — скобы листовые двусторонние от 1 до 70 мм; *в* — скобы штампованные односторонние от 1 до 50 мм; *г* — скобы штампованные двусторонние от 3 до 100 мм; *д* — скобы штампованные односторонние с ручками от 100 до 325 мм; е —скобы, регулируемые до 330 мм

Деталь считают годной, если проходной калибр (проходная сторона калибра) под действием собственного веса или усилия, примерно равного ему, проходит, а непроходной калибр (непроходная сторона) не проходит по контролируемой поверхности детали. В этом случае действительный размер детали находится между заданными предельными размерами.

Рабочие калибры ПР и НЕ предназначены для контроля изделий в процессе их изготовления. Этими калибрами пользуются рабочие и контролеры ОТК завода-изготовителя, причем в последнем случае применяют частично изношенные калибры ПР и новые калибры НЕ.

Для установки регулируемых калибров-скоб и контроля нерегулируемых калибров-скоб применяют *контрольные калибры* К–И, которые являются непроходными и служат для изъятия из эксплуатации вследствие износа проходных рабочих скоб. Несмотря на малый допуск контрольных калибров, они все же искажают установленные поля допусков на изготовление и износ рабочих калибров, поэтому контрольные калибры по возможности не следует применять. Целесообразно, особенно в мелкосерийном производстве, контрольные калибры заменять концевыми мерами или использовать универсальные измерительные приборы.

Валы и отверстия с допуском *IT*5 и точнее не рекомендуется проверять калибрами, так как они вносят большую погрешность измерения. Такие детали проверяют универсальными измерительными средствами.

Для снижения затрат на калибры стремятся увеличить их износостойкость. Так, износостойкость калибров, оснащенных твердым сплавом, в 50 150 раз выше по

сравнению с износостойкостью стальных калибров и в 25–40 раз выше по сравнению с износостойкостью хромированных калибров при повышении стоимости калибров только в 3–5 раз.

Для контроля валов используют главным образом скобы. Наиболее распространены односторонние двухпредельные скобы. Применяют также регулируемые скобы, которые можно настраивать на разные размеры, что позволяет компенсировать износ и использовать одну скобу для измерения размеров, лежащих в определенном интервале. Регулируемые скобы по сравнению с жесткими имеют меньшую точность и надежность, поэтому их чаще применяют для контроля изделий квалитета 8 и грубее.

При конструировании предельных калибров для гладких, резьбовых и других деталей следует соблюдать *принцип подобия* Тейлора, согласно которому проходные калибры по форме должны являться прототипом сопрягаемой детали с длиной, равной длине соединения (то есть калибры для валов должны иметь форму колец) и контролировать размеры во всей длине соединения с учетом погрешностей формы деталей. Непроходные калибры должны иметь малую измерительную длину и контакт, приближающийся к точечному, чтобы проверять только собственно размер детали. Таким образом, изделие считают годным, когда погрешности размера, формы и расположения поверхностей находятся в поле допуска.

На практике приходится отступать от принципа Тейлора вследствие неудобств контроля, например, проходным кольцом, так как это требует многократного снятия детали, закрепленной в центрах станка. Вместо контроля проходными кольцами применяют многократный контроль проходными скобами с широкими измерительными поверхностями, а вместо штихмасов — непроходные калибры-пробки с малой (значительно меньше, чем у проходной пробки) шириной измерительных поверхностей.

Допуски калибров. Схемы расположения полей допусков калибров приведены на рис. 4.33 и 4.34 со следующими обозначениями: d (D) — номинальный размер изделия; d_{min} (D_{min}) — наименьший предельный размер изделия; d_{max} (D_{max}) — наибольший предельный размер изделия; T — допуск изделия.

По ГОСТ 24853–81 на гладкие калибры установлены следующие допуски на изготовление: H — допуск на изготовление калибров для отверстия (за исключением калибров со сферическими измерительными поверхностями); H_S — допуск на изготовление калибров со сферическими измерительными поверхностями для отверстия; H_1 — допуск на изготовление калибров для вала; H_P — допуск на изготовление контрольного калибра для скобы; Z — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия; Z_1 — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера изделия; y — допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия; y_1 — допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия; α — величина для компенсации погрешности контроля калибрами отверстий с размерами свыше 180 мм; α_1 — величина для компенсации погрешности контроля калибрами валов с размерами свыше 180 мм.

Для проходных калибров, которые в процессе контроля изнашиваются, кроме допуска на изготовление, предусматривается допуск на износ.

Для размеров до 500 мм износ калибров ПР с допуском до IT8 включительно может выходить за границу поля допуска детали на величину y для пробок и y_1 — для скоб; для калибров ПР с допусками от $IT9$ до $IT17$ износ ограничивается проходным пределом, то есть $y = 0$ и $y_1 = 0$.

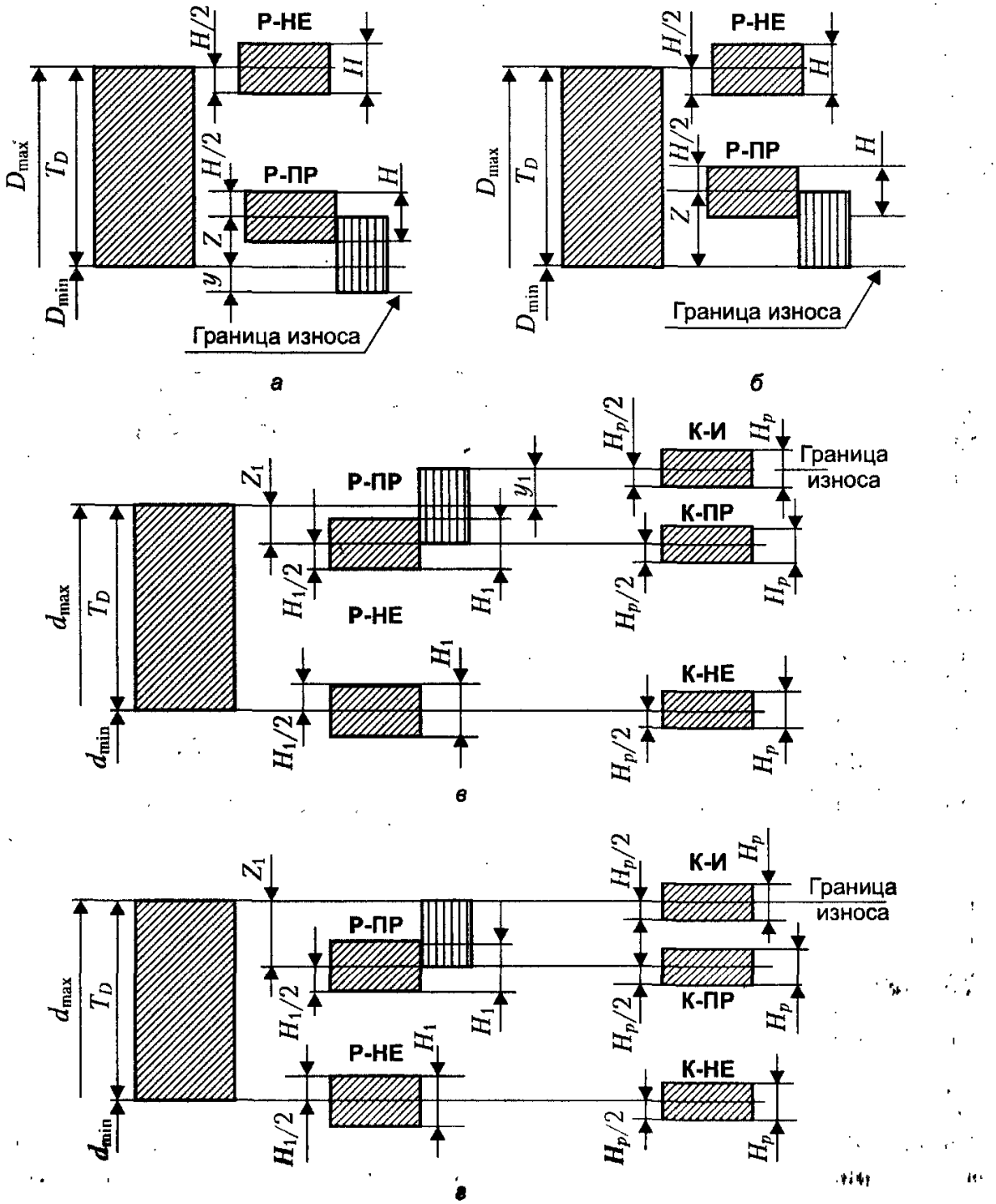


Рис. 4.33. Схемы расположения допусков калибров для номинальных размеров до 180 мм: *а* — для отверстий IT6–IT8; *б* — для отверстий IT9–IT17; *в* — для валов IT6–IT8; *г* — для валов IT9–IT17

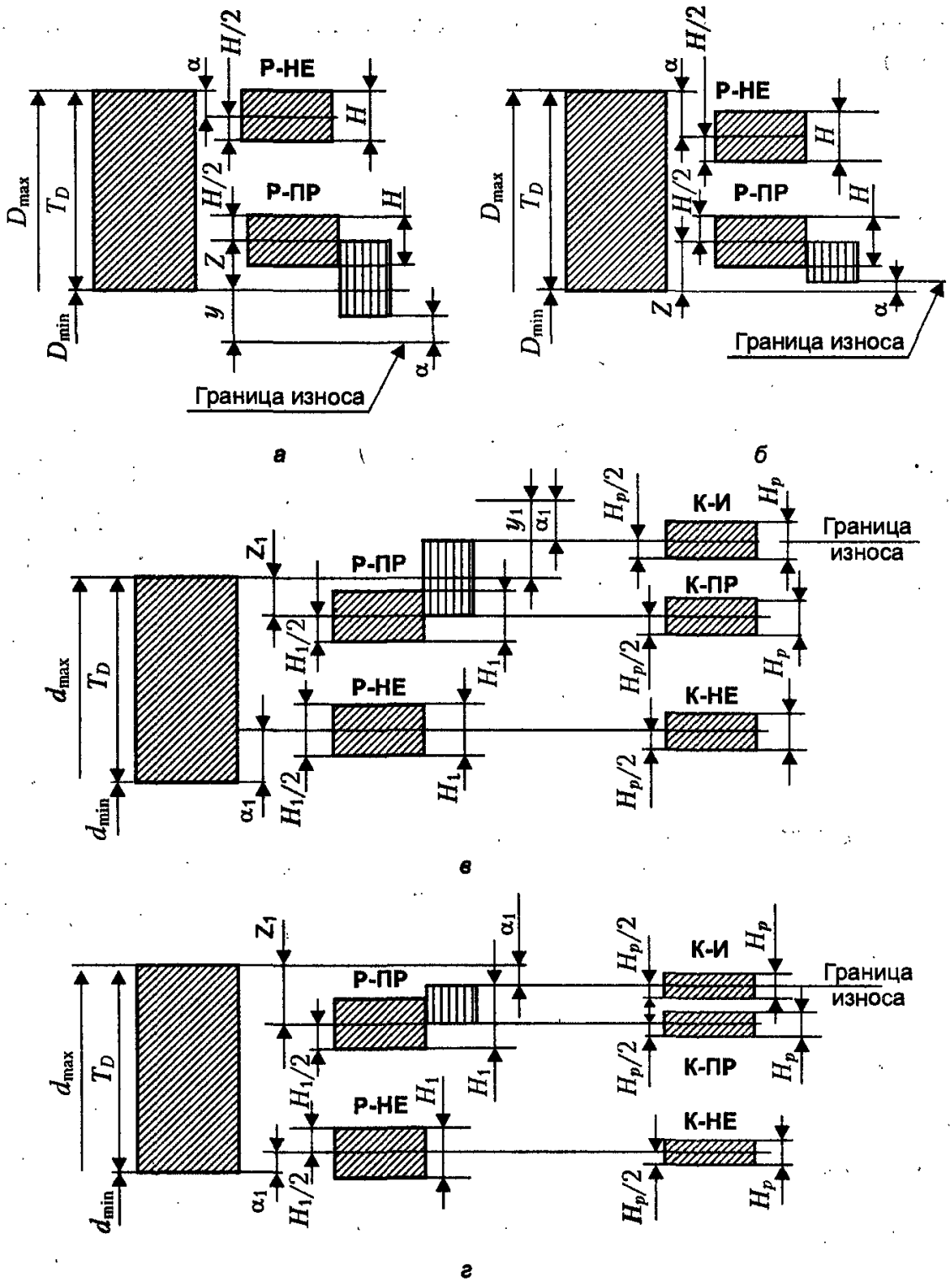


Рис. 4.34. Схемы расположения допусков калибров для номинальных размеров с 180 до 500 мм: а — для отверстий IT6–IT8; *б* — для отверстий IT9–IT17; в — для валов IT6–IT8; *г* — для валов IT9–IT17

Следует отметить, что поле допуска на износ отражает средней возможный износ калибра.

Для всех проходных калибров поля допусков H (H_S) и H_1 сдвинуты внутрь поля допуска изделия на величину Z для калибров-пробок и Z_1 — для калибров-скоб.

При номинальных размерах свыше 180 мм поле допуска непроходного калибра также сдвигается внутрь поля допуска детали на величину α для пробок и α_1 — для скоб, создавая так называемую зону безопасности, введенную для компенсации погрешности контроля калибрами соответственно отверстий и валов размером свыше 180 мм. Поле допуска калибров НЕ для размеров до 180 мм симметрично относительно верхнего отклонения детали для пробок и относительно нижнего — для скоб, то есть $\alpha = 0$ и $\alpha_1 = 0$.

Сдвиг полей допусков калибров и границ износа их проходных сторон внутрь поля допуска детали позволяет устранить возможность искажения характера посадок и гарантировать получение размеров годных деталей в пределах установленных полей допусков.

На рис. 4.35 приведены схемы нестандартных конструкций калибров. Калибр для проверки формы заданного профиля представлен на рис. 4.35, *а*. Нормальный калибр 1 используется в сочетании с гладким двухпредельным калибром-пробкой 2. На рис. 4.35, *б* представлен вариант проверки зазора *С* между калибром 2 и деталью 1. На рис. 4.35, *в* дана схема использования специального стрелочного калибра для контроля глубины детали 1. По просвету *С* контролируется мальтийский крест калибром, приведенным на рис. 4.35, *г*. Для контроля перпендикулярности с использованием щупа приведен калибр на рис. 4.35, *д*.

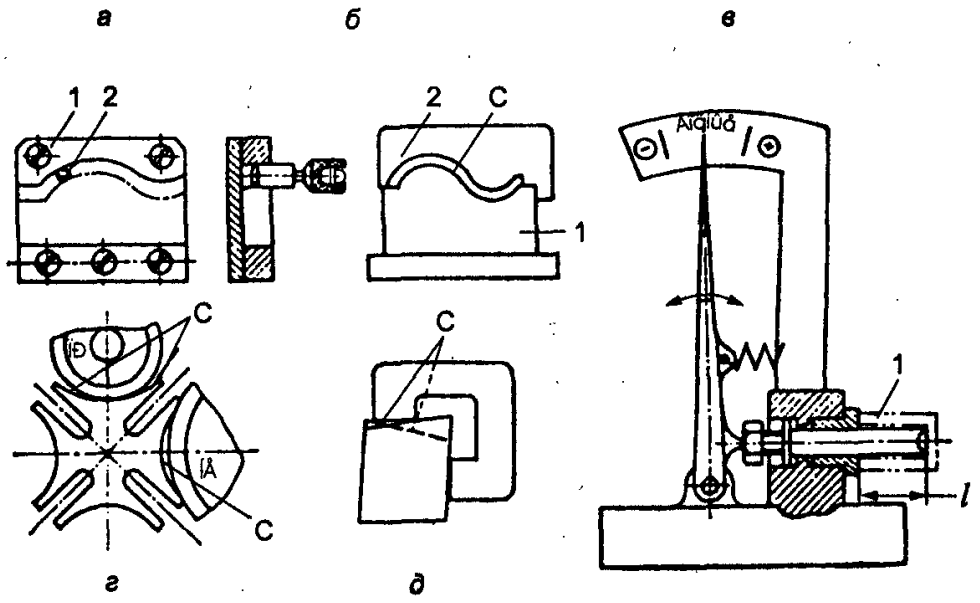


Рис. 4.35. Схемы нестандартных конструкций калибров

4.3.2. Контроль размеров высоты и глубины

По ГОСТ 25346–89 все элементы деталей разделяются на три группы: валы, отверстия и элементы, не относящиеся ни к валам, ни к отверстиям. Размеры высоты и глубины относятся к третьей группе.

На размеры высоты и глубины могут назначаться любые поля допусков, но, как правило, для них назначаются квалитеты не точнее 11-го и чаще симметричные поля допусков (Js, J).

Контроль размеров высоты и глубины можно производить универсальными измерительными средствами либо двухпредельными калибрами. В серийном производстве, как правило, используются калибры. Конструкции и принципы действия таких калибров приведены на рис. 4.36. В данных калибрах используются следующие методы: «*световой щели*» (или «на просвет») — на калибрах, показанных на рис. 4.36, *а–в*; «*надвигания*» — на калибрах рис. 4.36, *г–е*; «*осязания*» — на калибрах рис. 4.36, *ж, з*; «*по рискам*» — на рис. 4.36, *и, к*.

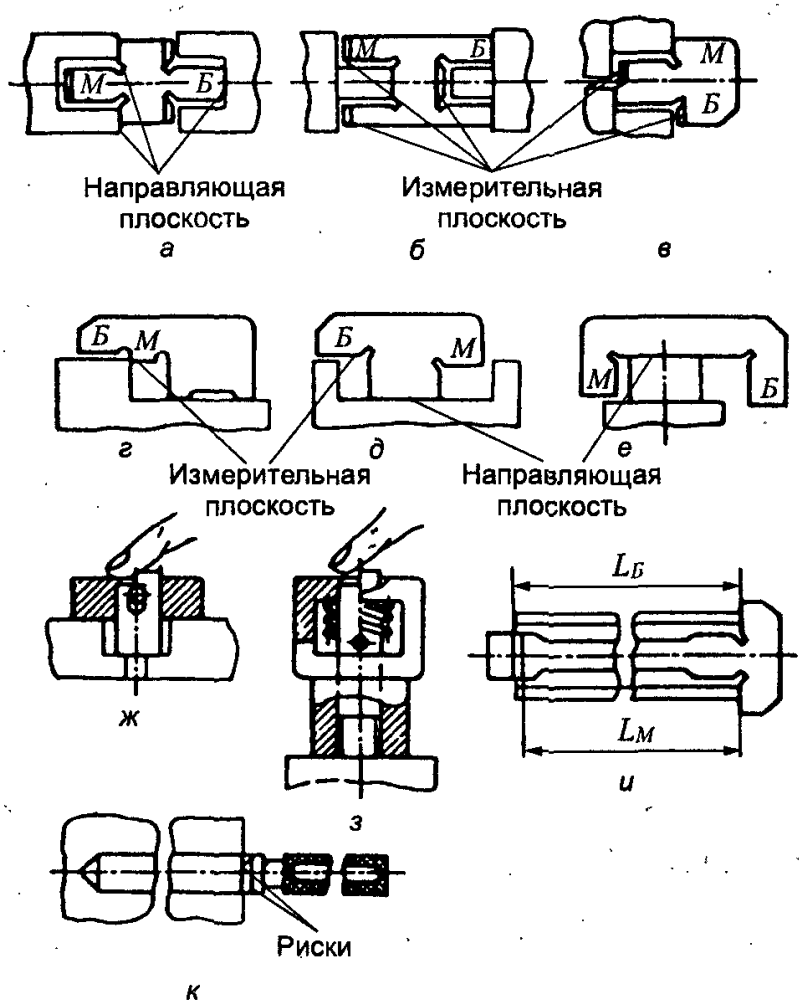


Рис. 4.36. Схемы калибров для контроля высоты и глубины

Конструкции, размеры и допуски калибров для контроля высоты и глубины устанавливает ГОСТ 2534–77 «Калибры предельные для глубин и высот уступов. Допуски». По этому госстандарту стандартизованы конструкции калибров типов, изображенных на рис. 4.36, *а–е*.

Предельные стороны калибров обозначаются буквами *Б* (большая) и *М* (меньшая). Каждая из сторон калибров (*Б* и *М*) должна иметь лезвиеподобную грань для уменьшения погрешностей контроля (рис. 4.36, *а–в*) вследствие неровностей на обработанных поверхностях и плоскую грань (направляющую), улучшающую условия оценки величины просвета. При контроле размеров уступов плоских деталей удобны калибры, изображенные на рис. 4.36, *г, д*. При контроле уступов на

точеных деталях удобны калибры (рис. 4.36, *е, з*). Для контроля размеров глубин целесообразно использовать калибры типов, представленных на рис. 4.36, *ж, к*. Калибрами по методу «световой щели» контролируются допуски не менее 0,06 мм.

4.3.3. Контроль конусов и углов

Калибры для контроля конусов и углов могут основываться на сравнительном либо тригонометрическом методе измерения углов. На рис. 4.37 приведены схемы, разъясняющие принципы построения и использования сравнительного и тригонометрического методов при контроле. На рис. 4.37, *а* изображена схема сравнительного контроля (измерения) угла детали 1 с помощью угловой меры 3 с использованием щупа 2. Контроль гладких конических изделий конусными калибрами производится по относительному осевому перемещению *Zк* изделия и калибра в пределах осевого допуска (разность между верхним и нижним осевыми отклонениями проверяемого конуса).

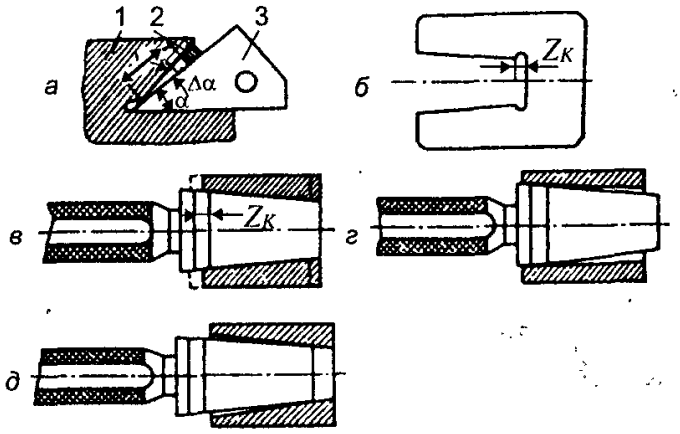


Рис. 4.37. Схемы сравнительного и тригонометрического методов контроля углов и конусов

Конструкция калибра на рис. 4.37, *б* позволяет использовать одновременно контроль сравнительным и тригонометрическим методами; *Zк* — расстояние, равное допуску базорасстояния проверяемого конуса. Сущность использования для контроля тригонометрического метода можно понять, анализируя рис. 4.37, *в–д*.

Конусный калибр-пробка (рис. 4.37, *в*) входит в деталь, имеющую конус, годный по углу и по диаметрам. На рис. 4.37, *г, д* конические поверхности не отвечают заданным требованиям.

Проверяемая деталь смещается в осевом направлении вследствие того, что больший диаметр конуса оказался больше наибольшего предельного размера, а угол конуса — меньше наименьшего предельного угла (рис. 4.37, *г*). На рис. 4.37, *д* проверяемая деталь смещается в противоположном направлении вследствие того, что больший диаметр оказался меньше, чем наименьший предельный размер, а угол конуса — больше, чем наибольший предельный размер. Соответствие угла конуса допуску дополнительно проверяют «на краску».

Для контроля гладких конических поверхностей по ГОСТ 2849–94 стандартизованы два типа калибров: тип 1 – без лапки и тип 2 – с лапкой (рис. 4.38). Ком-

плект калибров состоит из *калибра-пробки*, *калибра-втулки* и *контркалибра-пробки*. Калибр-втулка припасовывается к парному с ним калибру контрольным калибром по краске; толщина слоя краски для разных конусов колеблется в пределах от 2 до 5 мкм. Пятно контакта должно быть не менее 90%.

Контроль и измерение углов и конусов универсальными средствами изложен в п. 4.2.

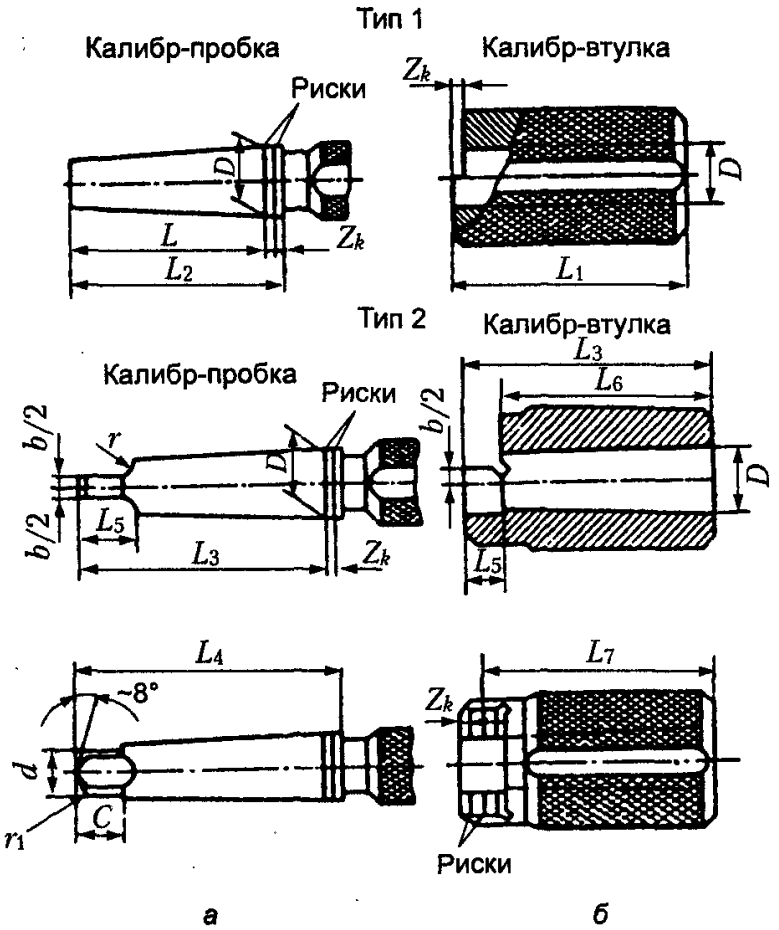


Рис. 4.38. Калибры для конических деталей

4.4. Измерения формы и расположения поверхностей

Проверка *отклонений формы* поверхностей в большинстве случаев производится путем измерения на универсальных или специальных измерительных приборах. Однако в ряде случаев оказывается целесообразным использовать методы альтернативной проверки и, в частности, применять калибры специальной конструкции (рис. 4.35, *а*, *б*).

Типы, конструкции и точность изготовления измерительных поверхностей таких калибров не стандартизованы. Принцип их конструирования и использования основывается на выполнении основного положения об отклонении формы, которое представляет собой наибольшее расстояние между точками реальной

поверхности и соответствующими точками прилегающей поверхности, определяемое по нормали к прилегающей поверхности.

Для контроля прямолинейности оси поверхностей большой протяженности используются калибры, сконструированные по принципу калибров расположения. Они представляют собой *контрдеталь* размером, соответствующим размеру проходного калибра с количеством материала, уменьшенным на величину допуска прямолинейности. Так, номинальный размер проходной пробки для контроля зависимого допуска прямолинейности

$$d_{\text{п}} = d_{\text{ПР.изн}} - T_F,$$

где $d_{\text{ПР.изн}}$ — размер полностью изношенной проходной пробки для контроля отверстия;

T_F — допуск прямолинейности оси отверстия.

Длина такого проходного калибра не должна быть меньше длины соединения.

Для измерения отклонения от прямолинейности используют *линейки поверочные* типа ЛД, ЛТ и ЛЧ; для измерения плоскостности — линейки поверочные типа ШП, ШД, ШМ и УТ. Линейки изготовляют по ГОСТ 8026–92: линейки типа ЛД, ЛТ и ЛЧ — из стали марок Х и ШХ 15; типа ШП и ШД — из стали марок У7 и 50 и типа ШМ и УТ — из серого чугуна. Согласно ТУ 2–034–806–76 линейки выпускаются хромированными. Освоен выпуск линеек поверочных из твердокаменных пород.

Для измерения плоскостности по ГОСТ 10905–86 выпускаются чугунные *поверочные плиты* и по ТУ 2–034–802–74 — плиты поверочные из твердокаменных пород (гранита, диорита, диабаза и габбро).

Измерение прямолинейности поверхностей с помощью лекальных линеек можно производить «на просвет» и методом линейных отклонений. В первом случае ребро лекальной линейки помещают на поверяемую поверхность и на глаз оценивают просвет между ними. Невооруженным глазом можно обнаружить просвет в 1–2 мкм. Во втором случае линейку укладывают на две опоры равного размера, расположенные на поверяемой поверхности, и определяют расстояние между поверяемой и рабочей поверхностями линейки с помощью щупов, концевых мер длины или специальными приборами с отсчетным устройством.

Для измерения прямолинейности вертикальных поверхностей широко используется *метод натянутой струны* [21].

Шаброванные плиты типа ШМ широко применяют в качестве образцовых поверхностей при оценке неплоскостности *по методу «пятен на краску»*. Критерием хорошей плоскостности является равномерное распределение окрашенных пятен (краска — берлинская лазурь или сажа) по всей поверхности [21].

Плоскостность можно измерить сферометром и карусельным плоскомером.

Сферометр (рис. 4.39) состоит из корпуса 1 с тремя жесткими опорами 2, 3 и 4, образующими исходную плоскость. В центре корпуса помещен микрометрический винт 5 (отсчетное устройство).

Карусельный плоскомер (рис. 4.40) имеет измерительную головку 1, которая закреплена на передвижной консоли 2, размещенной на колонке 3. Колонка 3 имеет возможность поворачиваться в кронштейне 5, который, в свою очередь, пово-

рачивается вокруг колонки 4, связанной с основанием 6. Перед началом измерения, регулируя винты 7, добиваются, чтобы показания головки 1 в трех базовых точках, определяющих исходную плоскость, были равны нулю. Затем, вращая кронштейн 5 и колонку 3, можно измерять плоскостность в любой точке измеряемой поверхности 8 в радиусе r.

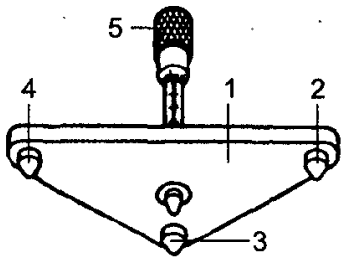


Рис. 4.39. Сферометр

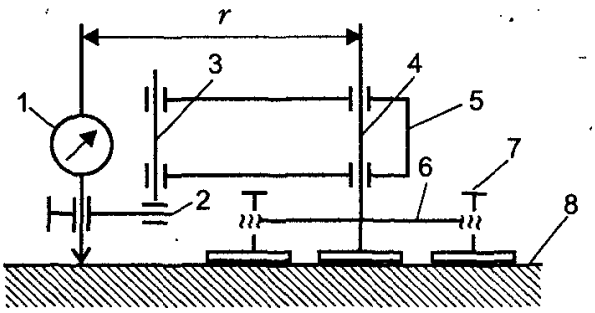


Рис. 4.40. Схема карусельного плоскомера

Проверка *отклонений расположения* может осуществляться универсальными измерительными средствами либо калибрами расположения.

Нашли применение системы одноэтапного и двухэтапного контроля расположения с помощью комплексных калибров.

Конструкции калибров могут быть различными и определяются конструкцией детали и положением контролируемых поверхностей. Калибры могут быть цельными и составными.

Расчет размеров комплексных калибров для одноэтапной, наиболее распространенной схемы контроля, осуществляется в соответствии с ГОСТ 16085–80.

4.5. Контроль и измерение шероховатости

При контроле и измерении шероховатости поверхностей пользуются методом визуальной оценки, контактными и бесконтактными профильными методами, к которым относятся: методы светового сечения, теневой проекции, микроинтерференционный и растровый методы. В тех случаях, когда не представляется возможным непосредственно измерить шероховатость поверхности, с измеряемой поверхности снимают слепок и определяют параметры шероховатости поверхности по слепку.

При *визуальной оценке* поверяемую поверхность сравнивают с образцами шероховатости поверхности, которые выпускают по ГОСТ 9378–93 (ИСО 2632–1–85 и ИСО 2632–2–85). *Образцы шероховатости* изготовляют плоскими или цилиндрическими с поверхностью сравнения не менее 30 × 30 мм. На каждом образце наносят номинальное значение параметра *Ra* в микрометрах. По требованию заказчика вместе с параметром *Ra* может быть нанесено действительное значение параметра *Rz* как справочное. Образцы шероховатости комплектуются в наборы или изготовляются отдельными образцами по видам обработки и материалам, из которых они изготовлены. Сравниваемые поверхности и образцы шероховатости должны иметь тот же вид обработки и материал.

Сравнение поверхностей детали и образца невооруженным глазом дает удовлетворительные результаты только для грубых поверхностей (приблизительно от *Ra* = 0,6 – 0,8 мкм и более). Точность при визуальной оценке шероховатости может быть повышена в случае применения лупы или микроскопов сравнения, например, микроскопа модели МС-48. В некоторых случаях можно производить сравнение поверяемой поверхности с поверхностью специально изготовленных образцовых деталей.

К приборам, которые производят измерение контактным профильным методом, относятся профилографы и профилометры. *Профилографы* регистрируют координаты профиля поверхности на записывающем приборе. *Профилометры* измеряют параметры шероховатости и фиксируют их на шкале. В России профилографы и профилометры выпускаются по ГОСТ 19300–86 заводом «Калибр». В некоторых моделях профилографы и профилометры объединены в одном приборе. В качестве щупа в них используется острозаточенная алмазная игла, перемещающаяся по неровностям. Механические колебания иглы преобразуются в электрический сигнал. Радиус кривизны вершины иглы выбирается из ряда 2^{+2}; 5±1; 10±2,5 мкм.

Отечественной промышленностью освоен ряд моделей профилометров и профилографов: модели 201 и 252 для лабораторных условий, а модели 253, 283 и др. — для цеховых условий.

На рис. 4.41 представлен общий вид профилометра для измерения в цеховых условиях модели 283. На основании 7 закреплена колонка, на которой расположен привод 3 с измерительным преобразователем 2. На рычаге преобразователя закреплена алмазная ощупывающая игла 1. На основании 7 также располагаются различные приспособления для установки и ориентации деталей, подлежащих измерению (например, призма 8). Сигнал от преобразователя усиливается, проходит фильтры отсечек шага, детектируется, интегрируется и фиксируется стрелочным прибором 6. Показывающий стрелочный прибор расположен на передней панели электронного блока 4, на котором размещены также тумблер включения прибора в сеть, сигнальные лампы движения преобразователя по измеряемой поверхности, переключатели 5 диапазонов измерения и кнопка хода пуска преобразователя.

Профилографы и профилометры выпускают также зарубежные фирмы: «Рэнк Тэйлор Гобсон» (Англия) выпускает прибор «Тэлисурф-4» с компьютером, обеспечивающий автоматическую поверку увеличений, калибровку и хранение в оперативной памяти информации о профиле поверхности, что позволяет опреде-

лять за один проход значения всех параметров шероховатости, а также приборы типа «Суртроник-3» для измерения параметра Ra в цеховых условиях и типа «Телисурф-10» для высокоточных измерений различных параметров шероховатости; фирма «Мицутойо» (Япония) выпускает прибор типа «Сурфтест 3», предназначенный для измерения параметра Ra и записи профиля в прямоугольной системе координат на бумажную ленту; фирма «Хоммельверке» (ФРГ) выпускает профилометр-профилограф типа «Хоммель-Тестер Т10» для лабораторных условий, профилометр типа «Хоммель-Тестер Р5» с пьезоэлектрическим преобразователем и батарейным питанием для цеховых условий, а также профилометр-профилограф типа «Хоммель-Тестер Т2» для работы в цеховых и лабораторных условиях.

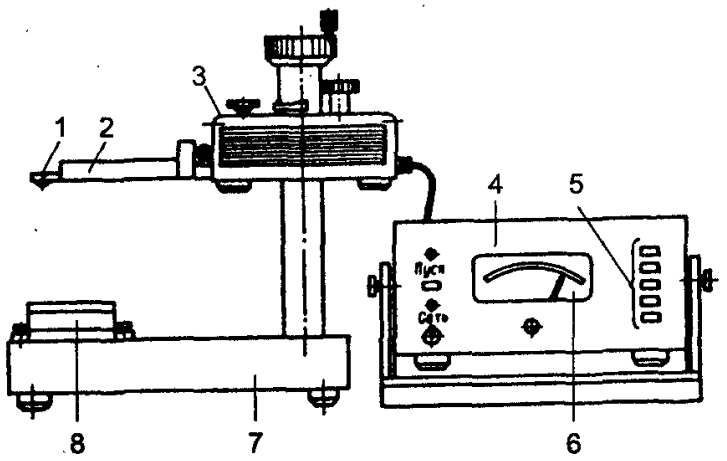


Рис. 4.41. Профилометр модели 253

Бесконтактный контроль параметров шероховатости осуществляют с помощью приборов светового сечения типа МИС-11 и ПСС-2, микроинтерферометров типа МИИ-4 и имерсионно-репликовых микроинтерферометров МИИ-10, МИИ-9, МИИ-11, МИИ-12, растровых измерительных микроскопов типа ОРИМ-1 и др.).

В бесконтактных приборах (типа ПСС-2 и МИС-11), принцип действия которых основан на измерении параметров проекции светового сечения исследуемой поверхности с помощью наклонно направленного к ней светового пучка (рис. 4.42, *а*), световой луч проходит через диафрагму 1 с узкой щелью и конденсор 2 и проецирует световую полоску поверхности 3 объективом 4 в фокальную плоскость окуляра 5. Высоту микронеровностей измеряют с помощью окуляра-микрометра (рис. 4.42, *б*).

Принцип действия приборов теневого сечения аналогичен принципу действия приборов светового сечения. В приборах теневого сечения рассматривается тень, искривленная неровностями поверхности. Тень создается ножом, прикладываемым к поверяемой поверхности.

Принцип действия интерферометров основан на использовании явления интерференции света, отраженного от образцовой и исследуемой поверхностей. Форма образующихся интерференционных полос зависит от вида и высоты (до 1 мкм) неровностей контролируемой поверхности.

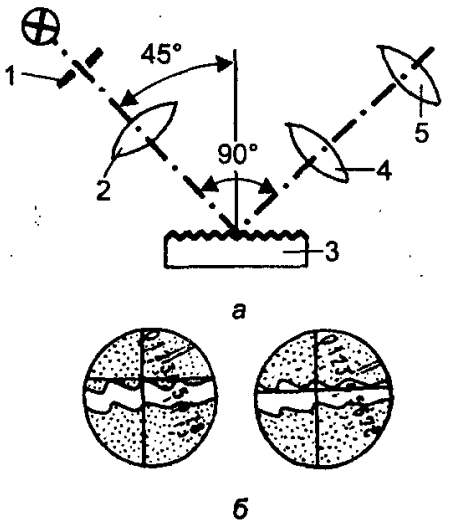


Рис. 4.42. Схема двойного микроскопа: *а* — оптическая схема; *б* — поле зрения

Принцип действия растровых микроскопов основан на явлении образования муаровых полос при наложении изображений элементов двух периодических структур (направленных следов обработки и дифракционной решетки). При наличии неровностей муаровые полосы искривляются. Высоту микронеровностей определяют по степени искривления муаровых полос.

4.6. Контроль и измерение резьбы

Точность резьбы можно контролировать *дифференцированным* (контроль каждого параметра в отдельности) и *комплексным* (контроль расположения контура резьбы в предписанном поле допуска) методами. Метод контроля каждого параметра резьбы в отдельности (среднего диаметра, шага и угла профиля) трудоемок, поэтому его применяют для точных резьб: ходовых винтов, резьбовых калибров, метчиков и т. п. Иногда по результатам контроля отдельных параметров судят (после вычислений) о комплексном параметре, например, о приведенном среднем диаметре резьбы. Комплексный контроль резьб выполняют либо с помощью предельных калибров, либо с помощью проекторов и шаблонов с предельными контурами.

4.6.1. Контроль резьбы калибрами

В систему калибров входят рабочие гладкие и резьбовые проходные (Р-ПР) и непроходные (Р-НЕ) калибры, а также контркалибры (КПР-ПР, КНЕ-ПР, У-ПР, КНЕ-НЕ, КИ-НЕ, У-НЕ) для проверки и регулирования (установки) рабочих резьбовых скоб и колец.

Свинчиваемость рабочего резьбового проходного калибра с резьбой или вхождение на нее скобы означает, что приведенный средний, наименьший внутренний для болта и наибольший наружный для гайки диаметры не выходят за проходные предельные значения. Непроходными резьбовыми калибрами контролируют только собственно средний диаметр резьбы — в случае годности резьбы они не должны свинчиваться с проверяемой резьбой более, чем на два оборота.

Резьбу гаек проверяют с помощью предельных резьбовых калибров — пробок, резьбу болтов — жесткими или регулируемыми резьбовыми кольцами или скобами.

Проходные резьбовые калибры (ПР) имеют полный профиль и длину свинчивания. Они являются как бы прототипами сопрягаемых деталей. Ими контролируют приведенный средний диаметр и одновременно наибольший внутренний диаметр наружной резьбы и наименьший наружный диаметр внутренней резьбы. Непроходные резьбовые калибры (НЕ) имеют укороченный профиль и служат для проверки собственно среднего диаметра резьбы — наименьшего для болта и наибольшего для гайки.

Наружный диаметр наружной резьбы и внутренний диаметр внутренней резьбы контролируют гладкими калибрами или универсальными средствами измерений.

Резьбовые и гладкие калибры для метрической резьбы цилиндрической и конической, трубной цилиндрической, соединяемой с трубной конической, изготовляются по ГОСТ 24939–81.

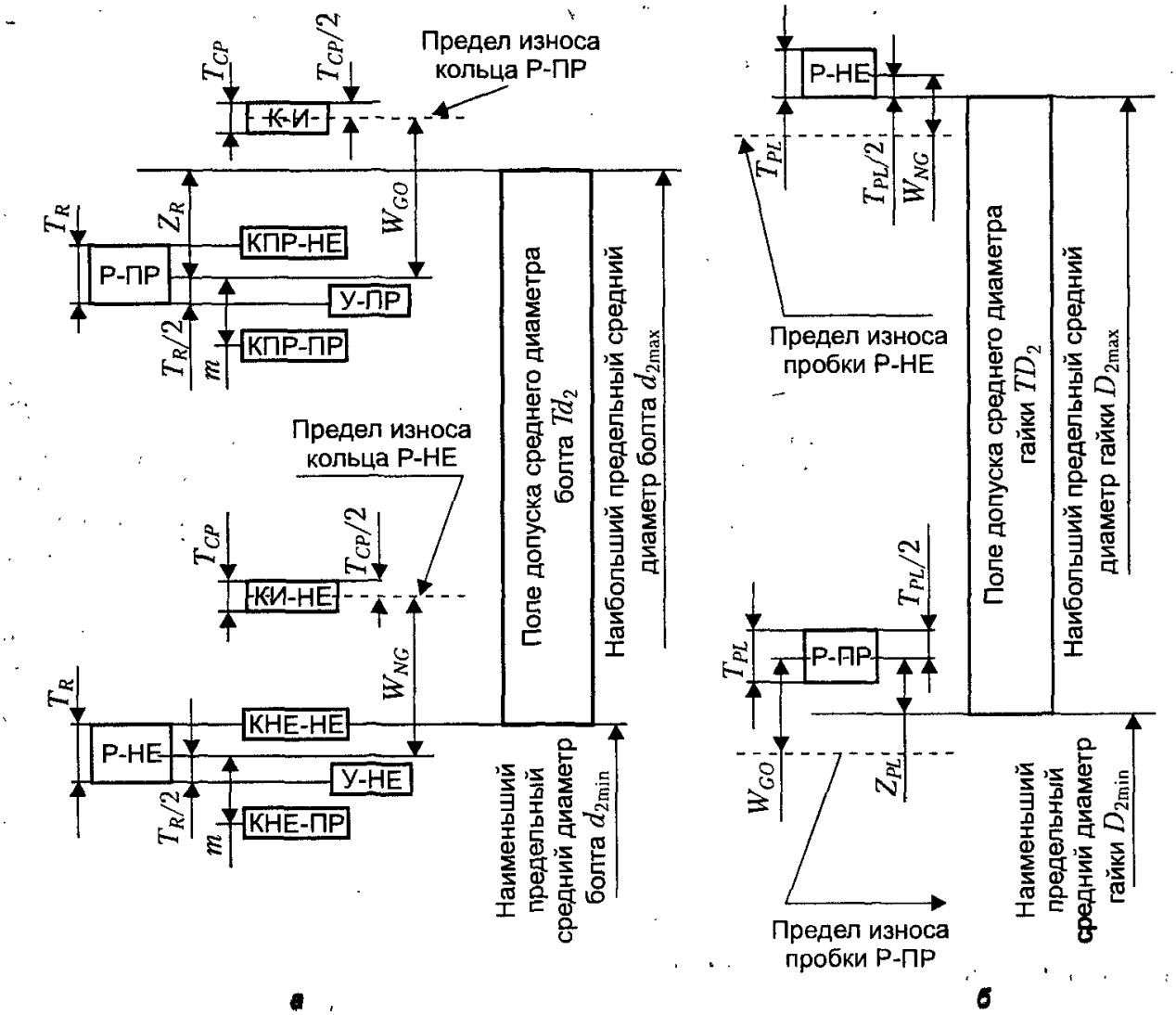


Рис. 4.43. Схемы полей допусков резьбовых калибров

Износ калибра-кольца контролируется контрольным калибром-пробкой К–И. Калибр-скоба Р–ПР устанавливается по контркалибру-пробке У–ПР, а Р–НЕ — по контркалибру-пробке У–НЕ.

Допуски резьбовых калибров. Расположение полей допусков среднего диаметра калибров для контроля наружной резьбы показано на рис. 4.43, *а*, внутренней — на рис. 4.43, *б*. Допуски и величины, определяющие положение полей допусков и предел износа калибров, регламентируются по ГОСТ 24997–81. Допуски всех контркалибров, приведенных на рис. 2.43, одинаковы и равны T_{CP}.

Обозначения: T_{PL} — допуск наружного и среднего диаметра резьбового проходного и непроходного калибров-пробок; T_R — допуск внутреннего и среднего диаметра резьбового проходного и непроходного калибров-колец; W_{GO} — величина среднедопустимого износа резьбовых проходных калибров-пробок и калибров-колец; W_{NG} — величина среднедопустимого износа резьбовых непроходных калибров-пробок и калибров-колец; F_1 — расстояние между линией среднего диаметра и вершиной укороченного профиля резьбы; Z_{PL} — расстояние от середины поля допуска T_P резьбового проходного калибра-пробки до проходного (нижнего) предела среднего диаметра внутренней резьбы; Z_R — расстояние от середины поля допуска T_R резьбового проходного калибра до верхнего предела среднего диаметра наружной резьбы.

4.6.2. Дифференцированный (поэлементный) контроль параметров резьбы

Все основные параметры резьбы (собственно средний диаметр, наружный и внутренний диаметры, шаг и угол профиля) можно контролировать с помощью универсальных или специализированных контрольных средств. При этом контролируемый параметр измеряют многократно, что позволяет путем последующей обработки результатов по известным методикам уменьшить влияние погрешностей других параметров резьбы.

Средний диаметр наружной резьбы контролируют с помощью универсальных средств без дополнительных приспособлений или с использованием резьбовых вставок, ножей, проволочек, роликов, а для внутренней резьбы — еще и шариков или оттисков.

Для малых образующих резьб при измерении среднего диаметра применяют метод трех, двух или одной проволочки (рис. 4.44), закладываемых во впадины резьбы. Таким образом, контрольное средство позволяет измерить некоторый размер M, зависящий от среднего диаметра резьбы d_2 и диаметра d_n проволочек (рис. 4.45). Для уменьшения влияния погрешностей угла профиля выбирают проволочки наивыгоднейшего диаметра $d_{n.н}$, который обеспечивает их касание со впадиной резьбы по линии среднего диаметра $d_{n.н} = 0{,}5P/\cos(\alpha/2)$. Тогда при методе трех проволочек

$$d_2 = M - \frac{d_{n.н}(1+\sin\alpha/2)}{\sin\alpha/2} + \frac{P\operatorname{ctg}\alpha/2}{2}.$$

Для метрической резьбы (α 60°)

$$d_2 \quad M \quad 3d_{n.н} \quad 0{,}866P.$$

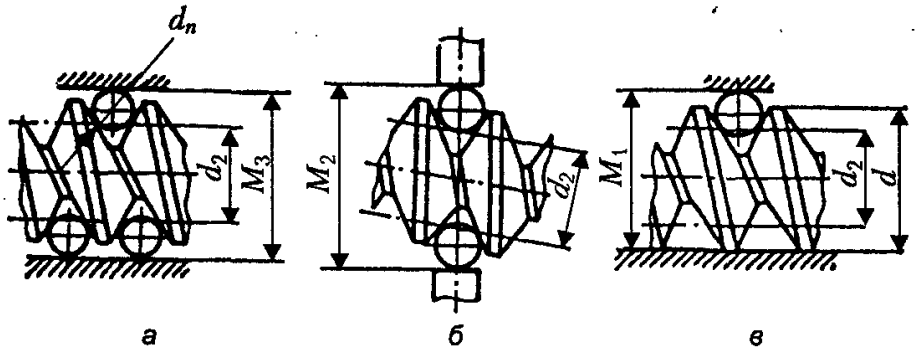


Рис. 4.44. Схемы измерения резьб методами: *а* — трех проволочек; *б* — двух проволочек; *в* — одной проволочки

В ГОСТ 8.128–74 приведена таблица для выбора $d_{п.н}$ в зависимости от типа и шага резьбы.

Для измерения размера M используют длиномеры, оптиметры, микрометры (рис. 4.46) и т. п. Для повышения точности измерения учитывают погрешности диаметра проволочек, шага, угла профиля, угла подъема резьбы, деформации витков и др. При небольшом числе витков применяют метод двух проволочек, тогда

$$d_2 = M - 3d_{\text{п.п}} + 0{,}866P - P^2/[8(M - d_{\text{п.п}})].$$

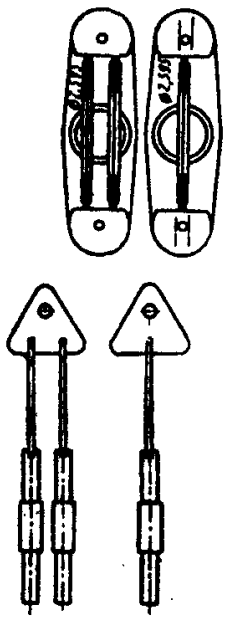


Рис. 4.45. Конструктивное выполнение проволочек

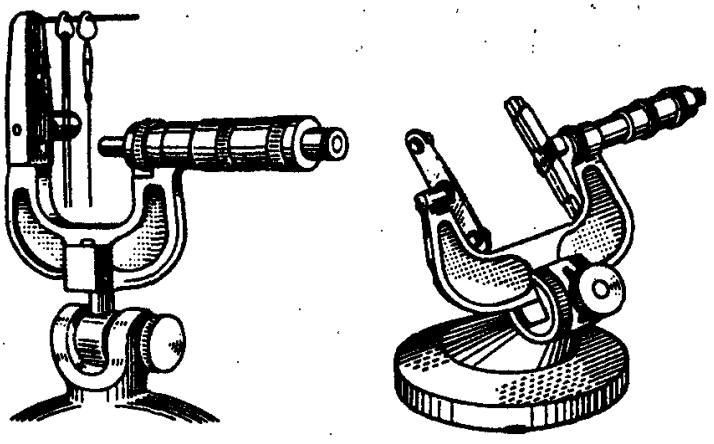


Рис. 4.46. Гладкий микрометр с проволочками для измерения резьбы

Для контроля резьб с $D > 100$ мм применяют одну проволочку.

В цеховых условиях и при ремонте используют микрометры с резьбовыми вставками (рис. 4.47). Погрешность этого метода 0,025–0,2 мм.

Шаг резьбы измеряют с помощью универсальных или специальных средств. Из универсальных средств используют главным образом микроскопы.

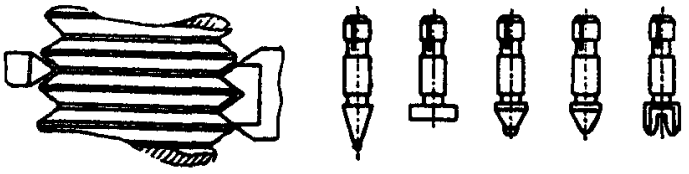


Рис. 4.47. Резьбовые вставки

Средний диаметр внутренних резьб измеряют с помощью штихмасов с резьбовыми вставками, индикаторных приборов с раздвижными полупробками или сферических вставок, а также путем получения оттисков и отливок с последующим их измерением универсальными средствами.

На рис. 4.48 изображен один из вариантов измерения среднего диаметра индикаторным нутромером с измерительными головками. Для этого на нижнюю часть трубки нутромера надевается резьбовая пробка 2, в которой расположены сферические вставки 1, раздвигаемые конусом 3, связанным через шток нутромера с измерительной головкой.

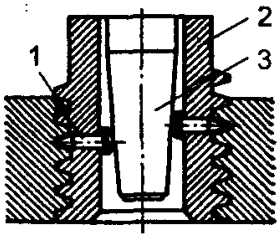


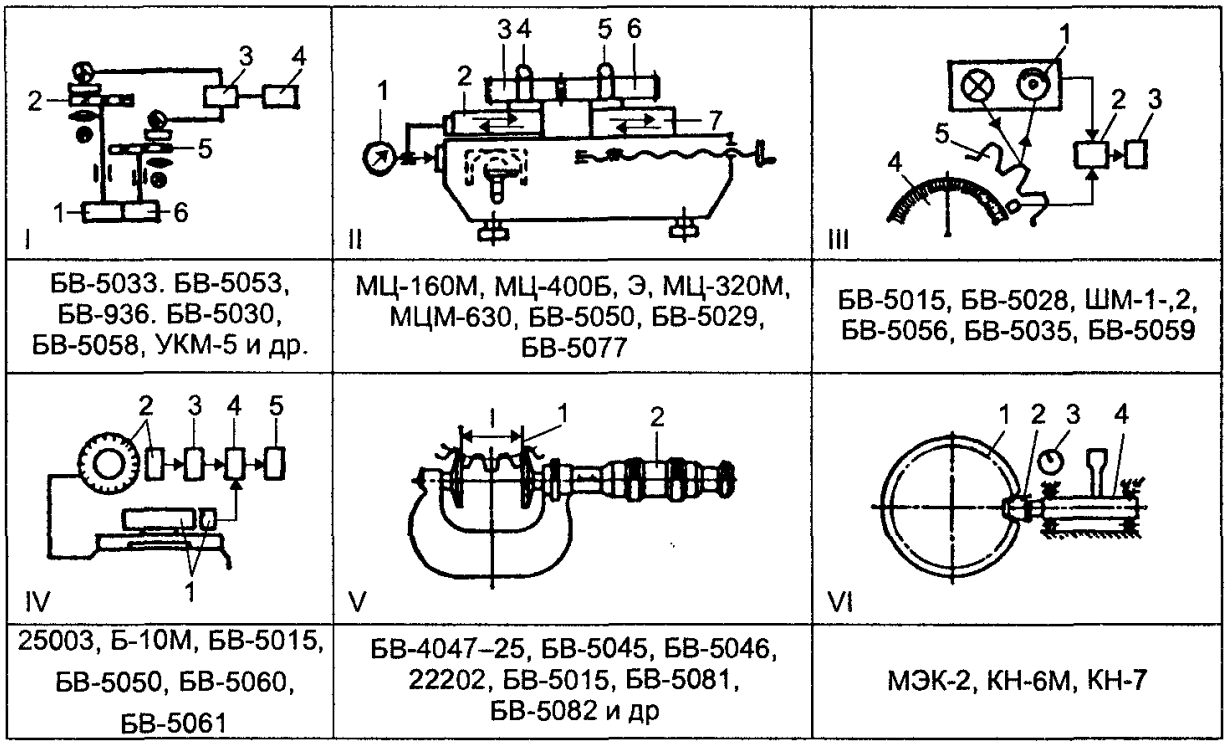
Рис. 4.48. Измерение внутренней резьбы индикаторным нутромером

Измерение среднего диаметра шариками или шариковыми наконечниками аналогично измерению проволочками. При этом используют горизонтальные и вертикальные оптиметры, индикаторы и т. п. Все параметры внутренней резьбы можно также измерять с помощью специального микроскопа ИЗК — 59 (приспособление к УИМ).

4.7. Измерение и контроль зубчатых колес и передач

Приборы для технологического контроля используют в цеховых условиях для контроля изделий и наладки зубообрабатывающего оборудования. Типы, основные параметры и нормы точности приборов для измерения цилиндрических зубчатых колес регламентированы ГОСТ 5368–81, ГОСТ 8137–81, ГОСТ 10387–81 и др.

Кинематическую погрешность контролируемых зубчатых колес 1 и 6 (рис. 4.49) в *однопрофильном зацеплении* F'_{ir} контролируют, например, на приборах со стеклянными лимбами 2 и 5, имеющими радиальные штрихи с ценой деления 2′ (схема I на рис. 4.49). Перемещение штрихов вызывает импульсы тока в фотодиодах. Сдвиг фаз импульсов, вызванный кинематической погрешностью в зубчатой паре и несогласованностью вращения зубчатых колес, определяется фазометром 3 и записывается самописцем 4.



I	II	III
БВ-5033. БВ-5053, БВ-936. БВ-5030, БВ-5058, УКМ-5 и др.	МЦ-160М, МЦ-400Б, Э, МЦ-320М, МЦМ-630, БВ-5050, БВ-5029, БВ-5077	БВ-5015, БВ-5028, ШМ-1-,2, БВ-5056, БВ-5035, БВ-5059
IV	**V**	**VI**
25003, Б-10М, БВ-5015, БВ-5050, БВ-5060, БВ-5061	БВ-4047–25, БВ-5045, БВ-5046, 22202, БВ-5015, БВ-5081, БВ-5082 и др	МЭК-2, КН-6М, КН-7

Рис. 4.49. Приборы для контроля кинематической точности

Относительно просты приборы для измерений *колебаний межцентрового расстояния* F_{ir}'' за оборот в двухпрофильном зацеплении (схема II на рис. 4.49). Эти приборы имеют оправки 4 и 5, на которые насаживают контролируемое 6 и образцовое 3 зубчатые колеса. Оправка 5 расположена на неподвижной каретке 7, положение которой может изменяться лишь при настройке на требуемое межцентровое расстояние. Оправка 4 расположена на подвижной каретке 2, которая поджимается пружиной так, что зубчатая пара 3–6 находится всегда в плотном соприкосновении по обеим сторонам профилей зубьев. При вращении зубчатой пары вследствие неточностей ее изготовления измерительное межосевое расстояние изменяется, что фиксируется отсчетным или регистрирующим прибором 1.

Накопленную погрешность шага и k шагов можно контролировать на приборе (схема III на рис. 4.49), в котором при непрерывном вращении зубчатого колеса 5 в электронный блок 2 поступают импульсы от кругового фотоэлектрического преобразователя 4, установленного на одной оси с измерительным колесом, и от линейного фотоэлектрического преобразователя 1, выдающего командный импульс при заданном положении зуба (при максимуме отраженного потока). При появлении командного импульса самописец 3 фиксирует ординату погрешностей шага колеса.

Радиальным биение зубчатого венца F_r колеса называется изменение расстояния от постоянных хорд впадин зубьев колеса до оси его вращения. Этот показатель контролируют на биениемерах (схема IV на рис. 4.49), имеющих модульные профильные наконечники 2 с углом конуса 40° для контроля наружных зубчатых колес (для контроля внутренних зубчатых колес наконечники имеют сферическую форму). Разность положений наконечников, определяемая с помощью каретки 4 и индикатора 3, характеризует биение зубчатого венца.

Колебание длины общей нормали $L - F_{r'W_r}$ контролируют на приборах, имеющих два наконечника с параллельными плоскостями и в зависимости от требуемой точности отсчетное нониусное, микрометрическое 2 или индикаторное устройство. Нормалемеры микрометрические (схема V на рис. 4.49) имеют тарельчатые измерительные наконечники, вводимые во впадины зубьев колеса 1. Особенностью контроля длины общей нормали является отсутствие необходимости базирования колеса по его оси.

Погрешность обката F_{cr} обычно выявляют на кинематомерах, позволяющих установить несогласованность движения режущего инструмента (фрезы) и заготовки зубчатого колеса (стола станка) при зубообразовании. Так, на зубофрезерных станках (схема VI на рис. 4.49) преобразователь 1 выдает импульсы, характеризующие угловое положение стола станка, а преобразователь 2 — импульсы, характеризующие положение шпинделя. Блок 3 служит для приведения масштаба импульсов высокоскоростного звена 2 к масштабу тихоходного звена 1 станка. После сравнения импульсов в устройстве 4 разность фаз, пропорциональная погрешности углового положения шпинделя относительно стола станка, регистрируется самописцем 5.

Плавность работы зубчатых колес можно выявлять при контроле местной кинематической погрешности, циклической погрешности колеса и передачи на приборах для измерения кинематической точности, в частности путем определения ее гармонических составляющих на автоматических анализаторах. С помощью поэлементных методов контролируют шаг зацепления, погрешность профиля и отклонения шага.

Шаг зацепления f_{pbr} контролируют с помощью накладных шагомеров (схема I на рис. 4.50), снабженных тангенциальными наконечниками 2 и 3 и дополнительным (поддерживающим) наконечником 1. Измерительный наконечник 3 подвешен на плоских пружинах. При контроле зубчатого венца перемещение измерительного наконечника фиксируется встроенным отсчетным устройством 4. При настройке положение наконечников 1 и 2 можно менять с помощью винтов 5.

Погрешность профиля f_{fr} выявляют на эвольвентомерах, сопоставляя теоретическую эвольвенту, воспроизводимую прибором, с реальной эвольвентой контролируемого зуба. В приборе типа БВ-5062 (схема II на рис. 4.50) теоретическая эвольвента воспроизводится образцовым сектором 1, расположенным на одной оси с контролируемым колесом. В качестве линейки обката служит каретка 3, которая связана с сектором с помощью охватывающей его ленты 2. Радиус основной окружности меняют при настройке путем изменения положения упора 4, находящегося на измерительной каретке 5. Микроскоп 6 служит для настройки прибора на требуемый радиус основной окружности.

Для измерения *отклонений шага* f_{ptr} от среднего значения по колесу используют накладные приборы (схема III на рис. 4.50), с помощью которых шаг Pt определяют как расстояние между базовым 2 и измерительным 3 наконечниками. На измеряемом колесе 4 прибор устанавливают по упорным наконечникам 1 и 5. При измерении сравнивают значения всех шагов с первоначальным шагом, отсчитываемым по шкале головки 6.

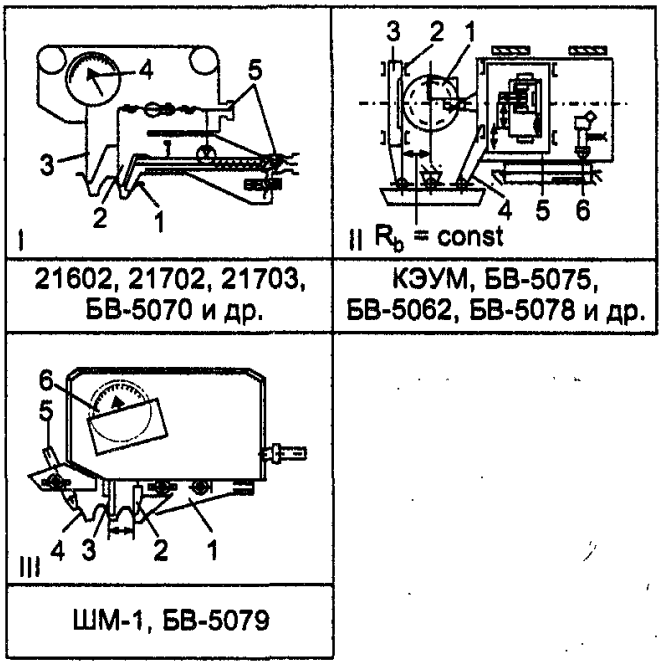


Рис. 4.50. Приборы для контроля плавности работы

Полнота контакта. Размеры *пятна контакта* определяют либо по следам приработки после некоторого периода работы передачи на контрольно-обкатных станках и приспособлениях, либо по следам краски, оставившей отпечаток на парном колесе. С помощью поэлементных методов измеряют осевой шаг по нормали, отклонение направления зуба, погрешность формы и расположения контактной линии и др. Так, на приборе БВ-5028 (схема I на рис. 4.51) можно контролировать несколько параметров зубчатых колес — *отклонения контактной линии* F_{kr}, *осевого шага* F_{pxnr} и *погрешности шага.* Каретка с измерительным наконечником 1, предварительно установленным на угол наклона контактной линии, перемещается по направляющей 3. При согласованном движении каретки и вращении контролируемого зубчатого колеса 2 наконечник 1 воспринимает непрямолинейность и отклонения от направления этой линии, которые фиксируются самописцем. Отклонение осевого шага воспринимается измерительным наконечником тогда, когда последний перпендикулярен винтовой линии.

Поворот зубчатого колеса на осевой шаг осуществляют с помощью микроскопа с оптическим диском. При измерении *отклонений от направления зуба* $F_{\beta r}$ прямозубых колес на приборах, у которых существует каретка с точными продольными направляющими, измерительный наконечник перемещают вдоль оси измеряемого колеса. При контроле косозубых колес винтовую линию, воспроизводимую в приборе в результате поворота колеса и продольного перемещения измерительного узла или, как в ходомере БВ-5034 (схема II на рис. 4.51), продольного перемещения стола 1 вместе с проверяемым колесом 4, сравнивают с реальной эвольвентой. Согласованность поступательного и вращательного движений колеса обеспечивают с помощью наклонной линейки и охватывающих шпиндель 3 лент, концы которых закреплены на поперечной каретке 2. Измерительный узел 5, установленный на станине, можно настраивать на необходимые параметры зубчатого колеса. Микроскоп 6 позволяет осуществлять точную установку линейки 7 на заданный угол.

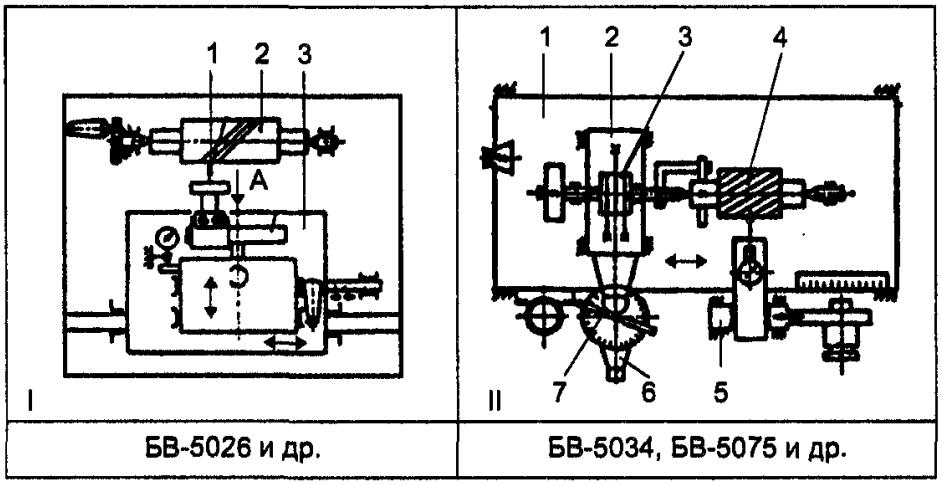


Рис. 4.51. Приборы для контроля полноты контакта

Боковой зазор между неработающими профилями зубьев в собранной передаче можно контролировать с помощью набора щупов, с помощью заложенной между зубьями свинцовой проволочки или методом люфтования. В последнем случае одно из зубчатых колес медленно вращается, а второе при этом совершает высокочастотные колебания, амплитуда которых характеризует боковой зазор. В реальном зубчатом колесе боковой зазор образуется в результате утонения зуба при *смещении исходного* режущего *контура* E_{Hr} на зуб колеса. Это смещение измеряют на тангенциальных зубомерах (схема I на рис. 4.52), имеющих два базовых щупа 1 и 2, измерительный наконечник 3 и показывающий прибор 4. Перед измерением зубомер настраивают на заданный модуль по ролику расчетного диаметра.

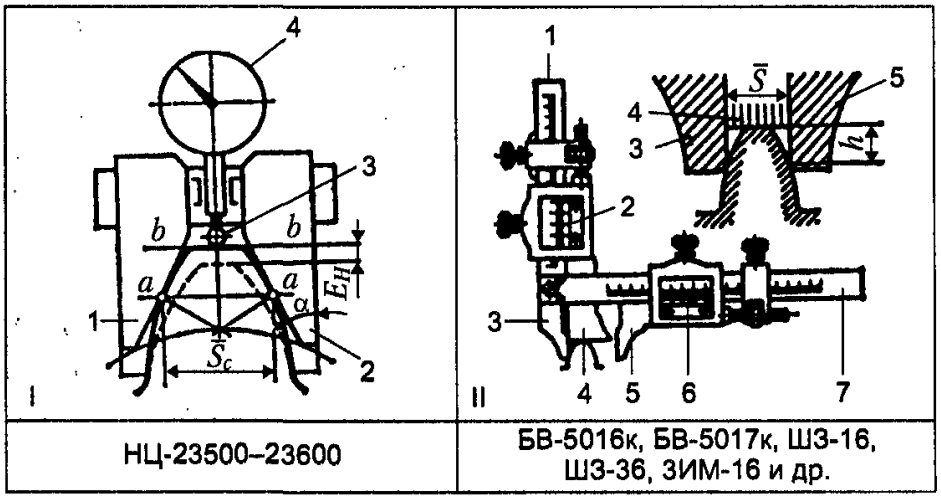


Рис. 4.52. Приборы для контроля бокового зазора

С помощью тангенциальных зубомеров контролируют, по существу, положение постоянной хорды $a - a$ относительно линии выступов $b - b$, а с помощью кромочных зубомеров измеряют *толщину зуба* S (параметр E_{cr}) на заданном расстоянии h от линии выступов (схема II на рис. 4.52). Эти зубомеры имеют нониусные, микрометрические или индикаторные отсчетные устройства. В нониусных штангензубомерах требуемое положение постоянной хорды, то есть координи-

рующей губки 4, устанавливают с помощью ониусной пары 1–2, а измерения хорды осуществляют с помощью ониусной пары 7–6 путем введения измерительных наконечников 3 и 5 во впадины зубчатого венца.

Существуют различные приборы для контроля цилиндрических, конических, червячных, червяков и прочих колес станкового и накладного типов, разделяемых по классам точности на три группы: *А*, *АВ* и *В*. Интенсивно разрабатываются полуавтоматические и автоматические приборы, в том числе приборы активного контроля, использующие экранную оптику, цифровой отсчет, запись результатов измерения, машинную обработку результатов, управление производственным процессом и т. п.

4.8. Измерения с помощью цифровых измерительных приборов

В настоящее время расширяется разработка и применение в промышленности электронных цифровых вычислительных машин, в которых требуемые действия выполняются электронными счетчиками и управляющими схемами.

По своим эксплуатационным свойствам цифровые электроизмерительные приборы характеризуются высокой точностью измерения, быстродействием, автоматизацией измерения и удобством регистрации результатов измерения.

Цифровое отсчетное устройство может быть придано к средству измерения, содержащему электронную часть прибора, или как комплекс измерительных средств может быть непосредственно придано (встроено) в металлообрабатывающее оборудование.

Например [35], к микроскопу инструментальному БМИ-1Ц придано устройство цифровое пересчетное УЦП-1м. Электронная часть прибора будет содержать преобразователь электронно-оптический в координатах *X* и *У* и устройство цифровое пересчетное.

Преобразователь электронно-оптический предназначен для преобразования реверсивных линейных перемещений в пропорциональное им число электрических импульсов. Преобразователь включает в себя *механическую и электронно-оптическую системы*. Основой механической системы является узел микровинта с приводом для вращения. Микровинт преобразует круговое вращение в продольное перемещение.

Цифровое отсчетное устройство (ЦОУ) для оснащения универсальных металлорежущих станков (рис. 4.53) контролирует перемещение рабочих органов станка (суппорта, каретки, стола и т. п.) и в наглядной форме на цифровом табло показывает их положение относительно выбранного начала координат. В соответствии с показаниями на цифровом табло станочник обрабатывает деталь до получения нужных размеров, управляя станком, как и обычно, вручную.

Цифровое устройство установлено на отсчетные барабаны микрометрических винтов поперечного и продольного перемещения стола. Оно состоит (рис. 4.53) из круглого реостатного преобразователя 1, механизма 2 сброса показаний на нуль, счетчика 3 перемещений целых миллиметров и цифрового прибора 4, по которому отсчитывают доли миллиметра с дискретностью 0,001 мм. Для преоб-

разования линейных перемещений в цифровой отсчет служит проволочный реостат сопротивлением 10 км, выбранный из расчета, что каждые 10 Ом соответствуют 0,001 мм линейного перемещения при шаге микрометрического винта 1 мм. В качестве цифрового отсчетного устройства взят цифровой километр, серийно выпускаемый отечественной промышленностью.

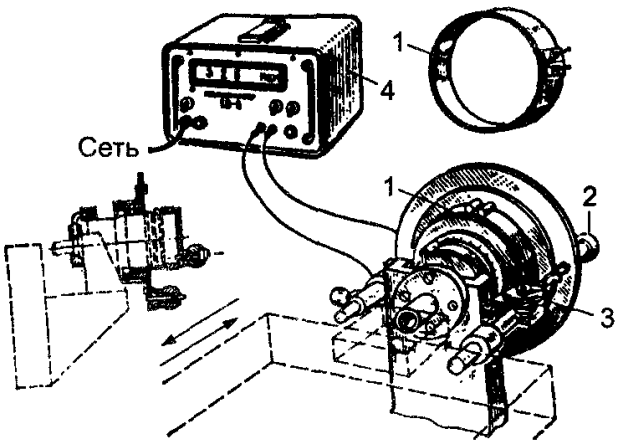


Рис. 4.53. Цифровое отсчетное устройство инструментального микроскопа

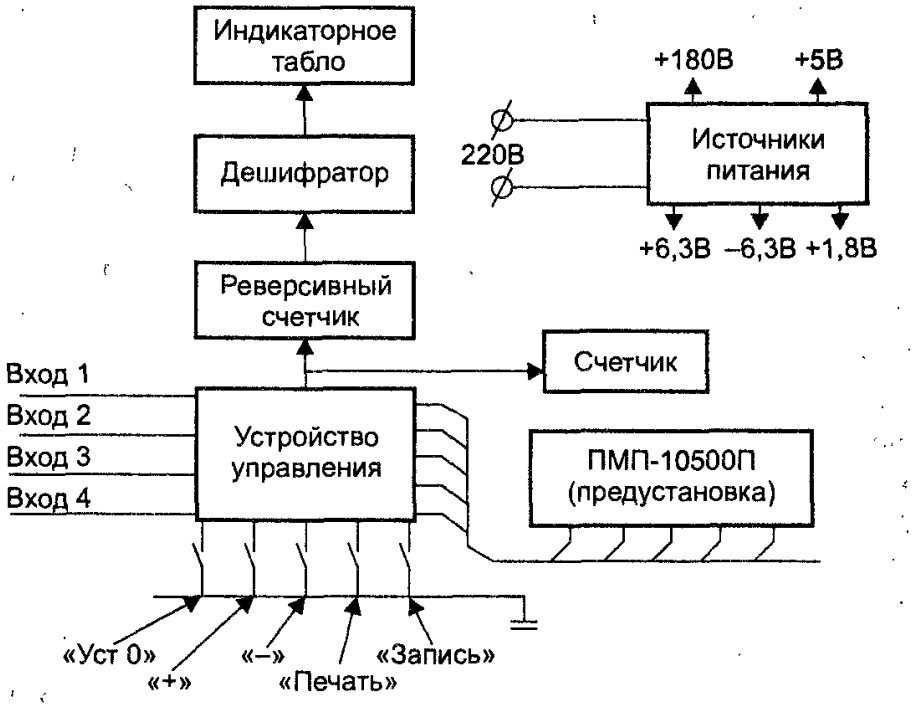


Рис. 4.54. Устройство цифровое пересчетное

Устройство цифровое пересчетное (рис. 4.54) включает в себя *устройство управления, реверсивный счетчик, счетчик, переключатели и источники питания.* Предустановка любого пятиразрядного десятичного числа со знаками (+) или (–) осуществляется с помощью переключателя «Предустановка». При нажатии кнопки «Запись» импульсы с устройства управления поступают одновременно на входы счетчика и реверсивного счетчика и через дешифратор на табло индицируются числа. При помощи вращения привода механической системы передаются числа с оптико-механического преобразователя. Цифровое отсчетное устройство (ЦОУ) для оснащения универсальных металлорежущих станков

(рис. 4.55) контролирует перемещение рабочих органов станка (суппорта, каретки, стола и т. п.) и в наглядной форме на цифровом табло показывает их положение относительно выбранного начала координат. В соответствии с показаниями на цифровом табло станочник обрабатывает деталь до получения нужных размеров, управляя станком, как и обычно, вручную.

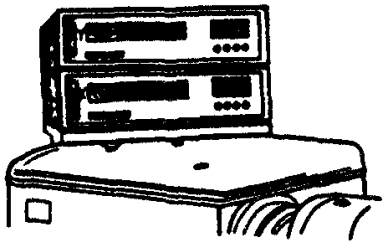


Рис. 4.55. Цифровое отсчетное устройство на передней бабке токарного станка

Цифровое отсчетное устройство на базе выпускаемых датчиков и электронных блоков имеет основные характеристики: цена отсчета от 0,001 до 0,02 мм; наибольшая скорость контролируемого перемещения при цене отсчета 0,01–15 м/мин при цене отсчета 0,001 мм — 1,5 м/мин; наибольшая величина контролируемого перемещения не больше 1 м при цене отсчета 0,001 мм и не более 10 м при цене отсчета 0,01 мм.

4.9. Измерение электрических и магнитных величин

По системе СИ единицы электрических и магнитных величин, применяемые в Российской Федерации, приведены в табл. 4.1.

Электроизмерительные приборы подразделяются (рис. 4.56) на: *электромеханические* (магнитоэлектрической системы, электродинамические, электромагнитные с подвижным магнитом, индукционной системы, электромагнитные); *электротермические* (с нагреваемой нитью, биметаллические, термоэлектрические преобразователи).

Таблица 4.1. Единицы электрических и магнитных величин

Величина	Наименование	Обозначение		Величина	Наименование	Обозначение	
		русское	международное			русское	международное
Сила электрического тока, магнитодвижущая сила	Ампер	А	A	Электрическая постоянная, абсолютная диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая восприимчивость	Фарад на метр	Ф/м	F/m

Величина	Наименование	Обозначение		Величина	Наименование	Обозначение	
		русское	международное			русское	международное
Линейная плотность электрического тока, напряженность магнитного поля	Ампер на метр	А/м	A/m	Магнитная индукция, плотность магнитного поля	Тесла	Тл	Т
Поверхностная плотность электрического тока	Ампер на квадратный метр	$А/м^2$	A/m^2	Индуктивность, взаимная индуктивность, магнитная проводимость	Генри	Гн	Н
Магнитный момент	Ампер-квадратный метр	$А·м^2$	$A·m^2$	Магнитное сопротивление	Генри в минус первой степени	$Гн^{-1}$	H^{-1}
Количество электричества, электрический заряд, поток электрического смещения	Кулон	Кл	С	Магнитная постоянная, абсолютная магнитная проницаемость	Генри на метр	Гн/м	Н/ m
Линейная плотность электрического заряда	Кулон на метр	Кл/м	C/m	Магнитный поток	Вебер	Вб	Wb
Электрическое смещение, поверхностная плотность электрического заряда	Кулон на квадратный метр	$Кл/м^2$	C/m^2	Электрическая проводимость	Сименс	См	S
Объемная плотность электрического заряда	Кулон на куб. метр	$Кл/м^3$	C/m^3	Удельная электрическая проводимость	Сименс на метр	См/м	S/m
Момент электрического диполя	Кулон-метр	Кл·м	C·m	Электрическое сопротивление	Ом	Ом	Ω
Напряжение, потенциал, разность потенциалов, электродвижущая сила	Вольт	В	V	Удельное электрическое сопротивление	Ом-метр	Ом·м	Ω·m
Напряженность электрического поля	Вольт на метр	В/м	V/m	Мощность: активная, реактивная, полная	Ватт	Вт	W
Электрическая емкость	Фарада	Ф	F				

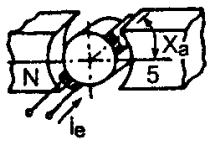
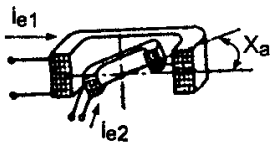
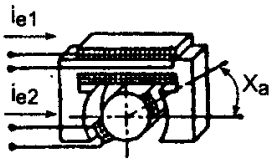
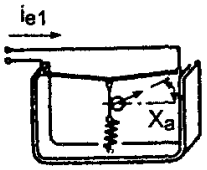
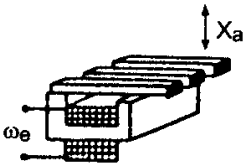
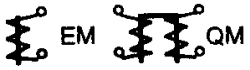
Наименование	Приборы магнито-электрической системы	Электодинамические приборы	Электодинамические приборы (с замкнутой магнитной цепью)
Принципиальная схема			
Символическое изображение			
Наименование	Электромагнитные приборы	Приборы с нагреваемой нитью	Вибрационные приборы
Принципиальная схема			
Символическое изображение			

Рис. 4.56. Электроизмерительные приборы: EM — измерительные приборы; QM — приборы для измерения отношений [46]

4.9.1. Электромеханические измерительные приборы

Приборы магнитоэлектрической системы (рис. 4.56) могут работать на постоянном токе, а при использовании дополнительных преобразований — и на переменном.

В однородном магнитном поле постоянного магнита располагается на опорах рамка, которая может вращаться. Ток, проходящий через витки этой рамки, имеет направление, перпендикулярное направлению магнитных линий поля.

Электрический ток подается через два пружинных элемента (ленточные растяжки, спиральные пружины), которые одновременно создают механический противодействующий момент.

Электродинамические измерительные приборы основаны на принципе взаимодействия токов. Они могут применяться для измерений как на переменном, так и на постоянном токе.

Электродинамический измерительный прибор с *замкнутой магнитной цепью* (рис. 4.56) работает как прибор магнитоэлектрической системы, но с той разницей, что вместо постоянного магнита используется электромагнит.

В электродинамическом измерительном приборе *без ферромагнитного сердечника* (рис. 4.56) полностью отсутствуют ферромагнитные элементы. При возбуждении магнитного поля принцип действия прибора такой же, как у прибора с замкнутой магнитной цепью.

Электромагнитные измерительные приборы с подвижным магнитом также основаны на магнитоэлектрическом принципе. Они могут быть использованы для измерений на постоянном токе, а с дополнительными преобразователями — и на переменном токе. В поле неподвижной катушки находится вращающийся постоянный магнит (магнитная игла, диск или полый цилиндр), который устанавливается в направлении постоянного внешнего поля (например, магнитного поля Земли). При прохождении тока вращающийся магнит перемещается в направлении результирующего поля, образуемого направляющим полем и полем катушки.

Прибор с подвижным магнитом представляет собой обращенный измерительный прибор магнитоэлектрической системы, то есть катушка и постоянный магнит меняются местами.

Электроизмерительные приборы индукционной системы могут применяться только для измерений на переменном токе. Во вращающемся магнитном поле располагается подвижный замкнутый проводник (барабан или диск). В результате наведения вихревых токов подвижный проводник перемещается в направлении вращающегося магнитного поля.

Электромагнитные измерительные приборы (рис. 4.56) могут быть использованы для измерений на постоянном и переменном токе. Важнейшими типами этих приборов являются приборы с плоской и круглой катушками. В *приборах с плоской катушкой* внутри катушки возбуждения находится эксцентрично закрепленная подвижная ферромагнитная пластина, ось поворота которой расположена перпендикулярно оси катушки возбуждения. При протекании электрического тока пластинка под воздействием электромагнитного поля перемещается в катушке, то есть поворачивается вокруг своей оси. В *приборе с круглой катушкой* внутри катушки возбуждения находятся неподвижная и подвижная ферромагнитные пластинки, причем ось поворота последней параллельна оси катушки. При протекании электрического тока пластинки намагничиваются в одинаковом направлении и, следовательно, отталкиваются друг от друга. При этом подвижная пластинка поворачивается в направлении меньшей ширины неподвижной пластинки.

Электростатические измерительные приборы могут быть использованы для измерений как на постоянном, так и на переменном токе. Измерительный прибор состоит из конденсатора, электроды которого закреплены так, что имеется возможность, прикладывая электрическое напряжение, получать механическое усилие, действующее в направлении увеличения емкости. Изменение емкости может осуществляться путем изменения либо эффективной площади электродов, либо расстояния между электродами.

4.9.2. Электротермические измерительные приборы

Измерительные приборы с нагреваемой нитью (рис. 4.56) позволяют проводить измерения на постоянном или переменном токе. В зависимости от силы тока, протекающего через проволоку, изменяются температура и длина проводника.

Биметаллические приборы также основаны на термоэлектрическом принципе измерения. Они используются для измерений на постоянном и переменном токе. Биметаллическая полоска нагревается непосредственно измеряемым током или

помощью изолированной обмотки. Спиралеобразная, укрепленная с одной стороны биметаллическая полоска нагревается и искривляется в зависимости от силы измеряемого тока вследствие различных коэффициентов линейного расширения обоих металлов.

Термоэлектрические преобразователи могут быть использованы для измерений на постоянном и переменном токе. Они наиболее предпочтительны для измерений высокочастотных токов. Термоэлектрические преобразователи состоят из проволоки, которая нагревается протекающим через нее измеряемым током. В середине проволоки помещается измерительный участок термоэлемента. Возникающая термоЭДС пропорциональна температуре нагрева.

4.10. Информационно-измерительные системы и измерительно-вычислительные комплексы

Большинство измерительных и управляющих систем, а также измерительно-вычислительных комплексов, используемых в управлении технологическими процессами и в научных исследованиях, оперируют информацией, представленной в виде кодов (чисел). Это обстоятельство предопределило быстрое развитие измерительных преобразователей различных физических величин и прежде всего электрических в коды, что обеспечивает возможность непосредственной связи вычислительной или управляющей цифровой машины с объектами измерения или управления. Эти устройства получили название аналого-цифровых измерительных преобразователей (АЦП).

Почти одновременно с АЦП появились цифровые измерительные приборы (ЦИП), отличающиеся от АЦП тем, что они имеют отсчетное устройство и вырабатывают измерительную информацию в удобной для восприятия человеком форме десятичных чисел. Грань между ЦИП и АЦП в большой мере условная, так как для расширения функциональных возможностей в ЦИП обычно предусматривают вывод электрических сигналов (кода), соответствующих показанию отсчетного устройства, а в АЦП предусматривают простейшее отсчетное устройство для обеспечения возможности визуального считывания его выходного кода.

Цифровые измерительные устройства (ЦИУ) являются одним из наиболее совершенных средств измерений. Наибольшее распространение получили ЦИУ для измерения электрических величин (напряжения, силы тока и сопротивления), а также ЦИУ для измерения временных параметров сигналов (частоты, периода, длительности импульсов и интервалов времени). В последнее время широкое распространение получают ЦИУ для измерения неэлектрических величин (например, температуры), основанные на использовании ЦИУ для измерения электрических величин в сочетании с первичным измерительным преобразователем. ЦИУ являются единственным видом измерительных устройств, обеспечивающих непосредственную связь и передачу измерительной информации от объекта измерений в вычислительную или управляющую вычислительную машину при автоматизации производственных процессов и научных исследований.

Массовость выпускаемой продукции при все возрастающих требованиях к ее качеству в условиях экономической оптимизации привела к необходимости созда-

ния автоматических систем управления технологическим процессом (АСУТП). При этом необходимо отметить, что в условиях АСУТП контроль органически связан с процессом производства и является его неотъемлемой частью.

Координатно-измерительные машины. Современная техника обработки отличается высокими скоростями и производительностью. Чтобы привести в соответствие темпы производства и контроля, разработаны измерительные машины. Координатно-измерительные машины предназначены в первую очередь для контроля, а не для решения определенных задач измерения.

В последнее время расширены задачи контроля. Если раньше при контроле выявляли только брак изделий по размерам, то в настоящее время появляется возможность определить и исключить источник ошибок. В освоении нового изделия при серийном производстве необходим своевременный, быстрый и безупречный контроль первого изделия, что осуществляется на координатно-измерительных машинах.

Отличительным признаком координатно-измерительных машин является возможность дать измерения координатных значений в цифровой форме. Координатно-измерительные машины изготавливают трех- и двухкоординатными. На трехкоординатных (рис. 4.57) можно проводить измерения в трех координатах: *X, Y, Z*; двухкоординатные машины служат для измерения в двух взаимно перпендикулярных направлениях одной плоскости — координаты *X* и *Y*.

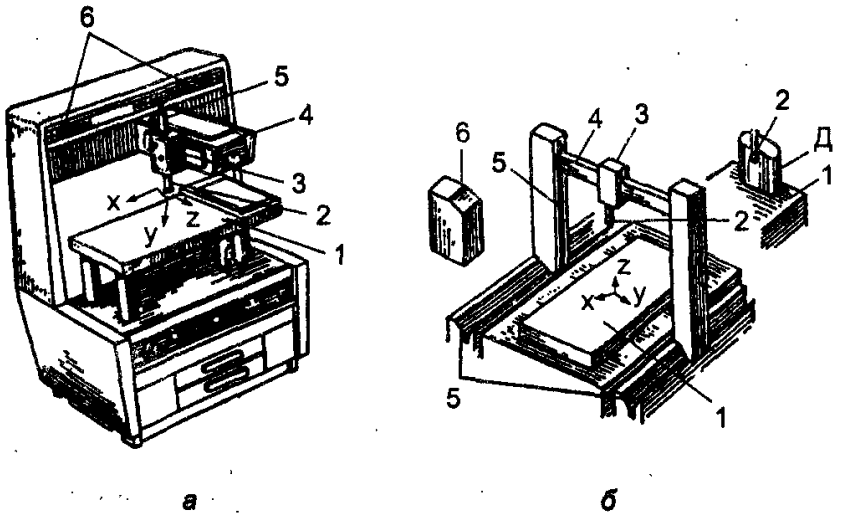


Рис. 4.57. Схемы трехкоординатных измерительных машин с Г-образной (*а*) и П-образной (*б*) рамами: 1 — стол; 2 — сменный наконечник; 3 — измерительная головка; 4 — жесткая рама; 5 — направляющие; 6 — программно-управляющий пульт

Измерительная часть машины представляет собой преобразователь перемещения измерительной головки, несущей измерительный наконечник, в цифровой код. Число, зафиксированное счетчиком на цифровом табло, соответствует расстоянию, на которое перемещается шкала между двумя последовательными измерениями.

Преимущество координатно-измерительной машины перед обычными средствами измерений заключается в том, что она позволяет производить измерения деталей сложной геометрической формы. Машины снабжают специально разрабо-

танными ЭВМ, с помощью которых сравнивают действительные размеры и взаимное расположение поверхностей с теоретическим.

Полученные отклонения регистрируются в графической или закодированной форме и могут быть использованы для внесения автоматической коррекции через ЭВМ в числовое программное управление на обрабатываемом станке.

Создание новых трехкоординатных измерительных приборов идет по линии усовершенствования универсальных микроскопов.

Растущее производство микропроцессоров и микроЭВМ создало предпосылки для широкого использования их в системах программного управления движением автоматизированных устройств — металлообрабатывающих станков, роботов-манипуляторов, чертежно-графических автоматов, оперативных устройств визуального отображения информации.

4.11. Автоматизация системы контроля и управления сбором данных

4.11.1. Задачи и разновидности автоматизированных систем контроля

Вопросы автоматизации систем контроля относятся к *автометрии*, в которой рассматриваются теоретические основы проектирования автоматических измерительных и контрольных и измерительно-информационных систем.

Автоматизированная система метрологического обеспечения (АСМО) предназначена для решения основных задач управления производственно-хозяйственной деятельностью метрологической службы предприятия, связанных с планированием, контролем, анализом и регулированием метрологической информации.

АСМО базируется на экономико-математических методах с применением вычислительной техники и может рассматриваться как подсистема управления качеством продукции, включающая техническое, программное, информационное и организационное обеспечение.

Автоматизированная система метрологического обеспечения осуществляет: метрологический контроль за измерительной техникой (полный учет средств измерений предприятия; перспективное и оперативное планирование поверочной деятельности; анализ метрологических характеристик средств измерений; аттестацию нестандартизованных средств измерений; контроль, в том числе инспекционный, за выполнением поверочных работ); метрологический контроль за испытательной техникой (учет и аттестация средств испытаний; планирование и контроль выполнения этих планов; проведение профилактических и регламентных работ и др.); метрологическую экспертизу технической документации (учет технической документации; планирование и контроль выполнения планов проведения экспертиз; информационное обеспечение при проведении экспертиз технической и технологической документации); координацию и планирование метрологической деятельности (календарное и перспективное планирование поверенной деятельности; контроль выполнения требований нормативно-технической документации при изготовлении изделий; разработка мероприятий по

метрологическому обеспечению производства; хозяйственно-техническая деятельность по метрологическому обеспечению и др.); регулирование деятельности по метрологическому обеспечению производства (осуществление выработки управляющих воздействий на отдельные подразделения предприятия с целью эффективного внедрения планов метрологического обеспечения).

На производстве все больше уделяется внимания механизации и автоматизации процесса измерения, что связано с автоматизацией процессов производства современных машин, повышением их качества, точности и надежности и сокращением времени и стоимости измерений и контроля. Контроль изделий осуществляется как простейшими устройствами и приспособлениями, так и сложными контрольными автоматами.

По степени автоматизации устройства контроля размеров делят на механизированные приспособления, полуавтоматические системы, автоматические системы и самонастраивающиеся (адаптивные) автоматические системы.

Механизированные приспособления применяют для одновременной или последовательной проверки нескольких размеров сложных деталей в серийном и массовом производстве. В таких приспособлениях операцию загрузки и съема деталей осуществляют вручную.

В *полуавтоматических системах* часть операций (загрузка, а иногда и сортировка) выполняются вручную, а все остальные операции автоматически.

Контрольные автоматические системы (все процессы полностью автоматизированы) широко применяют для контроля деталей по разным параметрам (размерам, твердости, массе, сложным профилям в виде резьбы или зубьев колес и т. п.). Контрольные автоматы дороги и сложны; их в основном применяют для сортировки деталей массового производства (поршневых пальцев, шариков и роликов и др.) по размерам на группы при селективной сборке, при 100%-ном контроле наиболее ответственных деталей, когда пропуск бракованных деталей недопустим или когда в технологическом процессе выборочный контроль недопустим.

Прогрессивным направлением является создание *универсальных автоматов из типовых узлов для контроля однотипных деталей.* Например, автомат БВ-8008 для контроля поршневых пальцев диаметром от 15 до 60 мм; автомат БВ-8009 для контроля поршней разных двигателей диаметром от 15 до 60 мм; автомат БВ-8010 для контроля прямозубых и косозубых колес с диаметрами от 80 до 320 мм и модулями 1–7 мм. Автомат СК-9 для контроля бокового и радиального биения собранного радиального шарикового подшипника с размерами подшипников: по внутреннему диаметру от 35 до 85 мм, наружному от 80 до 150 мм и по высоте от 18 до 31 мм. Производительность контрольного автомата для поршневых пальцев — до 700 шт/ч, а автомата для подшипников — 600 шт/ч.

По воздействию на технологический процесс различают пассивные и активные автоматические средства контроля размеров.

Пассивные фиксируют размеры деталей, разделяя их на годные и брак (исправимый и неисправимый), или сортируют их на группы при селективной сборке. На ход технологического процесса они не влияют.

Активные средства контролируют размеры деталей в процессе изготовления и по результатам контроля подают команду на изменение режимов обработки, на включение станка или на подналадку системы СПИД (станок — приспособление — инструмент — деталь). Наличие обратной связи позволяет по результатам контроля управлять точностью технологического процесса и тем самым предупреждать появление брака. Заводы заинтересованы в устройствах для автоматического контроля деталей в процессе их обработки, чтобы предупредить брак и облегчить работу рабочих и контролеров. Отечественными заводами выпускаются измерительные устройства для активного контроля.

В *самонастраивающихся автоматических* системах автоматизированы циклы работы и настройки, а также системы, которые могут приспосабливаться к изменяющимся условиям среды.

4.11.2. Измерительные преобразователи

Действие автоматизированных приспособлений, контрольных автоматов и средств активного контроля основано на использовании различного рода *измерительных преобразователей*. Измерительный преобразователь как составной элемент входит в *датчик*, который является самостоятельным устройством, и кроме преобразователя содержит измерительный шток, рычаг с наконечником, передающий механизм, элементы настройки и др. Остальные элементы электрической цепи измерительной (контрольной) системы конструктивно оформляют в виде отдельного устройства (*электронного блока*, или *электронного реле*). Наибольшее распространение получили измерительные (контрольные) средства с электроконтактными, пневмоэлектроконтактными, индуктивными, емкостными, фотоэлектрическими, радиоизотопными, механотронными, реостатными, фазовыми, струнными, вибрационно-частотными и электронными преобразователями.

Основные требования к измерительным преобразователям:

1. Объективность и достоверность измерительной информации о состоянии контролируемого объекта.
2. Измерительная информация о состоянии контролируемой физической величины должна выдаваться непосредственно в ЭВМ, статанализатор, цифропечатающие машины и другие подобные устройства.
3. Измерительная система должна обеспечивать возможность быстрой перестройки при смене технологических процессов и быть унифицированной при измерении различных физических параметров при незначительных изменениях отдельных блоков этой системы.
4. Измерительная система должна иметь метрологические характеристики, обеспечивающие требуемую точность и надежность контроля и высокую производительность.
5. Измерительная система должна обладать возможностью дистанционного измерения, быть простой и надежной при настройке и проверке в условиях эксплуатации.

Приборы с электроконтактными преобразователями. В электроконтактных преобразователях определенное изменение контролируемой величины приводит

к замыканию (размыканию) электрических контактов цепей, управляющих исполнительными элементами системы.

Различают преобразователи *предельные* — для контроля предельных размеров деталей и *амплитудные* — для контроля амплитуды изменяющегося линейного параметра (отклонения формы, погрешности положения и т. п.). В предельном электроконтактном преобразователе (рис. 4.58, *а* и *б*) изменение контролируемой величины передается через измерительный шток 1 к подвижным контактам 2 и 6, расположенным на рычаге 4. Регулируемые контакты 3 и 5, один из которых работает на размыкание, другой — на замыкание, настраивают с помощью микрометрических пар со шкальными устройствами. В амплитудном преобразователе (рис. 4.58, *в*) измерительный стержень 1 жестко скреплен с фрикционной пластиной 2, которая поджимается пластинчатой пружиной к подшипнику 3. Подшипник несет на себе рычаг 4 с контактами 5 и 9. Механический контакт 8 является нерегулируемым и служит упором, который при ходе стержня вниз и проскальзывании фрикционной пары 2–3 обеспечивает установку нуля отсчета контролируемой амплитуды. При ходе стержня 1 вверх и недопустимо большой амплитуде электрические контакты 5 и 6 замыкаются. Рычаг 10 с винтом 7 служит для арретирования измерительного стержня. При необходимости отсчета размера может быть установлена индикаторная головка 11.

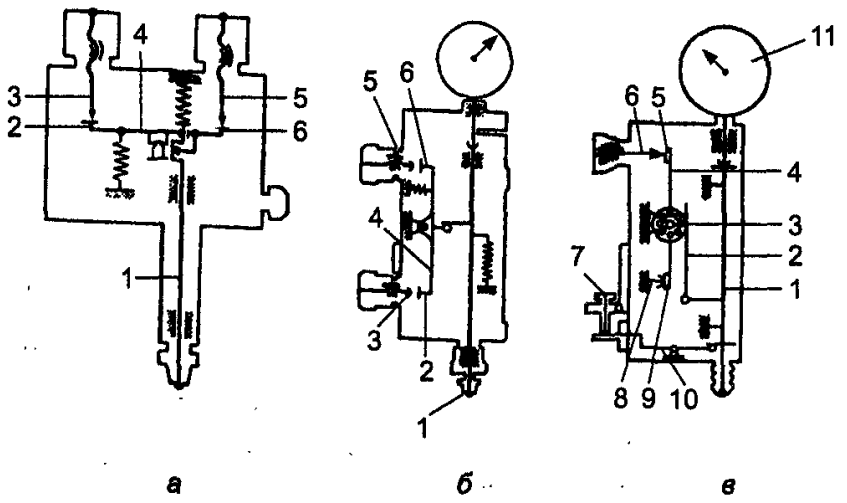


Рис. 4.58. Схемы электроконтактных преобразователей: *а* — без возможности отсчета; *б* — с возможностью отсчета; *в* — амплитудного

Недостатками приборов с электроконтактными преобразователями являются низкая надежность контактных пар, невысокая чувствительность, малое число команд, малые пределы измерений, релейный (пороговый) выходной сигнал.

Приборы с пневмоэлектроконтактными преобразователями. В пневматических приборах используют зависимость либо между площадью S продольного канала воздухопровода и расходом сжатого воздуха при постоянном давлении p (ротаметры), или между давлением p и расходом Q воздуха (манометры). При бесконтактном методе измерения в качестве заслонки измерительного сопла 1 используют контролируемое изделие D (рис. 4.59, *а*). Изменение высоты изделия приводит к изменению зазора Λ и, следовательно, контролируемого давления воздуха, протекающего через измерительное сопло диаметром d_0. При контакте

ных методах (рис. 4.59, *б–д*) с измерительным наконечником 3 механически связана заслонка 2, которая также может иметь конусную, параболическую или сферическую форму.

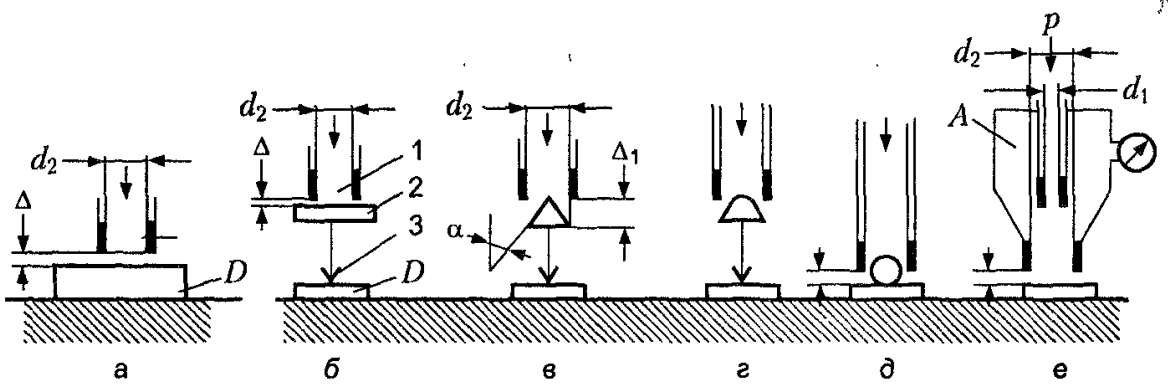


Рис. 4.59. Схемы перекрытий воздуха в пневматических преобразователях: *а* — изделие — заслонка; *б* — плоская заслонка; *в* — заслонка с углом конуса α; *г* — параболическая заслонка; *д* — сферическая заслонка; *е* — эжекторное сопло

Для увеличения диапазона измерения применяют эжекторные сопла (рис. 4.59, *е*), в которых воздух под постоянным давлением p поступает в измерительное сопло диаметром d_2 через входное сопло диаметром d_1. При этом в полости A возникает разряжение.

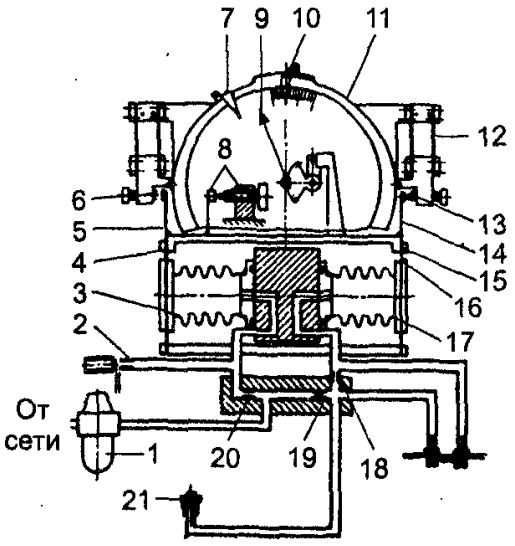


Рис. 4.60. Схема пневматического отсчетно-командного устройства

Для автоматизации процесса измерения выпускают отсчетно-командные устройства (рис. 4.60) с сильфонными преобразователями, в которых сжатый воздух под давлением 0,32–0,6 МПа после фильтра-стабилизатора 1 через входные сопла 19, 20 и 18 поступает в сильфоны 3 и 17. Сильфон 17 соединен с соплом 21 измерительного узла, а сильфон 3 — с настроечным соплом 2 противодавления. Сильфоны связаны между собой планкой 15, подвешенной на плоских пружинах 4 и 16. Планка 15 через рычажно-зубчатую передачу связана с отсчетным устройством 9 и электрическими контактами 5 и 6, 14 и 13. Контакты, подвешенные на пружинах 12, настраивают с помощью кулачков 11. По их положению и поло-

жению указателей 7 и 10 определяют интервал настройки. При измерении размера детали давление в сильфоне 17 изменяется, планка 15 смещается в сторону, замыкая контакты 5 и 6. Контакты 8 служат для исключения срабатывания при снятии сопла 21.

Пневматические приборы надежны, имеют измерительные сопла малых размеров, которые могут быть расположены в труднодоступных местах и легко позволяют получать сумму и разность сигналов. Недостатки пневматических приборов — инерционность, небольшой диапазон показаний, необходимость сложной очистки и подготовки воздуха.

Струнные преобразователи. В связи с развитием цифровой вычислительной техники, созданием электронных цифровых управляющих машин наиболее удобной формой представления информации от преобразователя является кодоимпульсная, а также частотно-импульсная модуляция. К таким преобразователям относится струнный.

В струнных преобразователях измеряемая величина преобразуется в изменение частоты собственных поперечных колебаний тонкой натянутой струны

$$f = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{F_0}{\rho S}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{F_0}{m_c l}},$$

где F_0 — сила натяжения струны;
ρ — плотность материала струны;
S — площадь поперечного сечения струны;
m_c — масса струны;
l — длина струны.

Струна, помещенная в поле постоянных магнитов, и электронный усилитель с положительной обратной связью образуют автогенератор, в котором поддерживаются незатухающие колебания струны на частоте, почти равной частоте ее собственных колебаний. Воздействуя на натяжение, деформацию или массу m_c струны, можно построить унифицированную систему преобразователей, позволяющих измерять различные физические величины: линейное и угловое перемещение, температуру, давление, силу, электрический ток и напряжение и др.

Разработано несколько унифицированных конструкций преобразователей, на базе которых создана унифицированная информационно-измерительная система метрологического обеспечения (УИИС МО) технологических процессов (рис. 4.61), с помощью которой можно измерять различные физические величины. На схеме — информационно-измерительные преобразователи (ИИП) в частоту: L — линейных перемещений; t — температуры; p — давления; ЭП — электронный преобразователь.

На практике применяют струнные преобразователи двух типов: *однострунные* для измерения *усилия* (рис. 4.62, *а*), *перемещения* (рис. 4.62, *б*), *температуры* (рис. 4.62, *в*) и *дифференциальные* (рис. 4.63), предназначенные для измерения линейных перемещений, силы или веса, давления, температуры окружающей среды и поверхностей объектов малой площади. Кроме того, эти преобразователи могут применяться для измерения толщины напыленного слоя, угловых размеров и перемещений, постоянного и переменного тока, напряжения.

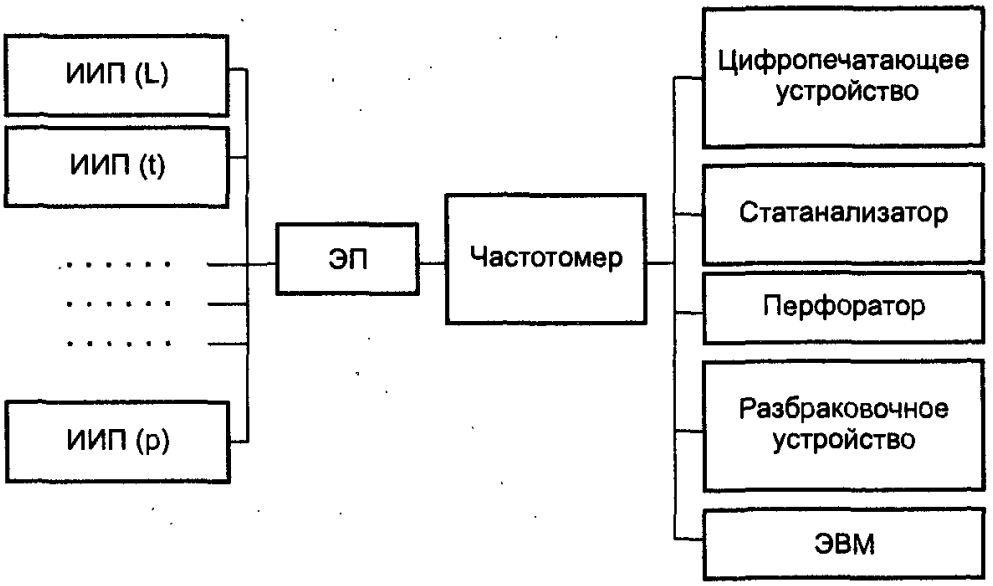


Рис. 4.61. схема УИИМ МО технологического процесса

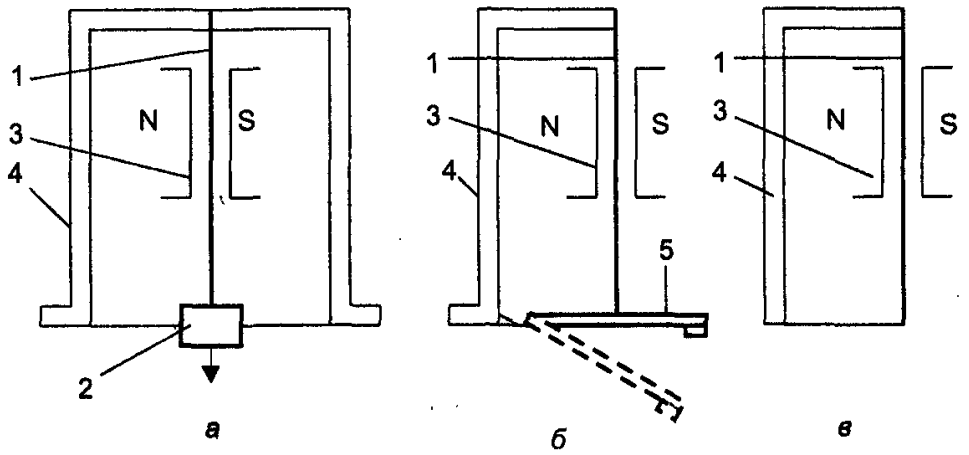


Рис. 4.62. Однострунные преобразователи: *а* — усилия; *б* — перемещения; *в* — температуры: 1 — струна; 2 — подвес; 3 — магниты возбуждения; 4 — корпус; 5 — измерительный рычаг

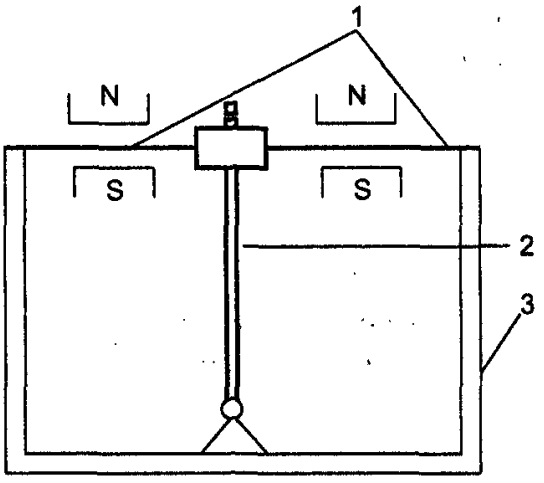


Рис. 4.63. Дифференциальный струнный преобразователь: 1 — струны; 2 — измерительный рычаг; 3 — корпус

Основные недостатки однострунных преобразователей — нелинейность характеристики и смещение начального уровня — могут быть существенно уменьшены,

если использовать дифференциальную схему. При этом измеряемый параметр воздействует на две идентичные струны, увеличивая частоту одной из них и уменьшая частоту другой.

Применительно к измерению перемещений, деформаций и размеров следует отметить ряд несомненных преимуществ цифровой информационно-измерительной системы со струнными преобразователями по сравнению с существующими устройствами аналогичного назначения:

- возможность преобразования сигнала в цифровую и аналоговую форму;
- информация об измеряемой величине выдается в форме кода, что позволяет стыковать рассматриваемые устройства с ЭВМ и статанализаторами и на этой базе осуществлять автоматизацию управления технологическими процессами;
- высокое быстродействие системы и возможность поверки метрологических характеристик устройства с использованием образцового электронно-счетного частотомера; цифровая индикация результатов измерения в натуральных единицах повышает производительность контрольных операций, объективность контроля и дает возможность с помощью цифропечатающих устройств документально регистрировать результаты измерения;
- полученная в форме кода информация об измеряемой физической величине без искажений может передаваться на значительные расстояния.

Приборы с индуктивными преобразователями. В этих приборах изменение контролируемой величины преобразуется в изменение индуктивности электрической цепи в соответствии с формулой

$$L = \frac{\omega^2}{\sum_{i=1}^{k} l_1/(\mu_i S_i)},$$

где L и ω — индуктивность и число витков катушки; l_i, S_i и μ_i — зазор, площадь и магнитная проницаемость участка i магнитной цепи (в том числе ферромагнитных и воздушных участков).

Конструкции индуктивных преобразователей основаны на зависимости индуктивности от зазора l между подвижной частью (якорем, связанным с измерительным наконечником) и сердечником (рис. 4.64, *а*, *в*) либо от площади S их перекрытия (рис. 4.64, *б*, *г*). Индуктивные преобразователи могут быть построены по простой (рис. 4.64, *а*, *б*) или дифференциальной (рис. 4.64, *в*, *г*) схеме. Преобразователи с изменяющимся зазором используют для контроля малых перемещений (0,1–5000 мкм); преобразователи с изменяющейся площадью, имеющие большую линейность характеристики, используют для контроля перемещений 0,5–15 мм.

Преимуществами индуктивных датчиков являются — малые габариты, аналоговая форма выдаваемого сигнала, высокое передаточное отношение и широкие возможности по передаче, запоминанию и проведению различного рода математических преобразований и вычислений на ЭВМ. Однако эти приборы сложнее и дороже электроконтактных и пневматических.

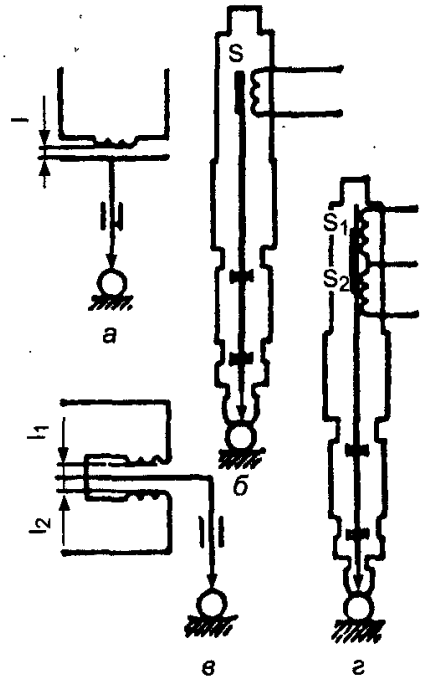


Рис. 4.64. Схемы индуктивных преобразователей: *а, б* — простые; *в, г* — дифференциальные

Приборы с емкостными преобразователями. В этих приборах изменение контролируемой величины преобразуется в изменение электрической емкости C электрической цепи обычно в соответствии с формулой

$$C = \varepsilon S/l,$$

где ε — диэлектрическая проницаемость, Ф/м;

S — площадь перекрытия обкладок конденсатора, см^2;

l —расстояние между обкладками, мм.

Следовательно, возможно создание трех видов емкостных преобразователей: с изменяющимся параметром ε, S или l.

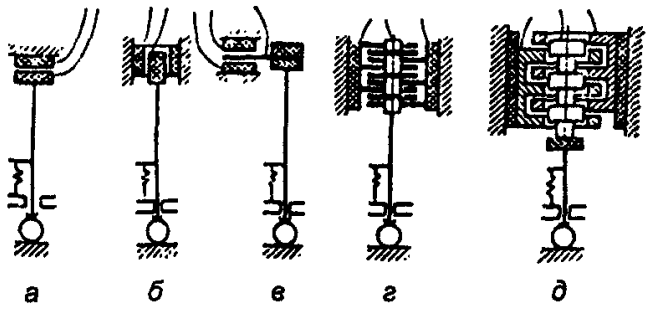


Рис. 4.65. Схемы емкостных преобразователей: *а, б* — простых; *в–д* — дифференциальных (*а, в, г* — с изменяющимся зазором; *б, д* — с изменяющейся площадью перекрытия обкладок)

На рис. 4.65 показаны схемы простых и дифференциальных преобразователей. Емкостные преобразователи обладают высокой линейностью выходной характеристики, высокой чувствительностью, малыми измерительными усилиями.

Их специальные конструкции позволяют обеспечить большой диапазон показаний. Однако емкостные преобразователи очень чувствительны к изменяющимся

внешним условиям (колебаниям температуры, влажности и т. д.), что ограничивает область их применения.

Приборы с фотоэлектрическими преобразователями. В этих приборах изменение контролируемой величины вызывает изменение светотехнической характеристики, которое регистрируется фотоэлементами. Световой поток Φ, попадающий на фотоэлемент, определяют по формуле $\Phi = I \cdot (S/r^2) \cdot \cos\alpha$, где I — сила света источника; S — площадь входного зрачка системы; r — расстояние от объектива системы до источника света; α — угол падения пучка света на светочувствительную поверхность.

В соответствии с приведенной формулой выпускают датчики четырех типов, основанные на изменении: площади S (рис. 4.66, *а*) входного зрачка (световой поток перекрывается либо заслонкой, связанной с деталью D, либо кромкой самой детали); расстояния r от источника света до фоточувствительной поверхности (световой поток изменяется путем перемещения источника света или фотоприемника, вызванного изменением контролируемой величины); силы света I (рис. 4.66, *б*) источника (световой поток изменяется при изменении отражательной способности контролируемой поверхности); угла наклона α к светочувствительной поверхности.

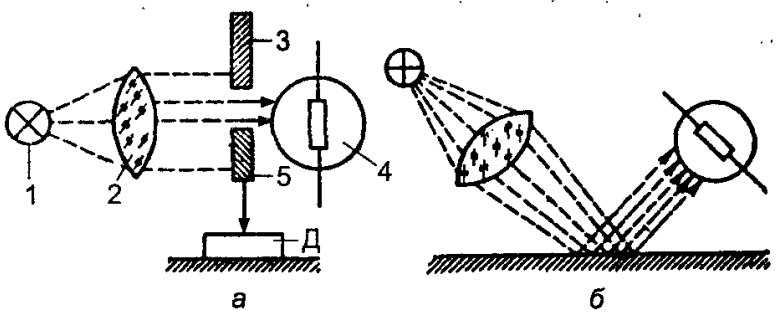


Рис. 4.66. Схемы фотоэлектрических преобразователей, основанных на перекрытии зрачка (*а*) и изменении отражательной способности (*б*): 1 — источник света; 2 — конденсор; 3 — диафрагма; 4 — фотоприемник; 5 — подвижная заслонка

Приборы, использующие электронные преобразователи (механотроны). Радиоэлектронные преобразователи основаны на зависимости характеристик электронной лампы от геометрического расположения ее элементов (катодов, анодов, сеток и т. п.) Наибольшее распространение получили механотроны в виде двойных диодов с механическим управлением (рис. 4.67). Контролируемое изделие поворачивает на угол α стержень 1, закрепленный на эластичной мембране 2. На другом конце стержня имеются аноды 3, перемещающиеся при контроле относительно катода 4. Анодный ток определяют по формуле $I_a = kU_a^{3/2}/l_{a.k}$, где k — постоянный коэффициент; U_a — анодное напряжение (U_a = const); $l_{a.k}$ — расстояние между анодом и катодом.

Таким образом, механотрон выполняет функции преобразователя и первой электронной лампы усилителя. Эти приборы характеризуются высокой чувствительностью, безынерционностью, малыми измерительным усилием и габаритами. Так, для механотронов типа 6МХ диапазон измерений составляет от ±0,1 до ±1 мм,

чувствительность 3–100 мкА/мкм, измерительное усилие 0,015–0,4 Н, анодное напряжение 5–15 В. Недостаток механотронов — невысокая долговечность (1000–4000 ч).

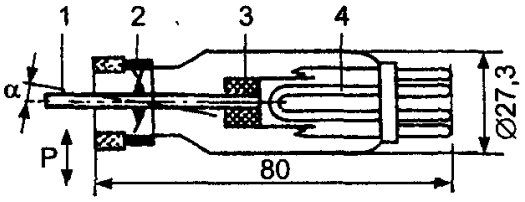


Рис. 4.67. Схема механотрона

4.11.3. Измерительные роботы

Автоматизация в крупносерийном производстве экономически выгодна на основе специализированных автоматических линий. Для мелко- и среднесерийного производства при частой сменяемости выпускаемых изделий более выгодно идти по пути создания безлюдной технологии и использования перепрограммируемых промышленных роботов. Но в этом случае часто требуется точное позиционирование, например, контролируемых деталей. Серийно выпускаемые роботы обеспечивают точность позиционирования ~0,1 мм.

Точность позиционирования определяет, например, выполнение тех контрольных операций деталей, зазоры между калибром и деталью в которых соизмеримы с этой точностью. При меньших допусках в захватном устройстве монтируется специальная головка или в системе управления манипулятором используются корректирующие обратные связи с датчиком очувствления, установленным на захватном устройстве или позиционере, где закреплена основная деталь.

Главная функция измерительного робота (ИР) — захват и перемещение предмета (детали, измерительного средства) на требуемую позицию в сориентированном положении и в нужный момент времени. На основе использования ИР можно:

- осуществлять метрологические процессы, которые по условиям производства невозможны с участием человека (токсичная, запыленная, загазованная, взрывоопасная среда, высокий уровень радиации рабочего пространства, сверхвысокие быстродействия, монотонные и тяжелые операции и т. п.);
- достичь высокой производительности контроля в условиях быстрой сменяемости производства (гибкого автоматизированного производства), сокращения сроков обучения метрологическим приемам при выпуске новой продукции.

Робот может осуществлять:

- качественную оценку состава рабочей среды;
- установить присутствие определенных объектов, их счет, возможное расположение, дать качественную оценку, сортировку;
- оценку значения параметров имеющихся или изготовляемых предметов (деталей);

- определение правильности функционирования отдельных объектов или их частей.

Роботы первого поколения предназначены только для перемещения грузов различной массы.

Роботы второго поколения являются уже «очувствленными». Для «очувствления» они снабжены различными датчиками, выдающими информацию о состоянии рук, предметов и среды. После преобразования сигналы обрабатываются в ЭВМ и позволяют осуществить управление исполнительными устройствами с учетом фактических ситуаций. По сравнению с роботами первого поколения они обладают повышенной маневренностью, имеют большее число сложных программ и позволяют управлять оборудованием, автоматизировать контроль сборки и другие процессы в производстве с частым изменением условий.

Роботы третьего поколения (интегральные роботы) имеют искусственный интеллект, высокую степень восприятия и распознавания обстановки, способность выработки решений автоматического планирования и контроля операций. Эти роботы могут изменять свои действия (адаптироваться) под влиянием изменения окружающей среды или под воздействием команд от заданной программы. Они могут обрабатывать, собирать и испытывать отдельные виды изделий, управлять несколькими видами оборудования, контрольно-измерительными установками, следить за состоянием оборудования и ходом производства, осуществлять учет продукции на различных стадиях производства, выполнять некоторые конструкторские, исследовательские и лабораторные работы и т. п. Адаптивные роботы могут определять параметры объекта и окружающей среды, оценивать реальную картину, изменять последовательность действий.

Применение микропроцессорных систем контроля позволяет объединять приборы, выполняющие различные функции, в одну контрольно-измерительную систему. В результате совершенствования микропроцессоров и увеличения числа выполняемых ими функций стали появляться универсальные многофункциональные системы — мультиметры. Так, например, использование микропроцессоров в электрических мостовых контролирующих устройствах позволяет при контроле получить на выходе такого устройства одновременно данные о емкости, сопротивлении утечки, тангенсе угла потерь конденсатора и катушки индуктивности, активном и индуктивном сопротивлениях, а также добротности катушки индуктивности. Микропроцессор может управлять временем измерения, осуществлять выбор диапазона измерения, выполнять функции интерфейса. Кроме того, он может обеспечивать автоблокировку, самодиагностирование, статистический анализ, коррекцию ухода нуля, линеаризацию характеристик измерительных преобразователей.

4.12. Измерение температуры

Измерять температуру можно только косвенным путем, основываясь на зависимости от температуры таких физических свойств тел, которые поддаются непосредственному измерению. К ним относят длину, объем, плотность, термоЭДС, электрическое сопротивление и т. д. Вещества, характеризующиеся термометрическими свойствами, называют *термометрическими*.

4.12.1. Температурные шкалы и единицы тепловых величин

Установлено, что нет ни одного термометрического свойства, которое линейно изменяется с изменением температуры и не зависит от других факторов в широком интервале измерения температур.

Фаренгейт (1715 г.), Реомюр (1776 г.), Цельсий (1742 г.) при построении шкал использовали две *опорные*, или *реперные* точки, представляющие собой температуры фазового равновесия чистых веществ, и наличие линейной связи между температурой и термометрическими свойствами жидкости.

Связь между шкалами Цельсия, Реомюра и Фаренгейта можно представить соотношением

$$t°\mathrm{C} = r\ 1{,}25\ t°R = (5/9)(t°F - 32).$$

Создание температурной шкалы, не зависящей от термометрических свойств вещества (абсолютной шкалы), принадлежит Кельвину (1848 г.). *Термодинамическая (абсолютная) шкала* основана на втором законе термодинамики. В соответствии с этим законом коэффициент полезного действия тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, определяется только температурами нагревателя и холодильника и не зависит от свойств вещества. Кельвином для определения температуры было предложено использовать равенство $T_н/T_х = Q_н/Q_х$, где $T_н$, $T_х$ — соответственно температура нагревателя и холодильника; $Q_н$, $Q_х$ — соответственно количество теплоты, полученное рабочим веществом от нагревателя и отданное холодильнику.

Кельвин — 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды. Термодинамическая температура может быть также выражена в градусах Цельсия: $t = T - 273{,}15$ *К*.

В 1968 г. на XIII конференции по мерам и весам была принята усовершенствованная температурная шкала под названием «*международная практическая температурная шкала 1968*» (МПТШ–68).

МПТШ–68 основывается на ряде воспроизводимых состояний равновесия (реперных точек) некоторых веществ — 11 основных и 27 вторичных реперных точек, охватывающих диапазон температур от 13,956 до 3660 *К* (от –259,194 до 3387°*С*). Числовые значения температур по основным реперным точкам, приведенные в табл. 4.2, соответствуют термодинамической шкале и определены с помощью газовых термометров.

Таблица 4.2. Основные реперные точки МПТШ–90

Состояние равновесия	Температура		Состояние равновесия	Температура	
	T_{68}, К	t_{68}, °С		T_{68}, К	t_{68}, °С
Тройная точка водорода	13,81	–259,34	Точка кипения воды	373,15	100
Точка кипения водорода	20,28	–252,87	Точка затвердевания олова	505,1181	231,9681

Состояние равновесия	Температура		Состояние равновесия	Температура	
	T_{68}, К	t_{68}, °С		T_{68}, К	t_{68}, °С
Точка кипения неона	27,102	−246,048	Точка затвердевания цинка	692,73	419,58
Тройная точка кислорода	54,361	−218,789	Точка затвердевания серебра	1235,08	961,93
Точка кипения кислорода	90,188	−182,962	Точка затвердевания золота	1337,58	1064,430
Тройная точка воды	273,16	0,01			

В 1990 г. в значения некоторых реперных точек внесены корррективы. С этого года температурная шкала называется МТШ–90.

Газовые термометры бывают трех типов: постоянного объема, постоянного давления и постоянной температуры. В газовом термометре постоянного объема (рис. 4.68) изменение температуры газа пропорционально изменению давления. Газовый термометр состоит из баллона 1 и соединительной трубки 2, заполненных через вентиль 3 водородом, гелием или азотом (для высоких температур). Соединительная трубка 2 подсоединена к трубке 4 двухтрубного манометра, у которого трубку 5 можно перемещать вверх и вниз благодаря гибкому соединительному шлангу 6.

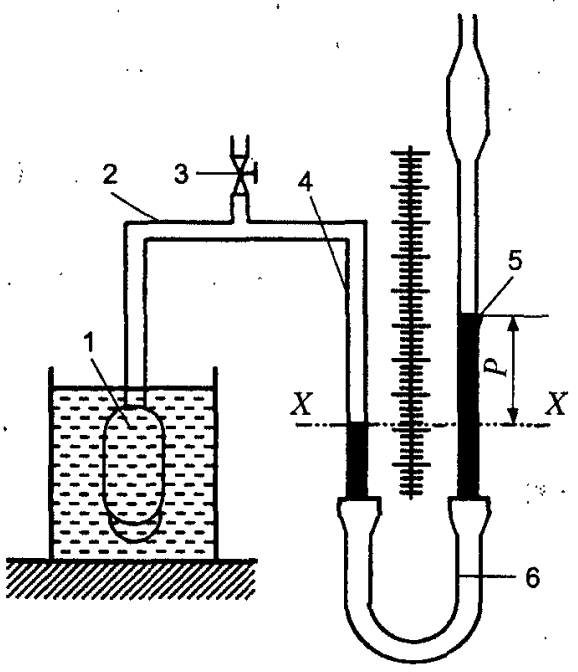


Рис. 4.68. Схема газового термометра

При измерении температуры объем системы, заполненной газом, изменяется, и для приведения его к первоначальному значению трубку 5 вертикально перемещают до тех пор, пока уровень ртути в трубке 4 не совпадет с осью *X X*. При

этом столб ртути в трубке 5, отсчитанный от уровня $X–X$, будет соответствовать давлению газа P в баллоне. Если при температуре тройной точки воды T_0 давление газа в баллоне равно P_0, то при измеренном давлении P искомая температура $T = T_0 \cdot P/P_0$.

Интерполяция между реперными точками шкалы производится с помощью эталонных: платинового термометра сопротивления в интервале от 13,81 до 903,89 *К*; платинородий-платиновой термопары в интервале температур от 903,89 до 1337,58 *К*; квазимонохроматического термометра с использованием закона излучения Планка при температуре свыше 1337,58 *К*.

По системе СИ единицы некоторых тепловых величин, применяемые в Российской Федерации, приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Единицы тепловых величин

Величина	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Температура	Кельвин	К	K
Количество теплоты	Джоуль	Дж	J
Теплоемкость, энтропия	Джоуль на кельвин	$Дж \cdot К^{-1}$	$J \cdot K^{-1}$
Тепловой поток	Ватт	Вт	W
Коэффициент теплообмена, коэффициент теплопередачи	Ватт на квадратный метр-кельвин	$Вт \cdot м^{-2} \cdot К^{-1}$	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Коэффициент теплопроводности	Ватт на метр-кельвин	$Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Температурный коэффициент линейного расширения	Метр на метр-кельвин	$м \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$	$m \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Температурный коэффициент объемного расширения	Кубический метр на кубический метр-кельвин	$м^3 \cdot м^{-3} \cdot К^{-1}$	$m^3 \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$

4.12.2. Механические контактные термометры

К механическим контактным термометрам относятся: дилатометрические, биметаллические, жидкостные стеклянные, жидкостные манометрические, конденсационные манометрические и газовые.

Дилатометрический термометр (рис. 4.69, *а*) выполняется в виде металлической трубки с большим температурным коэффициентом линейного расширения и стержня (например, фарфорового) с малым коэффициентом линейного расширения, скрепленных между собой. Разность перемещений концов трубки и стержня, вызванная изменением температуры, воспринимается рычажно-зубчатой системой и передается на отсчетное устройство.

Биметаллический термометр (рис. 4.69, *б*) состоит из двухслойной металлической ленты с разными коэффициентами линейного расширения. Наибольшее распространение получили ленты из латуни и инвара. При изменении температуры лента изменяет форму, что передается на отсчетное устройство.

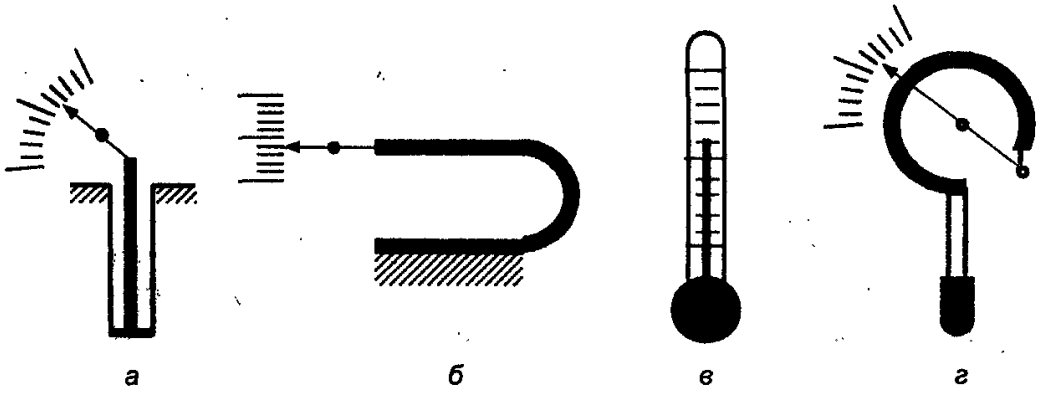


Рис. 4.69. Схемы механических контактных термометров

Жидкостный стеклянный термометр (рис. 4.69, *в*) имеет стеклянный баллон с капилляром, заполненный термометрической жидкостью. В связи с различием коэффициентов объемного расширения стеклянного баллона с капилляром и термометрической жидкости появляется возможность измерения температуры.

Жидкостный манометрический термометр (рис. 4.69, *г*) состоит из термобаллона, погружаемого в среду, температура которой подлежит измерению, соединительного металлического капилляра и упругого чувствительного элемента. Вся система заполнена термометрической жидкостью. При повышении температуры жидкость расширяется, что приводит к деформации упругого чувствительного элемента.

Конденсационный манометрический термометр (рис. 4.69, *г*) по конструкции повторяет жидкостный манометрический и отличается только тем, что его термобаллон частично заполняется низкокипящей жидкостью. Давление насыщенных паров над жидкостью, являющееся мерой температуры, преобразуется в перемещение упругого чувствительного элемента.

Газовый термометр рассмотрен в п 4.12.1 (рис. 4.68).

4.12.3. Электрические контактные термометры

Термометр сопротивления металлический (рис. 4.70, *а*) состоит из чувствительного элемента в виде терморезистора, защитного чехла и соединительной головки.

Чувствительный элемент металлического термометра сопротивления выполняется в виде обмотки на каркасе из теплостойкого изоляционного материала. О температуре судят по изменению электрического сопротивления его чувствительного элемента, падению напряжения на нем при постоянном токе или значению тока при постоянном напряжении.

Термометр сопротивления полупроводниковый (рис. 4.70, *б*) аналогичен металлическому, но его чувствительный элемент выполнен в виде шайбы или бусинки из полупроводникового материала с двумя электрическими выводами.

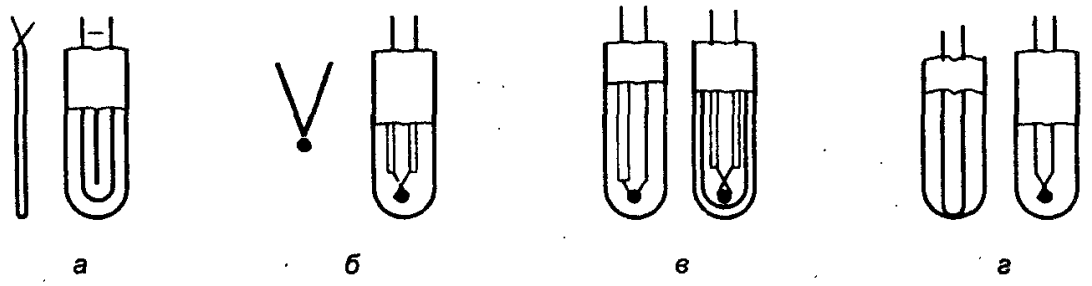


Рис. 4.70. Схемы электрических контактных термометров

Термоэлектрический термометр состоит из термопары, защитного чехла и соединительной головки. Термопара служит чувствительным элементом и состоит из двух термоэлектродов из различных материалов. Один (холодный) спай термопары поддерживается при постоянной температуре. ТермоЭДС, развиваемая термопарой, является мерой температуры второго (горячего) спая. На рис. 4.70, *в* приведена схема стандартной термоэлектрической термопары, а на рис. 4.70, *г* — термопары в тонком чехле.

4.12.4. Пирометры излучения

Все физические тела, температура которых превышает абсолютный нуль, испускают тепловые лучи. Средства измерения, определяющие температуру тел по их тепловому излучению, называют пирометрами излучения, или пирометрами.

Тепловое излучение представляет собой электромагнитное излучение, испускаемое веществом за счет его внутренней энергии.

Ввиду того, что интенсивность теплового излучения резко убывает с уменьшением температуры тел, пирометры используются в основном для измерения температуры от 300 до 6000°С и выше. Для измерения температур выше 3000 °С методы пирометрии являются единственными, так как они не требуют непосредственного контакта датчика прибора с объектом измерения.

В качестве величин, характеризующих тепловое излучение тел, в пирометрии используется *спектральная энергетическая светимость* (интенсивность монохроматического излучения, или излучательность) E^*_λ, *полная энергетическая светимость* (интегральная излучательность) E^*, а также *спектральная энергетическая яркость* B^*_λ (индекс * относится к абсолютно черному телу).

Пирометры, измеряющие яркостную температуру по спектральной яркости в видимой части спектра, называют *оптическими* и *фотоэлектрическими*.

Яркостной температурой $T_я$ реального тела называют такую температуру абсолютно черного тела, при которой его спектральная яркость $B^*_{\lambda\, T_я}$ равна спектральной яркости реального тела B_λ при его действительной температуре T.

Приборы, измеряющие температуру по значению отношения энергетических яркостей в двух спектральных интервалах, называют *цветовыми пирометрами*, или *пирометрами спектрального отношения*.

Цветовой температурой $T_ц$ реального тела, имеющего истинную температуру T, называется такая температура черного тела, при которой отношение его спектральных энергетических яркостей $B^*_{\lambda 1\, T_ц} / B^*_{\lambda 2\, T_ц}$ при длинах волн λ_1 и λ_2 равно

отношению спектральных энергетических яркостей реального тела $B_{\lambda 1} / B_{\lambda 2}$ при тех же длинах волн.

Приборы, измеряющие температуру тела по интегральной излучательности, называют *радиационными пирометрами*, или *пирометрами полного излучения*. Если чувствительный элемент радиационного пирометра воспринимает интегральную излучательность не во всем диапазоне длин волн от 0 до ∞, а в некотором ограниченном интервале длин волн от λ_1 до λ_2, то такой пирометр называют *пирометром частичного излучения*.

Радиационной температурой T_p реального тела, имеющего истинную температуру T, называют такую температуру черного тела, при которой его интегральная излучательность E^* равна интегральной излучательности реального тела E.

4.12.4.1. Приемники полного излучения

Приемники полного излучения отличаются тем, что их спектральная чувствительность постоянна в широком диапазоне длин волн от дальней инфракрасной области до ближней ультрафиолетовой. Их чувствительность не зависит от длины волны. Для увеличения поглощательной способности чувствительные поверхности приемников окрашивают в черный цвет. В длинноволновой области (начиная с 20 мкм) чувствительные поверхности приемника выполняются в виде незачерненных металлических слоев определенной толщины. Для уменьшения теплоотвода в среду приемник излучения помещают в вакуумированные или газонаполненные корпуса. Применяются следующие типы приемников полного излучения: термобатареи, болометры, тепловые быстродействующие индикаторы, пироэлектрические кристаллы и др.

Термобатареи выполняются на основе термопар, соединенных последовательно (до 20 термопар). Их горячие спаи располагаются на узком участке поверхности, на который фокусируется излучение. Термопары выполняются в виде тонкой фольги, проволоки или тонкой пленки, полученной методом испарения в вакууме.

Болометры — это термометры сопротивления, изготовленные либо из фольги проводящих материалов с температурным коэффициентом сопротивления $\alpha_R \approx 10^{-3}$ K^{-1}, либо из полупроводников (термисторов) с $\alpha_R \approx 10^{-3}$ K^{-1}. Чувствительная поверхность болометра из фольги для увеличения поглощающей способности зачерняется.

Схемы включения болометров требуют наличия источника питания.

Тепловые быстродействующие индикаторы выполняются в виде тонкослойной термопары или болометра, в которых активный слой имеет хороший тепловой контакт с основанием. Это дает возможность достичь сравнительно высокого быстродействия. Поэтому они используются в первую очередь для идентификации мощных сигналов, например, для регистрации высокочастотного модулированного лазерного излучения.

Пироэлектрические приемники излучения — это кристаллы с определенным видом симметрии, в которых в зависимости от изменения температуры проявляется эффект спонтанной поляризации. Поэтому данные приемники излучения не требуют дополнительных источников питания.

Сильнее всего пироэлектрические свойства проявляются в таких материалах, как монокристаллы и керамика титаната бария, монокристаллы триглицинсульфата и ниобата бария-стронция.

4.12.4.2. Фотоэлектрические приемники излучения

Спектральная чувствительность фотоэлектрических приемников излучения неодинакова для различных длин волн и наиболее велика в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. По сравнению с приемниками полного излучения фотоэлектрические обладают большим быстродействием и имеют более протяженные светочувствительные поверхности.

Такие приемники могут быть с внутренним фотоэффектом (фотоэлементы, фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы) и с внешним фотоэффектом (фотоэлементы с внешним фотоэффектом, фотоумножители).

Фотодиоды— это структура, в которой при поглощении фотона образуется пара электрон — дырка. Возникающая разность потенциалов является мерой потока излучения.

Фототранзисторы представляют собой структуру, базовая область которой может облучаться светом. Фототранзистор служит, таким образом, одновременно и усилителем фототока, поэтому по сравнению с фотодиодом он имеет на порядок большую чувствительность, однако меньшее быстродействие.

Фоторезисторы — это полупроводниковые элементы, меняющие свою электропроводность под действием излучения. Благодаря большой допускаемой мощности рассеяния с помощью фоторезисторов можно коммутировать большие токи, достаточные для переключения электромагнитных реле.

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом выполняются обычно в виде стеклянного вакуумированного или газонаполненного баллона, внутри которого размещаются анод и катод в виде фоточувствительного слоя, нанесенного на внутреннюю поверхность баллона.

При освещении фотокатода освобождаются электроны, и при подключении анодного напряжения от внешнего источника возникает фототок, пропорциональный потоку излучения.

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом обладают высоким внутренним сопротивлением и работают при больших разностях потенциалов, поэтому их выходные сигналы можно использовать непосредственно для управления исполнительными устройствами.

Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) — это устройство, содержащее в одном баллоне вакуумный фотоэлемент и вторичный электронный усилитель. Поток излучения освобождает из фотокатода электроны, которые разгоняются в электрическом поле и фокусируются на эмиттеры (диноды). При попадании каждого ускоренного электрона на динод освобождается от 5 до 10 новых электронов. Фотоумножители могут иметь 9–14 динодов и увеличивать общее число фотоэлектронов в 10^9 раз.

4.12.4.3. Пирометры

Все пирометры подразделяются на: пирометры **полного излучения** (пирометры с преломляющей и отражающей оптическими системами), **квазимонохроматические** пирометры (пирометры с исчезающей нитью и с оптическим клином), **пирометры спектрального распределения** (пирометры сравнения и спектрального отношения).

В *пирометрах полного излучения* используется не менее 90% суммарного потока излучения источника. При измерении температуры реального тела пирометр полного излучения показывает не действительную, а так называемую *радиационную температуру* тела. При известном суммарном коэффициенте черноты тела возможен пересчет с радиационной температуры тела на его действительную температуру.

Недостатком пирометров полного излучения является то, что для определения действительной температуры необходимо знать коэффициенты черноты, а точность показаний пирометра зависит не только от стабильности коэффициента черноты, но и от поглощения излучения окружающей средой и оптической системой пирометра. Пирометры полного излучения удобно использовать поэтому не при измерении действительной температуры, а при измерениях разностей температур в неизменных условиях наблюдения.

В *пирометрах с преломляющей оптической системой* (рис. 4.71, *а*) излучение от объекта 1 через линзовый объектив 2 и диафрагму 3 поступает на приемник полного излучения 4. Для наводки на объект измерения служит окуляр 6 с дымчатым светофильтром 5 и диафрагмой 7. Отсчетным устройством является милливольтметр 8.

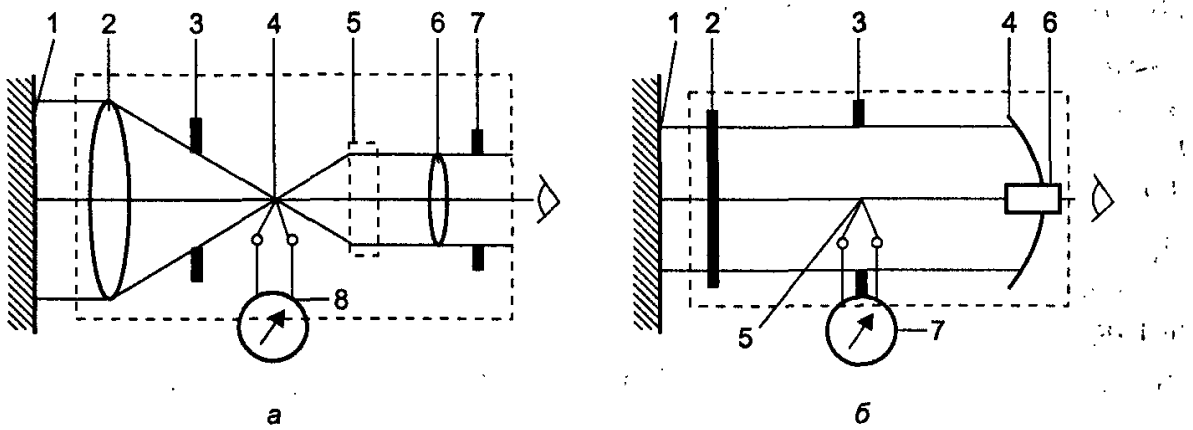


Рис. 4.71. Схемы пирометров полного излучения: *а* — с преломляющейся оптической системой; *б* — с отражательной оптической системой

В *пирометрах с отражающей оптической системой* (рис. 4.71, *б*) излучение от объекта 1 попадает на приемник излучения 5 после прохождения через защитную полиэтиленовую пленку 2, диафрагму 3 и вогнутое зеркало 4. Для наводки на объект излучения служит зрительная труба 6, отсчет показаний производится по шкале милливольтметра 7. Полиэтиленовая пленка прозрачна для инфракрасного излучения и служит для защиты оптической системы пирометра от загрязнения и потоков воздуха.

Квазимонохроматические пирометры частичного излучения работают в узком диапазоне длин волн. При измерении устанавливается связь между действительной и *яркостной температурой*

В *пирометрах с исчезающей нитью* (рис. 4.72, *а*) в задней фокальной плоскости объектива 2 размещается нить лампы накаливания 3. Оператор 7 через окуляр 4, диафрагму 5 и фильтр 6 видит изображение нити лампы на фоне объекта 1. Наблюдение ведется в монохроматическом свете (обычно $\lambda = 0{,}65$ мкм), создаваемом фильтром из красного стекла. С помощью реостата силу тока через лампу накаливания изменяют до тех пор, пока спектральные интенсивности излучения нити лампы и объекта не станут равными друг другу. В этот момент изображение нити исчезает на фоне объекта. Миллиамперметр 8 можно проградуировать в градусах температуры.

Пирометр с оптическим круговым клином (рис. 4.72, *б*) является модификацией вышеописанного пирометра. В нем яркостную температуру нити лампы накаливания 3 поддерживают постоянной, а уравнивание яркостей осуществляется перемещением оптического клина 2, пропускающего больше или меньше света от объекта 1. По положению клина можно судить о яркостной температуре объекта.

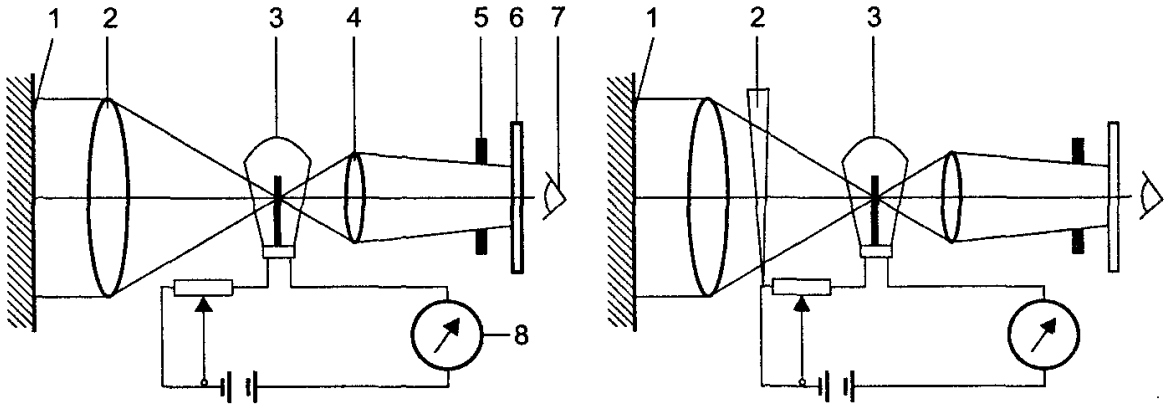


Рис. 4.72. Схемы квазихроматических пирометров (частичного излучения): *а* — с исчезающей нитью; *б* — с оптическим клином

Пирометры спектрального распределения основаны на использовании зависимости интенсивности спектрального излучения нагретых тел от температуры и длины волны излучения. Мерой температуры может быть цвет излучающего объекта или отношение спектральных интенсивностей на двух различных длинах волн.

Поскольку в большинстве случаев характер зависимости спектральной интенсивности излучения от длины волны приблизительно одинаков для черного тела и реальных излучателей, то и различие между цветовой и действительной температурами невелико.

В *пирометрах сравнения* (рис. 4.73, *а*) отношение спектральных интенсивностей оценивается субъективно по цветовому ощущению, создаваемому смесью двух монохроматических пучков. Излучение от объекта 1 через объектив 2, нейтральный оптический клин 3 и двойной светофильтр 4 направляется к фотометриче-

скому кубику 5. Двойной светофильтр выполнен в виде двух клиньев (красного и зеленого), относительным перемещением которых можно изменять соотношение между интенсивностями красного и зеленого цветов. На фотометрический кубик поступает также излучение от лампы накаливания 12 через матовое стекло 11, красный и зеленый светофильтры 10 и объектив 9. Через окуляр 6 и диафрагму 7 наблюдатель 8 видит два участка, соответствующих излучению от объекта и лампы, окрашенных смесью зеленого и красного цветов с различным соотношением их интенсивностей. Взаимным смещением оптических клиньев двойного светофильтра уравнивают соотношение интенсивностей красного и зеленого цветов излучения объекта и излучения лампы накаливания. Для уравновешивания соотношения цветов необходимо равенство яркостей излучения объекта и лампы. Этого добиваются изменением положения нейтрального оптического клина 3. После уравновешивания положения нейтрального клина определяют яркостную температуру; положение одного из клиньев двойного светофильтра 4 определяет цветовую температуру объекта.

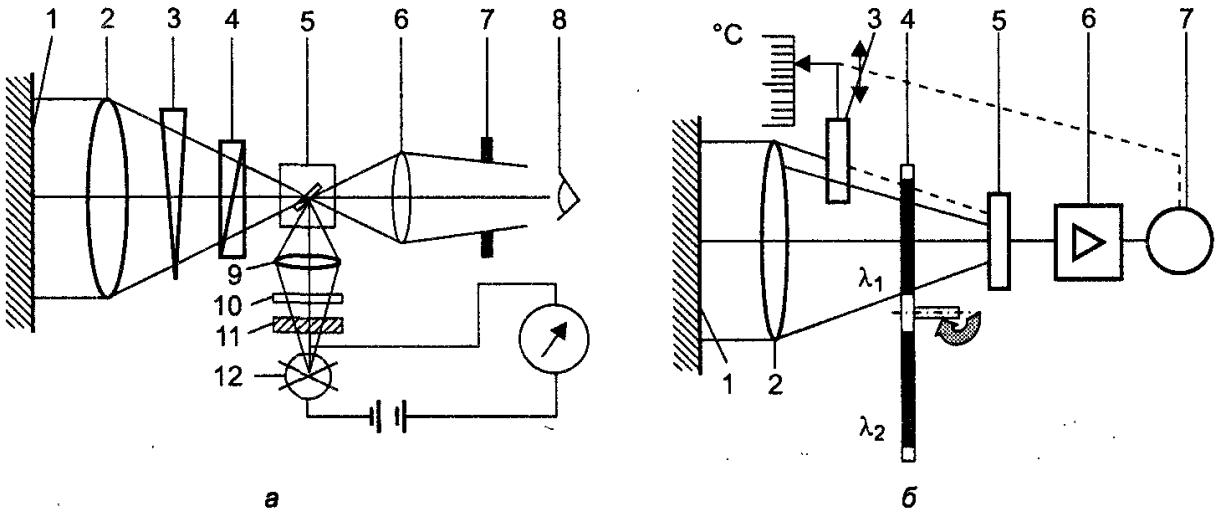


Рис. 4.73. Схемы пирометров спектрального распределения: *а* — сравнения; *б* — спектрального отношения

Оператор, работающий с пирометром сравнения, должен, конечно, обладать хорошим цветоощущением. В *пирометрах спектрального отношения* (рис. 4.73, *б*) вводится модуляция светового потока. Световой поток, пройдя от измеряемого объекта 1 через объектив 2, прерывается обтюратором с двумя светофильтрами 4, пропускающими излучение на двух длинах волн (λ_1 и λ_2), к фотоэлементу 5. Переменная составляющая выходного сигнала фотоэлемента усиливается усилителем 6 и подается на реверсивный двигатель 7, который перемещает уравновешивающий фильтр 3 до тех пор, пока не уравняются интенсивности излучения на обеих длинах волн. В положении равновесия перемещение фильтра является мерой измеряемой температуры.

Основное преимущество пирометров спектрального отношения заключается в независимости их показаний от излучательной способности объекта, а также от наличия дыма, пыли и испарений в пространстве между объектом и пирометром.

5 Основы сертификации

5.1. Основные понятия, цели и объекты сертификации

Сертификация — форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Сертификация продукции является одним из путей обеспечения высокого качества продукции, повышения научного и торгово-экономического сотрудничества между странами, укрепления доверия между ними.

В сертификации продукции, услуг и иных объектов участвуют первая (изготовитель или продавец), вторая (потребитель или покупатель), третья стороны.

Третья сторона — лицо или орган, признаваемые независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе (ИСО/ МЭК 2).

Система сертификации — совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Оценка соответствия — прямое или косвенное определение соблюдения требований к объекту.

Подтверждение соответствия — документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Форма подтверждения соответствия — определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Сертификат соответствия — документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Знак обращения на рынке — обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов. Изображение знака обращения на рынке устанавливается Правительством РФ. Он не является специальным защищенным знаком и наносится в информационных целях.

Знак соответствия — обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту.

Декларирование соответствия — форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Декларация о соответствии — документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

Заявитель — физическое или юридическое лицо, осуществляющее обязательное подтверждение соответствия.

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

Идентификация продукции — установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам.

Перечни продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии, утверждаются постановлением правительства Российской Федерации. Декларация о соответствии имеет юридическую силу наравне с сертификатом.

К *объектам сертификации* относятся продукция, услуги, работы, системы качества, персонал, рабочие места и пр.

В соответствии с законом РФ «О техническом регулировании» *сертификация осуществляется в целях*:

- удостоверения соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;
- содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Сертификация имеет ряд достоинств особенно в международных торгово-экономических отношениях. Она способствует: достижению доверия к качеству изделий; предотвращению импорта в страну изделий, не соответствующих требуемому уровню качества продукции; предотвращению экспорта аналогичной продукции; упрощению выбора продукции потребителем; защите изготовителя от конкуренции с поставщиками несертифицированной продукции и обеспечению ему рекламы и рынка сбыта; улучшению «качества» стандартов путем выявления в них устарелых положений и стимулированию переработки этих стандартов.

5.2. История развития сертификации

«Сертификат» в переводе с латыни означает «сделано верно».

Хотя термин «сертификация» стал известен в повседневной жизни и коммерческой практике сравнительно недавно (в последнее десятилетие), тем не менее сертификация как процедура применяется давно и термин «сертификат» известен с XIX в.

Так, энциклопедический словарь Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона, изданный в 1900 г., трактует сертификат как «удостоверение», а экономисты определяют сертификат как «денежное свидетельство на определенную сумму» или как «облигацию специального государственного займа».

Имеются сведения о том, что производители товаров издавна гарантировали качество своих изделий, в том числе письменно, то есть снабжали их (по современной терминологии) «заявлениями о соответствии».

В метрологии сертификация давно известна как деятельность по официальной проверке и клеймению (или пломбированию) прибора (весов, гирь). Клеймение свидетельствует о том, что прибор удовлетворяет сертификационным требованиям по его конструктивным и метрологическим характеристикам. Более 100 лет термин «сертификат» используется в международной метрологической практике. Так, сопроводительный документ к полученному Россией в 1879 г. прототипу килограмма имел следующее название: «Международный комитет мер и весов. Сертификат Международного бюро мер и весов для прототипа килограмма № 12, переданного Министерству финансов Российской Империи». Для этого прототипа килограмма были проведены «сертификационные испытания». Для всей группы прототипов (всего 42) было проведено 1092 взвешивания для сравнения между собой и с международным (главным) прототипом, который, в свою очередь, был сличен с архивным килограммом.

Описанный опыт является примером сертификации третьей стороной — Международным бюро мер и весов.

В течение нескольких столетий действуют так называемые «классификационные организации», которые, будучи неправительственными и независимыми организациями, оценивают безопасность судов для целей их страхования. По существу, это тоже сертификация третьей стороной — сертификация соответствия. Примером классификационной организации является Регистр Ллойда — авторитетнейшая международная организация, которая имеет представительства в 127 странах мира и в течение двух столетий остается мировым лидером сертификационных организаций.

В России также есть классификационная организация — Морской Регистр, созданный в 1913 г. С самого начала Русский Регистр (так он сначала назывался), основанный страховыми компаниями, занимался тем, что сейчас называют сертификацией гражданских судов на их безопасность. Причем эта сертификация сразу же стала проводиться по международным правилам. Поэтому уже тогда она была не только престижна, но и выгодна судовладельцам: страховка судна, безопасность которого подтверждается авторитетнейшей организацией, дешевле, а его фрахт дороже. Сегодня Морской Регистр — одна из авторитетных организаций, занимающихся сертификацией систем качества.

Ведущие экономические державы начали развивать процессы сертификации в 20–30-е гг. XX века. В 1920 г. Немецкий институт стандартов (DIN) учредил в Германии знак соответствия стандартам DIN, зарегистрированный в ФРГ в соответствии с законом о защите торговых знаков.

Сертификация в России начала проводиться в 1993 г. в соответствии с Законом РФ «О защите прав потребителей», который установил обязательность сертификации безопасности товаров народного потребления.

Предшественницей российской сертификации была сертификация в СССР отечественной экспортируемой продукции. Первоначально она проводилась в зарубежных центрах и ее обязательность фактически устанавливалась не отечественными законами, а законодательством тех стран, в которые товары поставлялись из СССР.

В 1984 г. правительством СССР было принято Постановление о сертификации экспортируемой продукции. В 1986 г. Госстандартом был введен в действие Временный порядок сертификации продукции машиностроения.

В 1988 г. странами — членами СЭВ была подписана Конвенция о системе оценки качества и сертификации взаимопоставляемой продукции (СЕПРО СЭВ). В СССР эта система была введена в 1988 г. Система СЕПРО СЭВ предусматривала проведение сертификации с использованием как стандартов СЭВ, так и других международных норм и лучших национальных стандартов. Указанная система фактически ввела международную аккредитацию испытательных лабораторий и международную аттестацию. К 1991 г. в стране функционировало 14 испытательных центров, было аттестовано несколько производств.

Вместе с тем в СССР осуществлялась оценка соответствия продукции установленным требованиям в других формах: аттестация по категориям качества; государственная приемка продукции; государственные испытания (им подвергалось около 30 % продукции, аттестованной по категориям качества); государственный надзор за стандартами.

В России после ликвидации СССР аттестация продукции по категориям качества, государственные испытания и государственная приемка продукции были официально отменены.

5.3. Правовое обеспечение сертификации

Деятельность по сертификации в России законодательно регулируется и обеспечивается:

- законами РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г., «Об обеспечении единства измерений» в редакции 2003 г., «О защите прав потребителей» в редакции 1999 г., «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора)» в редакции 2003 г.;
- подзаконными актами, направленными на решение отдельных социально-экономических задач и предусматривающими использование для этой цели обязательной сертификации;

- указами президента и нормативными актами правительства России (постановление Правительства РФ от 12 февраля 1994 г. № 100 «Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг», Распоряжение Правительства РФ от 20 февраля 1995 г. № 255-р «О программе демонополизации в сферах стандартизации, метрологии и сертификации», постановление Госстандарта России в редакции 2002 г. «Правила по проведению сертификации в Российской Федерации» и др.).

Нормативно-методическая база сертификации включает:

- совокупность нормативных документов, на соответствие требованиям которых проводится сертификация продукции и услуг, а также документов, устанавливающих методы проверки соблюдения этих требований (примерно 12 тысяч наименований);
- комплекс организационно-методических документов, определяющих правила и порядок проведения работ по сертификации (серия правил по сертификации и комментариев к ним).

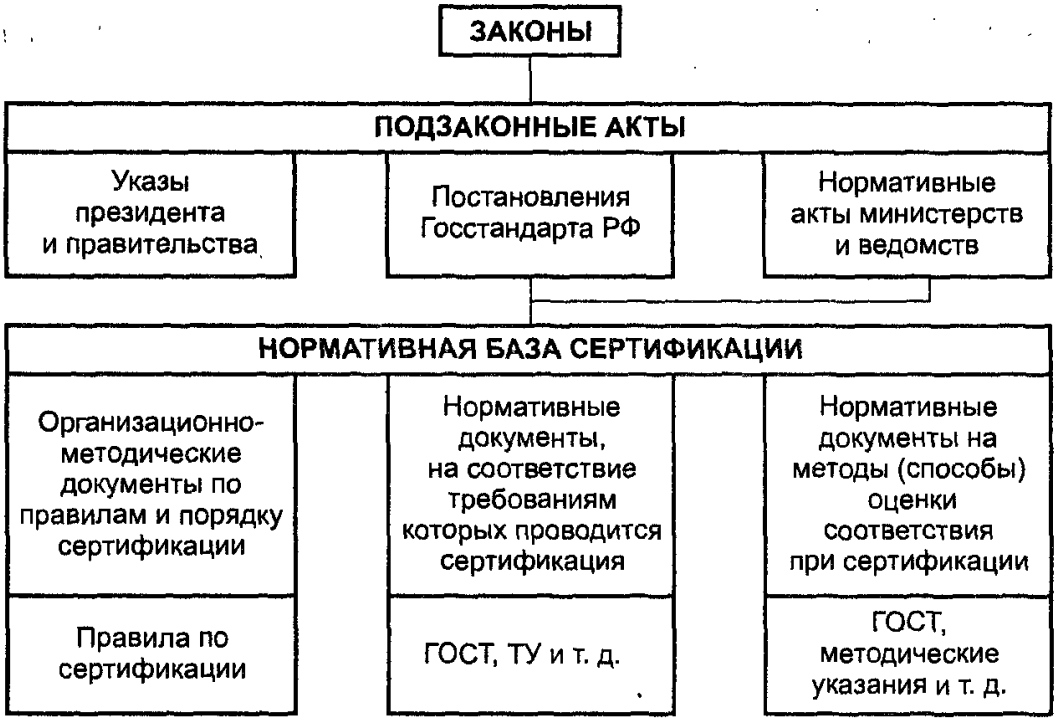


Рис. 5.1. Структура законодательной и нормативной базы сертификации [36]

Структура законодательной и нормативной базы сертификации представлена на рис. 5.1.

5.4. Роль сертификации в повышении качества продукции

Коренное повышение качества продукции в современных условиях является одной из ключевых экономических и политических задач. Именно поэтому на ее решение направлена совокупность таких мер, как стандартизация, государственный надзор за ее качеством, совершенствование системы разработки и постанов-

ки продукции на производство, организация всесторонних испытаний продукции, наконец, ее сертификация.

Сертификация продукции является важным средством обеспечения торговых позиций в конкурентной борьбе между отдельными товаропроизводителями.

В сертификации заинтересованы не только изготовитель (в целях повышения конкурентоспособности своих товаров) и потребитель (в целях получения гарантий соответствия определенных характеристик изделий заявлениям изготовителя), но и общественные и частные производственные, потребительские и научно-технические организации, правительства большинства стран и даже межправительственные организации.

5.5. Качество и конкурентоспособность продукции

5.5.1. Общие сведения о конкурентоспособности продукции

Конкурентоспособность товара есть не что иное, как возможность его успешной продажи на данном рынке в определенный момент времени. На современном рынке только тот товар оказывается конкурентоспособным, который создается в расчете на определенного покупателя. Непроданный товар не может считаться качественным товаром, даже если соответствует стандарту, если технология его производства отработана, а изготовитель высоко его оценил.

Работать на потребителя, добиваться такого качества, которое ему необходимо, то есть управлять качеством, как показала практика преуспевающих фирм, можно тогда, когда система качества создается на базе исследования рынка.

Конкурентоспособность зависит от ряда факторов: качества товара и его новизны; цены товара; условий платежа; срока поставки товара; организации рекламы и расходов на нее; размера налогов и таможенного обложения; насыщенности рынка аналогичными товарами; платежеспособности населения; уровня технического обслуживания; наличия на рынке запасных частей и. т. д.

Часто конкурентоспособность товара определяется еще и такими факторами, как затраты потребителей на эксплуатацию изделий, их привычки, мода («имидж»), протекционизм, политическая обстановка (для экспортируемых товаров).

Однако основными показателями конкурентоспособности стали качество товара и его новизна. Сейчас обязательным условием для выживания фирмы или даже целой отрасли промышленности считается: «конкурентоспособное качество — ключ к коммерческому успеху». Так, при обследовании 200 крупных фирм США 80 % опрошенных ответили, что качество изделий является основным фактором для реализации товара по выгодной цене. Ни одна фирма не поставила цену товара на первое место.

П. С. Завьялов [12] дал следующую формулировку конкурентоспособности товара: «Под конкурентоспособностью понимается комплекс потребительских и стоимостных характеристик товара, определяющих его успех на рынке, то есть

способность именно данного товара быть обмененным на деньги в условиях широкого предложения к обмену других конкурирующих товаров-аналогов».

Для исследования рынка и анализа деятельности фирмы необходимо иметь критерии оценки уровня конкурентоспособности товара. Однако многообразие факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции, затрудняет определение количественного его значения по всем показателям одновременно. Поэтому часто для этого используют экономические показатели.

Оценка конкурентоспособности товара требует изучения и анализа ряда факторов:

- требований внешнего и внутреннего рынка и прежде всего к качеству реализуемых на нем изделий;
- основных направлений создания и изготовления продукции, пользующейся спросом на внешнем и внутреннем рынке;
- перспектив продажи конкретных изделий;
- цен на продукцию, предназначенную на продажу;
- возможности аттестации и сертификации продукции;
- уровня и качества рекламы товара, предлагаемого потребителю (в том числе и иностранному).

В основу расчета экономических показателей конкурентоспособности товара может быть положено сопоставление полных затрат потребителя, состоящих из единовременных и эксплуатационных (текущих) затрат.

Единовременные затраты включают в себя расходы на приобретение продукции (контрактная цена), таможенные пошлины и другие сборы, расходы на транспортирование, монтаж и наладку.

Эксплуатационные (текущие) затраты включают в себя оплату труда обслуживающего продукцию персонала, расходы на топливо и энергию, затраты на ремонт и др.

Один из методов комплексной оценки уровня конкурентоспособности основан на сопоставлении интегральных показателей качества оцениваемой и базовой продукции:

$$K_{(I)} = \frac{И}{И_б} = \frac{Пс}{Пс_б}\,\frac{З_б}{З},$$

где $И$, $И_б$ — интегральный показатель качества соответственно оцениваемого и базового образцов;

$Пс$, $Пс_б$ — суммарный полезный эффект от эксплуатации за срок службы соответственно оцениваемого и базового образцов;

$З$, $З_б$ — полные затраты на приобретение и эксплуатацию соответственно оцениваемого и базового образцов.

Полные затраты на приобретение и эксплуатацию оцениваемого и базового образцов определяются по формулам

$$З = Зп + \sum_{i=1}^{T} З_i \text{ и } З_б = Зп_б + \sum_{i=1}^{T} З_{бi},$$

где $Зп$, $Зп_б$ — единовременные затраты на приобретение оцениваемого и базового образцов;

$З_i$, $З_{бi}$ — суммарные эксплуатационные затраты оцениваемого и базового образцов, относящиеся к i-му году;

T — срок службы в годах.

При неполной информации об эксплуатационных затратах следует применять относительный интегральный показатель

$$K_{(t)} = \frac{Пс'}{q_З\, m_{Зб} + T' \sum_{i=1}^{n} P_i\, m_{iб}},$$

где $Пс = Пс/Пс_б$ — отношение полезных эффектов от эксплуатации или потребления оцениваемого и базового образцов;

$q_З = З/З_б$ — отношение единовременных затрат потребителя на приобретение оцениваемого и базового образцов;

$m_{Зб}$ — коэффициент долевого участия затрат производителя на приобретение базового образца в полных затратах;

T' — отношение оптимальных сроков службы оцениваемого и базового образцов;

$p = P_i/P_{iб}$ — относительное значение i-го показателя качества продукции;

(P_i, $P_{iб}$ — значение i-го показателя качества оцениваемого и базового образцов, выраженное в натуральных единицах);

$m_{iб}$ — коэффициент долевого участия i-го показателя качества базового образца, выраженного в стоимостных единицах, в полных затратах:

$$m_{iб} + \ldots + m_{nб} = 1.$$

При $K_{(t)} \geq 1$ продукция является конкурентоспособной, а при $K_{(t)} < 1$ продукция будет неконкурентоспособной на конкретном рынке.

Существует ряд других методов оценки конкурентоспособности продукции, например ценовой, по сравнительной стоимости, по сравнительной прибыльности.

При *ценовом методе* товар считается конкурентоспособным, если его продажная цена, дизайн и качество не уступают таким же характеристикам товаров-аналогов, представленных на рынке.

Конкурентоспособность по *сравнительной стоимости* понимается как сравнительная стоимость единицы труда в обрабатывающей промышленности сравниваемых фирм, подсчитанная в одной валюте.

Мерой конкурентоспособности по *сравнительной прибыльности* является норма прибыли компании.

В связи с обострением конкурентной борьбы понятие «конкурентоспособность» часто распространяется не только на товар, но и на предприятие, компанию или даже на страну.

Наиболее часто необходимость в оценке конкурентоспособности возникает еще до появления новой продукции, то есть на этапе ее проектирования и разработки. Именно на этом этапе закладывается до 80 % будущих эксплуатационных расходов потребителя.

Важным аспектом конкурентоспособности изделия *является степень его новизны и соответствия требованиям потребителя.* Данный показатель определяется интенсивностью научно-исследовательских работ и прежде всего в области машиностроения.

Одной из появившихся в последнее время тенденций определения конкурентоспособности товаров и соответственно их производителей является оценка на основе *патентной информации.* 80% информации, содержащейся в патентах на изобретения, невозможно найти ни в каких других источниках. Информация о патентовании изобретений конкурирующей компанией очень важна для предприятия в его конкурентной борьбе.

Пути достижения конкурентоспособности продукции. Выпуск новых технически сложных машин и оборудования, других конкурентоспособных товаров ведет к дальнейшему обострению конкурентной борьбы и соответственно к созданию все более совершенных изделий.

На сегодня ни одна страна не в состоянии по всем видам промышленного оборудования находиться на уровне современных требований. Поэтому стремятся к сосредоточению усилий на создании ограниченной номенклатуры такой продукции, которая может найти спрос и реализация которой позволит получить максимум прибыли. Отсюда высокая степень концентрации и специализации научно-технических работ и исследований, объединение капиталов, расширение международного научно-производственного кооперирования отдельных фирм или даже стран.

Так, в Китае с 1978 г. проводится в жизнь реформа в отношении управления качеством продукции, в основе которой лежит использование иностранного опыта управления применительно к условиям, типичным для китайской действительности. Там широко внедряется «всеобщее управление качеством» (TQC — *total quality control*), причем критерием успеха предприятия считается конкурентоспособность его продукции на внешнем рынке. Введение TQC потребовало в корпорациях перестройки подхода к пониманию проблемы управления качеством во всех звеньях производства, а также в службах маркетинга и сервиса.

В 1981 г. на XXV конференции Европейской организации по контролю качества (ЕОКК) в Париже была обоснована необходимость осуществления стратегии качества как на уровне фирм, так и в масштабах государств.

Для проведения в жизнь эффективной стратегии качества фирма должна предпринять конкретные меры в трех направлениях, каждое из которых ведет к фундаментальному укреплению экономического положения фирмы, а все вместе дают решающие преимущества в конкурентной борьбе на рынке:

- создание современной программы улучшения качества. Цель — достижение первенства в уровне качества продукции среди конкурентов на рынке;
- осуществление этой программы (мероприятия по улучшению качества должны проводиться систематически в направлениях маркетинга, производства и последующего обслуживания);
- постоянная оценка достигнутых результатов в двух направлениях: определение степени удовлетворения потребителя качеством товара и подсчет полной стоимости достижения этого удовлетворения.

Амстронг — представитель Потсдамского института менеджмента [40] — сопоставил отношения к вопросам качества в Японии, как стране, в которой имеются наиболее значительные достижения в этой области, и западноевропейских странах (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Сравнение отношения к вопросам качества

В Западной Европе	В Японии
Повседневное выявление дефектов	Планируемое на длительный период предотвращение дефектов
Политика покупки комплектующих изделий, основанная на их низких ценах	Политика покупки комплектующих изделий, основанная на низком уровне их дефектности
Общие «идеи» повышения качества	Жесткая политика качества на всех направлениях
Контроль за производством через сведения о ремонте	Контроль за производством на основе анализа
Соглашение о качестве на основе просьб покупателя	Соглашение об уровне качества по инициативе поставщиков
Цель — прибыль. Качество — само по себе	Цель — качество. Прибыль — следствие

Промышленник-изготовитель должен опережать запросы покупателя в отношении качества изделий и предлагать ему товары с совершенно новыми свойствами, которые потребитель порой даже не может себе вообразить.

5.5.2. Основные понятия и определения в области качества продукции

Качество является наиболее обобщенной и в то же время единственной характеристикой предмета, отражающей совокупность бесконечного множества всех его свойств. Однако нас интересуют не все свойства предмета, а только те, которые позволяют использовать предмет для удовлетворения той или иной потребности. Прежде всего товар должен обладать такой совокупностью физико-механических, химических, электрических и тому подобных свойств, которая представляет собой его потребительскую стоимость и отвечает требованию покупателя товара.

По ГОСТ 15467–79* (СТ СЭВ 3519–81) дано следующее определение качества продукции: «Качество продукции — совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением».

Повышение качества продукции дает положительный эффект как для изготовителя, так и для ее потребителя и для хозяйства страны в целом (рис. 5.2).

Рис. 5.2. Показатели эффективности от повышения качества

Высокое качество продукции представляет собой фактор интенсивного роста национального богатства. *Чем выше качество продукции, тем богаче страна.*

Отличительной особенностью проблемы качества продукции является то, что она с ускорением научно-технического прогресса, улучшением материальных и социальных условий жизни, ростом культурного и образовательного уровня населения не упрощается, а становится более сложной и более острой.

5.5.2.1. Взаимосвязь количества и качества продукции

Удовлетворение потребностей и эффективность производства определяются только совокупностью объемов и качества продукции. При фиксированном объеме потребности чем выше уровень качества, тем, как правило, меньшее количество изделий нужно для удовлетворения потребностей. И наоборот, чем ниже качество, например, надежность (долговечность), тем больше изделий необходимо для удовлетворения фиксированного объема потребностей. Такой вид зависимости характерен в основном для продукции, главным свойством которой являются производительность, содержание полезного вещества, надежность (долговечность).

В большинстве случаев более высокое качество не только создается для удовлетворения более высокой потребности, но и изменяет характер уже имеющихся потребностей или порождает новые и дает импульсы развитию общественного производства и повышению уровня жизни населения.

При *низком качестве труд, материалы, энергия*, затрачиваемые на производство низкокачественной продукции, омертвляются, в связи с чем во многих случаях возникает затоваривание, а потребность остается неудовлетворенной. И, наоборот, *высокое качество* сберегает *труд, сырье, материалы и создает материальные условия для успешного развития общества.*

5.5.2.2. Контроль и оценка качества продукции

Необходимость контроля качества с целью получения данных об объекте управления отражена в ГОСТ 15467–79. Контроль продукции состоит из двух этапов: получение информации о фактическом состоянии продукции (ее количественных и качественных признаках); сопоставление полученной информации с заранее установленными техническими требованиями, то есть получение вторичной информации. При несоответствии фактических данных техническим требованиям осуществляется управляющее воздействие на объект контроля с целью устранения выявленного отклонения от технических требований.

Классификация видов контроля представлена в п. 3.3.4. Сложность проблемы качества требует комплексного подхода к организации службы качества предприятия, в которую целесообразно включить не только подразделение, осуществляющее контроль качества, но и подразделения по организации всей работы в области обеспечения и анализа качества, а также стимулирования качества.

В систему контроля качества на крупных фирмах входят подразделения испытаний на надежность, контроля материалов, стендовой отработки и проверки макетов, опытных образцов продукции. Неотъемлемой частью работы по контролю качества является контроль покупных изделий, входной контроль на всех участках и технологических переходах в производстве, оперативный и окончательный (финишный) контроль готовой продукции.

Научной основой современного технологического контроля стали математико-статистические методы.

Любая оценка качества продукции подразумевает выбор номенклатуры показателей качества, по которым она будет проводиться, определение их значений и сопоставление с аналогичными показателями, принятыми за базу для сравнения.

Оценка уровня качества продукции может осуществляться при следующих обстоятельствах:

- разработке новых изделий и организации их производства;
- аттестации и сертификации продукции;
- анализе динамики уровня качества выпускаемой продукции;
- выборе наилучшего варианта изделия для экспорта из числа выпускаемых или намечаемых к выпуску видов аналогичной продукции;
- расчетах фактической экономической эффективности выпуска данной продукции;
- стимулировании улучшения качества продукции и т. п.

Показатели качества продукции принято подразделять на три группы в соответствии с основными составляющими уровня качества.

Первая группа, характеризующая *технический уровень*, включает нижеследующие показатели, которые отражаются в нормативно-технических документах.

1. Показатели, характеризующие **основное назначение** оцениваемой продукции. К ним относятся: *технические*, например *классификационные* (мощность электродвигателя, емкость ковша экскаватора и т. д.); *функциональные* (производительность машин, прочность ткани, калорийность пищевых продуктов

и т. д.); *конструктивные* (габаритные размеры, коэффициент сборности, взаимозаменяемости и т. д.); *показатели состава и структуры* (процентное содержание вещества в рудах, концентрация примесей в кислотах и т. д.).

2. **Надежность** по ГОСТ 27.002–89 — *это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.*

   Надежность является комплексным свойством, в которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения можно включить безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

   - *Безотказность* — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени и наработки.
   - *Долговечность* — свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.
   - *Ремонтопригодность* — свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.
   - *Сохраняемость* — свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции в течение и после хранения и (или) транспортирования.

3. **Эргономические показатели.** Эти показатели учитывают гигиенические, антропометрические, физиологические и психологические свойства человека.
4. **Эстетические показатели.** Они основаны на эстетическом восприятии объекта, в том числе дизайна.
5. **Показатели технологичности.** Характеризуют трудоемкость, материалоемкость и себестоимость изделия.
6. **Показатели стандартизации и унификации.** Они характеризуют насыщенность продукции стандартными, унифицированными и оригинальными деталями, сборочными единицами, комплектами и комплексами.
7. **Показатели безопасности.** Ими обеспечиваются требования по защите человека в условиях аварийной ситуации, вызванной случайными нарушениями правил, изменением условий и режимов эксплуатации или потребления.
8. **Экологические показатели.** Характеризуют выполнение требований по защите окружающей среды.
9. **Показатели транспортабельности.** Включают вопросы упаковки, герметизации, крепления, погрузки, разгрузки, распаковывания и т. п., а также материальных и трудовых затрат на выполнение этих операций.
10. **Патентно-правовые показатели**, имеющие важное значение при определении конкурентоспособности продукции.

Ко *второй группе* относятся показатели, характеризующие качество изготовления. Эти показатели могут быть оценены с помощью коэффициента дефектности или индекса дефектности, которые будут рассмотрены ниже.

Экономическими показателями данной группы являются: затраты промышленности на устранение и переделку брака; расходы на удовлетворение претензий потребителей в связи с выявлением дефектов или недостатков в процессе эксплуатации или потребления товаров.

Третья группа показателей характеризует достигнутый уровень качества продукции в эксплуатации или потреблении. К ним относятся фактические значения основных свойств изделий, заложенных в них при разработке и производстве.

Любая оценка качества продукции подразумевает сопоставление характеристик оцениваемого предмета с аналогичными свойствами других изделий. За эталон для оценки качества изделия могут быть приняты:

- конкретная реально существующая продукция, реализация которой на данном рынке приносит ее производителю наибольшую экономическую выгоду;
- гипотетическая продукция, качество которой в максимальной степени обеспечивает удовлетворение потребностей покупателей;
- стандарт, признанный в стране покупателя. Технический уровень и качество каждого изделия, каждого вида продукции характеризуются большим количеством показателей, общая классификация которых установлена Методическими указаниями по оценке уровня качества промышленной продукции (РД 50–149–79). Для важнейших видов продукции номенклатура показателей технического уровня и качества устанавливается специальными государственными стандартами, определяющими систему показателей качества продукции.

5.5.2.3. Количественная оценка качества продукции (квалиметрия)

При оценке качества по ГОСТ 15467–79 в соответствии с основными положениями *квалиметрии* (см. п. 3.9) могут быть применены следующие показатели.

1. *Единичный показатель качества продукции* — это показатель, который характеризует одно из свойств изделия. Примерами единичных показателей могут служить: наработка радиоприемника на отказ; интенсивность отказов резистора; калорийность топлива; коэффициент вариации проволоки по толщине; долговечность автомобиля и т. д.
2. *Комплексный показатель качества продукции* характеризует изделие по нескольким свойствам. Он может включать несколько простых свойств или одно сложное свойство продукции (состоящее из нескольких простых свойств). В качестве примера комплексного показателя может служить *коэффициент готовности*

$$K_г = T/(T + T_в),$$

где T — наработка изделия на отказ (показатель безотказности); $T_в$ — среднее время восстановления (показатель ремонтопригодности).

Таким образом, коэффициент готовности зависит от двух свойств изделия — безотказности и ремонтопригодности.

Другим примером комплексного показателя качества продукции является показатель K_0, вычисляемый как средняя взвешенная величина:

$$K_0 = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i K_i, \qquad (5.1)$$

где K_i — показатель i-го свойства оцениваемой продукции; α_i — коэффициент весомости показателя K_i.

Из формулы (5.1) следует, что данный показатель характеризует n различных свойств продукции. Этот показатель представляет собой условную величину, *выражаемую в условных единицах*, например в *баллах*, и реального физического содержания не имеет.

3. *Определяющий показатель качества продукции.* Этот показатель часто используют для принятия решения об оценке качества изделия. Свойства, учитываемые определяющим показателем, в свою очередь, могут характеризоваться единичными и (или) комплексными показателями качества продукции. Если определяющий показатель является комплексным, его называют *обобщенным.*

4. *Интегральный показатель качества продукции* представляет собой отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

   При сроке службы более одного года интегральный показатель запишется в следующем виде:

$$K_u(t) = П_c / [З_c \varphi(t) + З_э],$$

   где $П_c$ — суммарный полезный годовой эффект от эксплуатации или потребления продукции, выраженный в натуральных единицах (м, кг, шт и т. д.);
   $З_c$ — суммарные капитальные затраты на создание продукции;
   $\varphi(t)$ — поправочный коэффициент на срок службы в течение t лет,

$$\varphi(t) = \frac{Eн(1+Eн)^{t-1}}{(1-Eн)^{t-1}},$$

   (здесь $Eн$ — нормативный коэффициент экономической эффективности);
   $З_э$ — суммарные затраты на эксплуатацию продукции (техническое обслуживание, ремонт и др. текущие затраты).

   Для экспортируемой продукции интегральный показатель качества

$$K_n = П_c \Big/ (З_c + \sum_{t}^{T} З_t),$$

   где $П_c$ — суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции потребителем в конкретных условиях его страны;
   $З_c$ — единовременные затраты покупателя на приобретение товара;
   $З_t$ — суммарные эксплуатационные затраты в t-м году в условиях страны покупателя;
   T — срок службы изделия.

   Наряду с интегральным показателем качества продукции может применяться величина, обратная ему и называемая «удельные затраты на единицу эффекта».

5. *Индекс качества продукции.* Это комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной предприятием за рассматриваемый интервал времени, равный среднему взвешенному относительных значений показателей качества этой продукции.

Пример 1. Имеется s различных видов продукции, для каждого из которых определен комплексный показатель качества в рассматриваемом периоде K_i ($i = 1, 2, ..., s$), а также соответствующие базовые значения показателей $K_{iб}$. Индекс качества в этом случае $U = \sum_{i=1}^{s} \beta_i \frac{K_i}{K_{iб}}$, где β_i — коэффициент весомости данного вида продукции, $\beta_i = C_i \Big/ \sum_{i=1}^{s} C_i$ (C_i — стоимость продукции i-го вида в рассматриваемый период).

Пример 2. Для всех видов продукции установлены три группы качества, определяемые баллами B_1, B_2, B_3. Если в рассматриваемый период была выпущена продукция этих групп на суммы соответственно C_1, C_2, C_3, то индекс качества $U = B_{ср}/B_{ср.б}$, где $B_{ср}$, $B_{ср.б}$ — средний балл продукции соответственно за оцениваемый и базовый периоды, $B_{ср} = \beta_1 B_1 + \beta_2 B_2 + \beta_3 B_3$, где β_i — коэффициент весомости i-й группы продукции,

$$\beta_i = C_i/(C_1 + C_2 + C_3).$$

6. *Коэффициент дефектности продукции* представляет собой среднее взвешенное количество дефектов, приходящееся на единицу продукции. Для определения коэффициента дефектности берется выборка из n единиц продукции и в ней подсчитываются все дефекты, разбитые заранее на a видов. Для каждого вида дефекта устанавливается коэффициент весомости — r_j ($j = 1, 2, ..., a$).

Коэффициент весомости может быть определен экспертным методом или по стоимости устранения дефекта данного вида. Коэффициент дефектности в данном случае

$$Д = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{a} r_j \, m_j \right),$$

где m_j — число дефектов каждого вида в выборке.

7. *Относительный коэффициент дефектности* можно вычислить по формуле

$$Q = Д/Д_0,$$

где $Д_0$ — базовое значение коэффициента дефектности, соответствующее определенному базовому периоду производства.

8. *Индекс дефектности продукции* — это комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал, равный среднему взвешенному коэффициентов дефектности этой продукции. Пусть предприятие выпустило за определенный период «s» видов продукции при стоимости каждого вида C_i.

Индекс дефектности этой продукции $I = \sum_{i=1}^{s} r_i \, Q_i$.

Коэффициент весомости в данном случае можно высчитать по формуле

$$r_i = C_i \Big/ \sum_{i=1}^{s} C_i,$$

где Q_i — относительный коэффициент дефектности i-го вида продукции.

9. *Коэффициент сортности продукции* — это отношение суммарной стоимости продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал времени, к суммарной стоимости этой же продукции в пересчете на наивысший сорт. Он может применяться для оценки качества работы определенных предприятий, производящих разносортную продукцию:

$$K_c = \sum_{i=1}^{s} C_i q_i \Big/ \left(C_n \sum_{i=1}^{s} q_i \right),$$

где s — количество сортов продукции, выпускаемой предприятием;
C_i — стоимость единицы продукции i-го сорта;
C_n — стоимость единицы продукции наивысшего сорта;
q_i — объем выпущенной продукции i-го сорта.

10. При оценке уровня качества *продукции в эксплуатации и потреблении* наиболее объективно такую оценку дают *суммарные затраты*, связанные с использованием приобретенного товара по назначению.

Комплексным показателем уровня качества продукции в этом случае могут быть суммарные затраты на эксплуатацию и ремонты, отнесенные к единице времени:

$$C(t) = [C_k(t) + R_p]/T,$$

где $C_k(t)$ — суммарные затраты на эксплуатацию продукции с наработкой по k показателям качества;
R_p — суммарные затраты на восстановление значений по p показателям качества до их номинальных значений.

5.5.2.4. Методы определения показателей качества продукции

Для определения показателей качества могут использоваться следующие методы.

1. *Инструментальный* (выполняется на основе технических средств измерения).
2. *Расчетный* (осуществляется на основе использования теоретических и (или) эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров).
3. *Регистрационный* (основан на наблюдениях с последующим подсчетом числа определяемых событий, предметов или затрат).
4. *Органолептический* (осуществляется на основе анализа восприятия органов чувств человека. Точность и достоверность таких значений зависят от квалификации, навыков и способностей лиц, определяющих показатели качества. Применяется для определения качества напитков, кондитерских, табачных, парфюмерных изделий и другой продукции, использование которой обусловлено или связано с эмоциональным воздействием на потребителя. Выражается обычно в баллах).
5. *Экспертный* осуществляется на основе решений, принимаемых экспертами (подробнее об этом методе в [47]).
6. *Социологический* основывается на анализе мнений фактических или возможных потребителей.

5.5.2.5. Моральное старение продукции

Моральное старение продукции — это процесс постепенной *относительной потери качества продукции при сохранении абсолютного значения ее показателей.* Моральное старение происходит в результате создания нового, более высококачественного изделия и удешевления производства изготавливаемой продукции.

Постепенно продукция, которая была по своему качеству лучше других конкурирующих изделий, начинает относительно ухудшаться. Затем продукция переходит в более низкую категорию качества и, наконец, через какой-то период продукция морально устаревает, и ее применение по сравнению с другой аналогичной продукцией становится экономически невыгодным (момент $T_н$ на рис. 5.3).

В это время необходимо начать производство новой, более высококачественной продукции. С этой новой продукцией с течением времени произойдет то же самое — она постепенно морально устареет. Следовательно, для обеспечения конкурентоспособности необходимо своевременно обновлять выпускаемую продукцию.

Процесс морального старения отражает действие объективного экономического закона. Поэтому его необходимо учитывать при обеспечении выпуска конкурентоспособной продукции.

Знание характера процесса морального старения продукции (см. рис. 5.3) позволяет достаточно точно определять продолжительность выпуска продукции высокого качества, время постановки и снятия ее с производства.

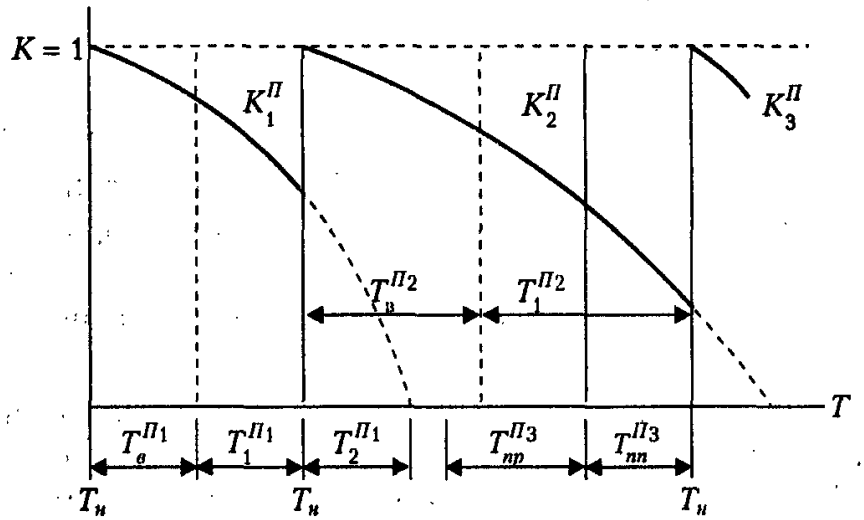


Рис. 5.3. Механизм процесса старения продукции: K — относительный уровень качества; T — время; $T_н$ — момент времени морального старения старой продукции и начала выпуска новой продукции; $T_в^{П1}$ ($T_в^{П2}$) — период времени выпуска продукции $П_1$ ($П_2$) по высшей категории качества; $T_1^{П1}$ ($T_1^{П2}$) — период времени выпуска продукции $П_1$ ($П_2$) более низкого качества; $T_2^{П1}$ — период времени выпуска морально устаревшей продукции $П_1$; $T_{пр}^{П3}$ — период времени проектирования новой продукции $П_3$; $T_{пп}^{П3}$ — период времени подготовки производства новой продукции $П_3$

Зная или прогнозируя цикл проектирования новой продукции, подготовки производства, можно планировать сроки начала и окончания проектирования.

Процесс морального старения отражает действие объективного экономического закона. Поэтому его необходимо учитывать при обеспечении выпуска конкурентоспособной продукции.

5.5.2.6. Оптимальный уровень качества

Необходимый уровень качества продукции должен определяться результатами экономического анализа, который позволяет оптимизировать соотношение между уровнем качества, совокупными затратами ресурсов и полезным эффектом продукции.

При моральном старении качество можно повысить постепенным усовершенствованием изделия, на что потребуются определенные затраты.

На рис. 5.4 приведена динамика полезного эффекта и затрат по мере усовершенствования изделия (роста уровня качества). В зоне I соотношение затрат на повышение качества и эффекта от этого повышения таково, что данная продукция убыточна. Зона II является зоной нормального использования продукции, в которой затраты на улучшение качества меньше, чем полезный эффект. В зоне III дальнейшее совершенствование продукции нецелесообразно. Изделие подлежит замене на новое, прогрессивное.

В общем виде затраты на продукцию складываются из затрат на изготовление и эксплуатацию (рис. 5.5). Чем выше качество изготовления изделия, тем ниже расходы на эксплуатацию.

Оптимальный уровень качества такой, при котором суммарные затраты наименьшие. Кроме того, оптимальное качество — это такое качество, при котором достигается либо наибольший эффект от эксплуатации или потребления продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию или потребление, либо заданный эффект при наименьших затратах, либо наибольшее отношение эффекта к затратам.

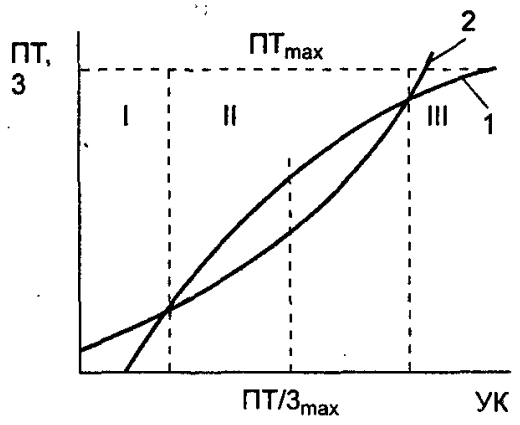


Рис. 5.4. Динамика полезного эффекта (ПТ) и затрат (З) по мере усовершенствования изделия (роста уровня качества):
1 — полезный эффект; 2 — затраты

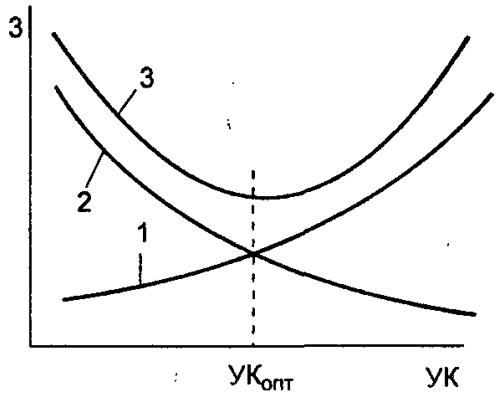


Рис. 5.5. Зависимость затрат от уровня качества продукции: 1 — затраты на изготовление продукции; 2 — затраты в процессе эксплуатации; 3 — суммарные затраты

Достижение оптимального уровня качества продукции должно исходить не только из необходимости снижения затрат на ее изготовление, но и из целесообразности увеличения показателей качества продукции. Зачем, скажем, долговечность некоторых деталей и узлов в 20 лет, если срок морального старения и физического износа не превышает 10 лет.

Поэтому необходимо стремиться закладывать и обеспечивать такие показатели качества отдельных деталей и узлов, которые бы определялись сроком морального старения и физического износа изделия в целом. При этом необходимо повышать качество в первую очередь наиболее слабых узлов, стремясь довести их качество (например, долговечность) до оптимального значения (например, до срока морального старения и физического износа). Во многих случаях нужно повышать не все показатели качества, а только некоторые из них.

Таким, образом, оптимальный уровень качества — это такой уровень, выше или ниже которого производить продукцию экономически нецелесообразно. Поэтому в одних случаях качество нужно повышать, в других — оставлять неизменным, в третьих — возможно даже понижать в целом или по отдельным показателям, чтобы сократить затраты на изготовление изделия.

5.5.3. Управление качеством продукции

В 1970–80-х гг. ученые и специалисты многих стран пришли к выводу, что качество не может быть гарантировано только путем контроля готовой продукции. Оно должно обеспечиваться гораздо раньше — в процессе изучения требований рынка, на стадии проектных, конструкторских разработок, при выборе поставщиков комплектующих изделий и материалов, на всех стадиях производства и, конечно, при реализации продукции, ее техническом обслуживании у потребителя и утилизации после использования.

Такой комплексный подход обеспечивает создание замкнутого процесса, который начинается с определения потребностей рынка и включает в себя все фазы совершенствования выпускаемой продукции, подготовку производства, изготовление, реализацию и послепродажное обслуживание на основе эффективной системы «обратной связи» и планирования, учитывающего конъюнктуру рынка, при минимальных расходах на обеспечение качества.

Способность предприятия достигать своих целей, обеспечивая конкурентоспособность выпускаемой продукции, определяется действующей на нем системой организации и управления — системой управления качеством.

Система управления качеством представляет собой согласованную рабочую структуру, действующую в фирме и включающую эффективные технические и управленческие методы, обеспечивающие наилучшие и наиболее практичные способы взаимодействия людей, машин, а также информации с целью удовлетворения требований потребителей, предъявляемых к качеству продукции, а также экономии расходов на качество [8]. Мировой опыт сформировал не только общие признаки действующих систем управления качеством, но также принципы и методы, которые могут применяться в каждой из них.

В настоящее время можно выделить три уровня систем управления качеством, имеющие некоторые концептуальные различия:

- системы, соответствующие требованиям стандартов ИСО серии 9000;
- общефирменные системы управления качеством (TQM — всеобщее управление качеством, Total Quality Management);
- системы,. соответствующие критериям национальных или международных (региональных) премий и дипломов по качеству [8].

5.5.3.1. Системы качества по международным стандартам ИСО серии 9000

При заключении контракта на поставку продукции или оказание услуг потребитель стремится иметь определенные гарантии того, что изделия или услуги на протяжении всего срока действия контракта будут высокого качества. Поэтому кроме согласованных технических условий в контракт вносят требования к системе качества, а также к проверке системы качества на предприятии у поставщика.

В 1986 г. были приняты международные стандарты ИСО серии 9000, в которых изложены рекомендации по разработке систем качества (в 1994 и в 2000 гг. эти стандарты уточнялись). Вместе с ранее выпущенным терминологическим стандартом ИСО 8402–94 они образовали основополагающий комплекс международных документов, охватывающий почти все возможные области применения.

В России данные стандарты приняты для прямого использования в виде государственных стандартов ГОСТ Р ИСО 9001–96 (ИСО 9001:94), ГОСТ Р 9002–96 (ИСО 9002:94), ГОСТ Р 9003–96 (ИСО 9003:94) и рекомендаций по их применению.

ГОСТ Р 9001–96 (ИСО 9001:94) «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании» используется тогда, когда система качества у поставщика должна обеспечить соответствие определенным требованиям к продукции на стадиях исследования и проектирования, производства, транспортирования и хранения, монтажа и эксплуатации. Этот ГОСТ является наиболее полным из стандартов данной серии. В нем рассмотрены требования к системе качества по таким вопросам, как ответственность руководства; система качества; периодический анализ контракта; управление проектированием; действия по управлению документацией; закупки продукции; продукция, поставляемая потребителям; иден-

тификация продукции и прослеживаемость; управление процессами; контроль и проведение испытаний; контрольное, измерительное и испытательное оборудование; статус контроля и испытаний; действия по управлению несоответствующей продукцией; корректирующие воздействия; погрузочно-разгрузочные работы, хранение, упаковка и поставка; регистрация качества; подготовка кадров; техническое обслуживание; статистические методы.

ГОСТ Р 9002–96 (ИСО 9002:94) «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже» используется в том случае, когда система качества у поставщика должна обеспечивать соответствие определенным требованиям к продукции на стадии производства, транспортирования, хранения и монтажа.

ГОСТ Р 9003–96 (ИСО 9003:94) «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях» используется в том случае, когда соответствие определенным требованиям к продукции должно обеспечиваться поставщиком только в процессе контроля и испытаний готовой продукции.

Выбор модели для обеспечения качества применительно к конкретной ситуации должен быть выгоден как потребителю, так и поставщику. Для обеспечения максимальной эффективности и удовлетворения требований потребителя система качества должна соответствовать конкретному виду деятельности, выпускаемой продукции или предоставляемой услуге. Поэтому на одном и том же предприятии, выпускающем различные виды продукции, система качества может включать подсистемы по определенным видам изделий.

С 15 декабря 2000 г. вступила в действие версия 2000 г. стандартов ИСО серии 9000. В России эти стандарты действуют с 31 августа 2001 г. и представляют собой аутентичные тексты стандартов ИСО 9000:2000, ИСО 9001:2000 и ИСО 9004:2000:

- ГОСТ Р ИСО 9000–2001 *Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.* Описывает основные положения систем менеджмента качества и устанавливает терминологию для систем менеджмента качества;
- ГОСТ Р ИСО 9001–2001 *Системы менеджмента качества. Требования.* Определяет требования к системам управления качеством для тех случаев, когда организации необходимо продемонстрировать свою способность предоставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и установленным к ней обязательным требованиям, и направлен на повышение удовлетворенности потребителей. Эти системы могут использоваться для внутреннего применения организациями в целях сертификации или заключения контрактов;
- ГОСТ Р ИСО 9004–2001 *Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности.* Содержит рекомендации по более широкому спектру целей системы управления качеством, чем ГОСТ Р ИСО 9001–2001, особенно по постоянному улучшению деятельности организации, а также ее эффективности и результативности. ГОСТ Р ИСО 9004–2001 рекомендуется как руководство для организаций, высшее руководство которых, преследуя цель постоянного улучшения деятельности, желает выйти за рамки требований ГОСТ Р ИСО 9001–2001. Однако он не предназначен для целей сертификации или заключения контрактов.

ГОСТ Р ИСО 9001–2001 и ГОСТ Р ИСО 9004–2001 были разработаны как согласованная пара стандартов на системы управления качеством для дополнения друг друга, но их можно применять также независимо. Несмотря на то что у стандартов различные области применения, они имеют аналогичную структуру в целях создания условий для их использования как согласованной пары.

Настоящие стандарты не содержат конкретных требований к другим системам управления, таким как управление финансами, управление рисками, управление охраной окружающей среды и т. д. Однако они позволяют согласовать систему управления качеством с другими управленческими системами организации.

Со стандартами серии ИСО 9000 согласованы ГОСТ Р ИСО 14001–98 *Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению* и ГОСТ Р ИСО 19011. *Руководящие указания по проверкам систем менеджмента качества и(или) охраны окружающей среды.*

Вместе они образуют комплекс стандартов на системы управления качеством, содействующий взаимопониманию в национальной и международной торговле.

Требования к системе управления качеством. Организация должна разработать, задокументировать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии систему управления качества, постоянно улучшать ее результативность в соответствии с требованиями данного стандарта.

Организация должна:

1. Определять процессы, необходимые для системы управления качеством, и их применение во всей организации.
2. Определять последовательность и взаимодействие этих процессов.
3. Определять критерии и методы, необходимые для обеспечения результативности как при осуществлении, так и при управлении этими процессами.
4. Обеспечивать наличие ресурсов и информации, необходимых для поддержки этих процессов и их мониторинга.
5. Осуществлять мониторинг, измерение и анализ этих процессов.
6. Принимать меры, необходимые для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения этих процессов.

Принципы управления качества. Для успешного руководства организацией и ее функционирования необходимо направлять ее и управлять систематически и прозрачным способом. Успех может быть достигнут в результате внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества, разработанной для постоянного улучшения деятельности с учетом потребностей всех заинтересованных сторон. Управление организацией включает менеджмент качества наряду с другими аспектами менеджмента.

По ГОСТ Р ИСО 9000–2001 определены восемь принципов менеджмента качества для того, чтобы высшее руководство могло руководствоваться ими с целью улучшения деятельности организации.

1. *Ориентация на потребителя.* Организации зависят от своих потребителей и поэтому должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания.

2. *Лидерство руководителя.* Руководители обеспечивают единство цели и направления деятельности организации. Им следует создавать и поддерживать внутреннюю среду, в которой работники могут быть полностью вовлечены в решение задач организации.
3. *Вовлечение работников.* Работники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности.
4. *Процессный подход.* Желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом.
5. *Системный подход к менеджменту.* Выявление, понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов как системы содействуют результативности и эффективности организации при достижении ее целей. Системный подход к менеджменту качества побуждает организации анализировать требования потребителей, определять процессы, способствующие получению продукции, приемлемой для потребителей, а также поддерживать эти процессы в управляемом состоянии.
6. *Постоянное улучшение.* Постоянное улучшение деятельности организации в целом следует рассматривать как ее неизменную цель. Система менеджмента качества может быть основой постоянного улучшения с целью увеличения вероятности повышения удовлетворенности как потребителей, так и других заинтересованных сторон. Она дает уверенность самой организации и потребителям в ее способности поставлять продукцию, полностью соответствующую требованиям.
7. *Принятие решений, основанное на фактах.* Эффективные решения основываются на анализе данных и информации.
8. *Взаимовыгодные отношения с поставщиками.* Организация и ее поставщики взаимозависимы, и отношения взаимной выгоды повышают способность обеих сторон создавать ценности.

По сравнению с версией 1994 г. новая версия заменяет *элементный* подход к системам качества на *процессный*. Элементная основа стандартов ИСО серии 9000:1994 обусловливает необходимость распределения ограниченных ресурсов по всем элементам системы качества. По новой версии предусматривается концентрация ресурсов на строго определенных процессах, предопределяющих экономические результаты деятельности фирмы.

Процессный подход. Стандарты ГОСТ Р ИСО 9000–2001, ГОСТ Р ИСО 9001–2001 и ГОСТ Р ИСО 9004–2001 направлены на применение «процессного подхода» при разработке, внедрении и улучшении результативности системы менеджмента качества с целью повышения удовлетворенности потребителей путем выполнения их требований.

Для успешного функционирования организация должна определить и осуществлять менеджмент многочисленных взаимосвязанных видов деятельности. Деятельность, использующая ресурсы и управляемая с целью преобразования «входов» в «выходы», может рассматриваться как *процесс*. Часто выход одного процесса образует непосредственно вход следующего.

Применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также управление процессами могут считаться «процессным подходом».

Преимущество процессного подхода состоит в непрерывности управления, которое он обеспечивает на стыке отдельных процессов в рамках их системы, а также при их комбинации и взаимодействии.

При применении в системе управления качеством такой подход подчеркивает важность:

- понимания и выполнения требований;
- необходимости рассмотрения процессов с точки зрения добавленной ценности;
- достижения результатов выполнения процессов и их результативности;
- постоянного улучшения процессов, основанного на объективном измерении.

Приведенная на рис. 5.6 модель системы управления качеством основана на процессном подходе и иллюстрирует связи между процессами. Эта модель показывает, что потребители играют существенную роль при определении входных данных. Мониторинг удовлетворенности потребителей требует оценки информации о восприятии потребителями выполнения их требований. Эта модель охватывает все основные требования стандартов серии ИСО 9000, не детализируя их.

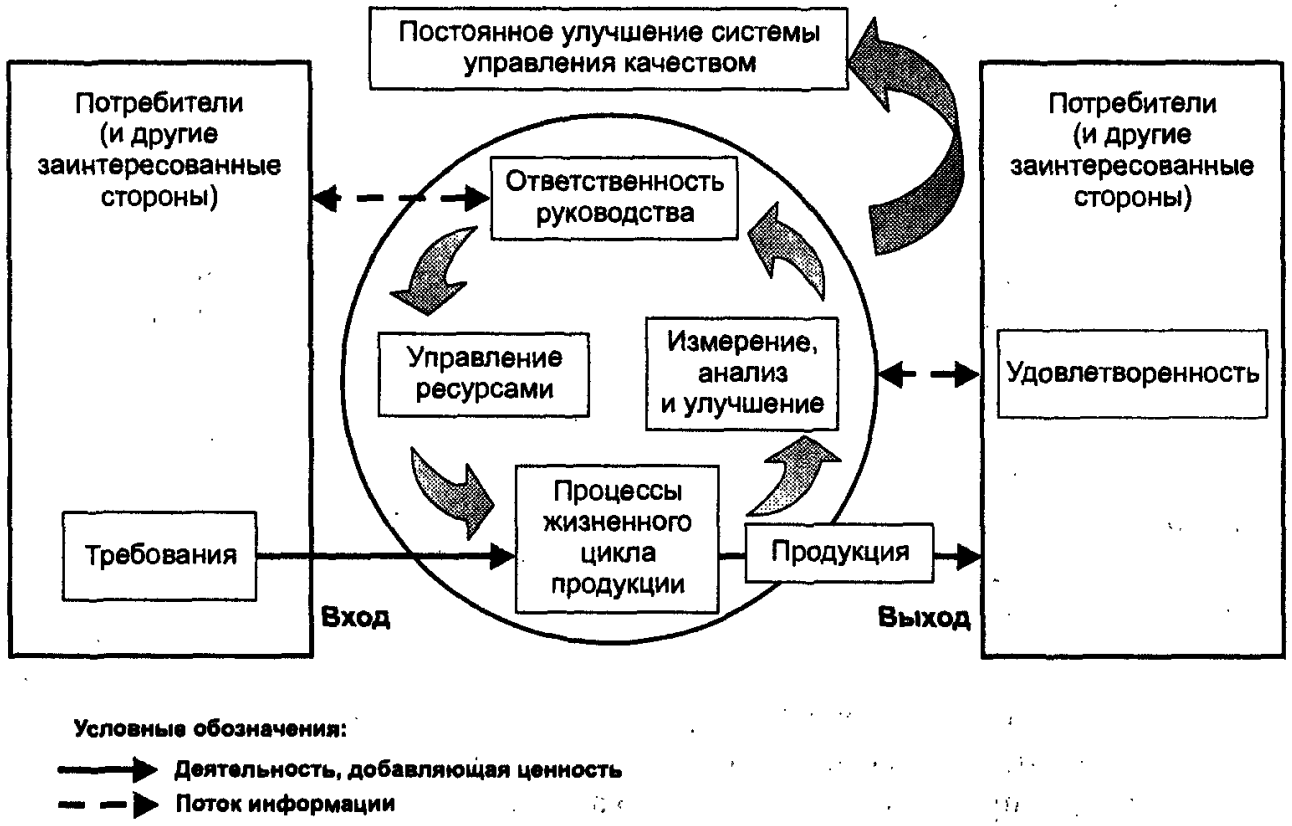


Рис. 5.6. Модель системы менеджмента качества, основанной на процессном подходе

Кроме того, ко всем процессам может применяться цикл «Plan–Do–Check–Act» (PDCA). Цикл PDCA можно кратко описать так:

- планирование (*plan*) — разработайте цели и процессы, необходимые для достижения результатов в соответствии с требованиями потребителей и политикой организации;
- осуществление (*do*) — внедрите процессы;
- проверка (*check*) — постоянно контролируйте и измеряйте процессы и продукцию в сравнении с политикой, целями и требованиями на продукцию и сообщайте о результатах;
- действие (*act*) — предпринимайте действия по постоянному улучшению показателей процессов.

Система управления качеством согласно ГОСТ ИСО 9001–2001 должна включать в себя следующие разделы.

1. Общие требования к системе. Организация должна разработать, задокументировать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии систему, постоянно улучшать ее результативность.
2. Требования к документации.
3. Ответственность руководства, включающий вопросы:
   - обязательства руководства;
   - ориентация на потребителя;
   - политика в области качества;
   - планирование;
   - ответственность, полномочия и обмен информацией;
   - анализ со стороны руководства.
4. Управление ресурсами. В этом разделе рекомендуется рассмотреть вопросы:
   - обеспечение ресурсами на реализацию системы;
   - человеческие ресурсы;
   - инфраструктура, которая необходима для обеспечения качества;
   - производственная среда.
5. Процессы жизненного цикла продукции, где необходимо отразить:
   - планирование жизненного цикла продукции;
   - процессы, связанные с потребителями;
   - проектирование и разработка;
   - закупки;
   - производство и обслуживание;
   - управление устройствами для мониторинга и измерений.
6. Измерение, анализ и улучшение с рассмотрением вопросов:
   - мониторинга и измерений процессов, продукции и использования результатов для управления и внутреннего аудита;
   - управления несоответствующей продукцией с целью предотвращения непреднамеренного ее использования или поставки;
   - анализа данных, полученных в результате мониторинга и измерений;
   - улучшения системы и повышения ее результативности.

Система управления качеством создается и внедряется на предприятии в соответствии с характером его деятельности. В качестве примера может служить приведенная в стандарте ИСО 9004:94 система, которая схематически представлена на рис. 5.7.

В соответствии со стандартом ИСО 9004–94 типичными в жизненном цикле продукции («петля качества») являются следующие этапы:

1. маркетинг, поиск и изучение рынка;
2. проектирование и (или) разработка технических требований, разработка продукции;
3. материально-техническое снабжение;
4. подготовка и разработка технологических процессов;
5. производство;
6. контроль, проведение испытаний и обследований;
7. упаковка и хранение;
8. реализация и распределение;
9. монтаж и эксплуатация;
10. техническая помощь в обслуживании;
11. утилизация после использования.

Этапы с 1-го по 7-й осуществляются у изготовителя (поставщика), а с 8-го по 11-ый — у потребителя (заказчика).

Рис. 5.7. Система качества

По характеру воздействия на этапы жизненного цикла (петли качества) в системе качества могут быть три направления: обеспечение качества, управление качеством, улучшение качества.

Обеспечение качества представляет собой *совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий*, создающих необходимые условия для выполнения каждого этапа петли качества таким образом, чтобы продукция удовлетворяла определенным требованиям по качеству.

При планировании мероприятий обеспечения качества целесообразно формировать *целевые научно-технические программы* повышения качества продукции. При этом предполагается, что *проблемы с качеством должны предупреждаться*, а не выявляться после их возникновения.

Управление качеством — это *методы и деятельность оперативного характера*, используемые для удовлетворения требований к качеству.

Например, статистическое регулирование технологического процесса с помощью контрольных карт позволяет предупреждать появление дефектов и поэтому является предпочтительным перед методами, связанными с управлением качеством по уже случившимся отклонениям.

Схема управления качеством приведена на рис. 5.8, которая известна как «*замкнутый управленческий цикл*», включающий в себя контроль, учет, анализ (оценку), принятие и реализацию решений.

Рис. 5.8. Схема управления качеством

Улучшение качества представляет собой постоянную деятельность, направленную на повышение технического уровня продукции, качества ее изготовления, совершенствование элементов производства и системы качества.

Идеология постоянного улучшения качества продукции прямо связана и вытекает из тенденции повышения конкурентоспособности такой продукции, которая обладает высоким уровнем качества при низкой цене. В связи с этим целью постоянного улучшения качества является либо *улучшение параметров* продук-

ции, либо *повышение стабильности* качества изготовления, либо *снижение издержек.*

Соотношение трех направлений деятельности (обеспечение качества, управление качеством и улучшение качества) в системе качества можно проиллюстрировать на примере результатов, полученных одной из фирм, применяющей все три метода (рис. 5.9). Первоначально было запланировано качество, при котором потери от брака составляли G_1. Управление в этот период осуществлялось в «первоначальной зоне». В результате проведенных мероприятий по улучшению качества плановые потери от брака снижены до уровня G_2, и управление качеством перешло в «новую зону».

При создании системы качества на предприятии необходимо руководствоваться требованиями, которые предъявляются к основным этапам жизненного цикла продукции (петли качества).

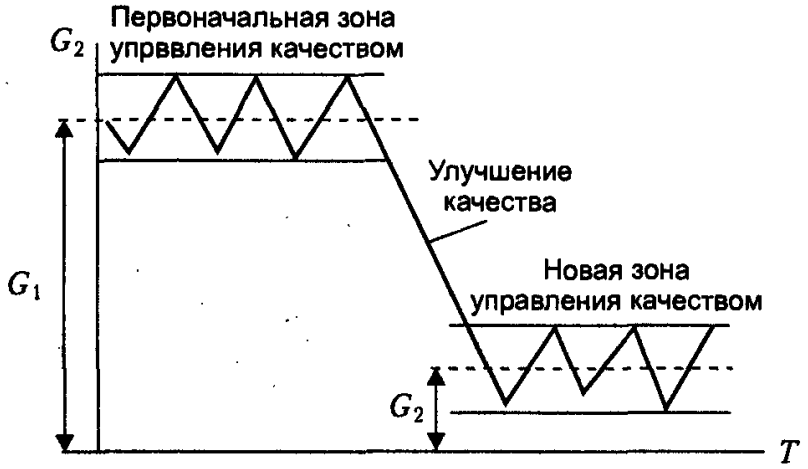


Рис. 5.9. Изменение потерь от брака в связи с улучшением качества: G — потери, связанные с плохим качеством; T — время

Маркетинг, поиск и изучение рынка. На данном этапе необходимо выполнять следующие функции:

1. Определение потребности в продукции или услуге.
2. Точное определение рыночного спроса для оценки сортности, нужного количества, стоимости и сроков производства продукции или услуги.
3. Четкое определение требований потребителя на основе постоянного анализа хозяйственных договоров, контрактов или потребностей рынка.
4. Систематическое информирование управленческих структур предприятия о всех требованиях, предъявляемых потребителем.
5. Краткое описание продукции в виде предварительного перечня технических условий, схемы установки и монтажа, применяемых стандартов и законодательных регламентов, упаковки, обеспечения и (или) проверки качества.
6. Осуществление обратной связи с потребителем. При этом вся информация, относящаяся к качеству продукции или услуги, должна анализироваться, сравниваться, интерпретироваться и доводиться до сведения в соответствии с установленными процедурами. Обратная связь с потребителем может явить-

ся средством получения данных, необходимых как для внесения возможных изменений в проект, так и для соответствующих действий руководства.

Система качества должна предусмотреть проведение мероприятий, предотвращающих ошибки в маркетинге.

Проектирование и(или) разработка технических требований, разработка продукции. Система качества должна обеспечить создание проекта, соответствующего мировому уровню и требованиям потребителя. В ней должны быть предусмотрены: планирование работ по проектированию; комплекс мероприятий, направленных на предотвращение ошибок при проектировании, а также проведение испытаний и измерений параметров продукции на различных этапах проектирования; проверка соответствия проекта исходным требованиям; периодический анализ всех компонентов проекта; анализ готовности потребителя к использованию продукции; контроль за изменениями проекта; последующие повторные оценки проекта.

Материально-техническое снабжение. Предприятие несет полную ответственность за качество конечной продукции независимо от качества закупленных им материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий. Поэтому система должна иметь комплекс мероприятий, направленных на предотвращение поступления некачественных материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий в производство.

Подготовка и разработка производственных процессов. Подготовка производства должна давать уверенность в том, что технологический процесс и состояние всех элементов производства (оборудование, оснастка, инструмент и т. д.) обеспечат изготовление продукции в соответствии с требованиями технической документации.

Система должна обеспечить контролируемость и управляемость всех элементов производства с тем, чтобы в случае отклонений от предписанных требований можно было привести элементы системы в надлежащее состояние. Обязательными элементами системы должны быть контроль и испытания готовой продукции.

На последующих этапах система должна обеспечить качество продукции при изготовлении, погрузочно-разгрузочных работах, хранении, транспортировании, монтаже. Необходимо обеспечить гарантированную работу по проведению технических консультаций; обучению персонала, эксплуатирующего сложную технику; техническому обслуживанию и ремонту изделий в период гарантийного срока; поставке запасных частей; обеспечению исчерпывающими и понятными инструкциями по использованию, сборке, монтажу, вводу в эксплуатацию, эксплуатации, обслуживанию и ремонту изделий.

Несмотря на то что система качества по стандартам ИСО 9000 не решает всех задач, необходимых для обеспечения конкурентоспособности, популярность системы растет и сегодня занимает прочное место в рыночном механизме. Важнейшим же признаком того, имеется ли на предприятии система качества по МС ИСО 9000, является сертификат на систему. Наличие у предприятия сертификата на систему качества стало одним из основных условий его допуска к тендерам по участию в различных проектах.

О популярности стандартов ИСО 9000 свидетельствует общая динамика сертификации систем качества на соответствие их требованиям. По данным экспертов в 1993 г. в мире было сертифицировано около 50 тыс. систем качества. В 1995 г. их число возросло до 100 тыс. В настоящее время сертифицированных систем уже более 200 тыс. В последнее время многие транснациональные компании требуют от своих поставщиков обязательного внедрения МС ИСО 9000.

5.5.3.2. Общефирменная система управления качеством

Для ряда отраслей, где высоки требования к качеству, безопасности, экологичности, требования стандартов ИСО 9000 уже недостаточны. Это прежде всего касается автомобильной индустрии, как правило, являющейся «локомотивом» для промышленности своих стран. В связи с этим автомобильная индустрия строит свою собственную промышленную политику. В настоящее время такая промышленная политика сконцентрирована в стандарте QS-9000 и в связанных с ним документах.

Стандарт QS-9000 разработан знаменитой детройтской «большой тройкой» («Крайслер», «Форд» и «Дженерал Моторс»), к которым присоединились пять крупнейших производителей грузовиков: «Фрайт-Лайнер», «Мэк-Тракс», «Нэвистар интернейшнл», «Паккард», «Вольво» и «Джи Эм Хеви Трак». Базируясь на требованиях ИСО 9000, эти компании дополнили требования указанного стандарта как общеотраслевыми требованиями, так и специальными требованиями каждой компании.

Интерес к стандарту проявляют и компании, не связанные с автомобилестроением. Рассматривается вопрос о признании QS-9000 в качестве европейского стандарта.

Стандарт QS-9000 определяет три основные группы требований к системам качества.

- Раздел I. Требования, основанные на ИСО 9000.
- Раздел II. Отраслевые требования по пунктам, не включенным в раздел I.
- Раздел III. Специфические требования потребителей («Крайслер», «Форд» и «Дженерал Моторс», а также производителей грузовиков).

Документация системы QS-9000 включает: промышленный стандарт QS-9000 «Требования к системам качества»; процедуру PPAP «Процесс согласования производства части» (под «частью» понимаются комплектующие, узлы, материалы и т. п.); QSA «Оценка систем качества»; руководства: SPS «Статистическое управление процессами»; MSA «Анализ измерительных систем»; APQP «Планирование качества перспективной продукции»; FMEA «Анализ видов и последствий отказов»; перечень документов, руководств и процедур отдельных компаний-потребителей, не ставших согласованными руководствами и документами.

Система QS-9000 связала в одну цепочку поставщиков, потребителей-сборщиков и конечных потребителей автомобилей.

Для авиастроения разработана аналогичная система — AS, для телекоммуникации — TL.

TQM — всеобщее управление качеством. Беспощадная борьба на мировых рынках за сбыт товаров и покупателей, жесткая политика вытеснения конкурентов

привели к быстрому развитию методов и средств, повышающих качество продукции.

TQM является комплексной системой, ориентированной на постоянное улучшение качества, минимизацию производственных затрат и поставки точно в срок. Основная философия TQM базируется на принципе «Улучшению нет предела». Применительно к качеству действует целевая установка — ноль дефектов, к затратам — ноль непроизводительных затрат, к поставкам — точно в срок. Однако следует понимать, что достичь этих пределов невозможно, но стремиться к этому надо постоянно и не останавливаться на достигнутых результатах. Эта философия имеет специальный термин — «постоянное улучшение качества» (quality improvement) [8].

Цель TQM — достижение более высокого качества продукции и услуг.

Что подразумевается под более высоким качеством? Японская концепция предусматривает четыре уровня качества.

Первый уровень оценивается как соответствие или несоответствие требованиям стандарта. *Второй уровень* — продукция должна не только соответствовать стандарту, но и удовлетворять эксплуатационным требованиям; в этом случае она будет пользоваться спросом на рынке. *Третий уровень* — высокое качество при низкой цене. Для того чтобы добиться таких результатов, следует изменить всю систему работы. Единственный путь достижения низкой стоимости при высоком качестве — бездефектное производство. *Четвертый уровень* — соответствие скрытым потребностям. В богатых странах (США, Япония, Великобритания и др.) рынок наводнен продукцией, которая мало отличается по уровню качества и удовлетворяет все явные требования покупателя. Поэтому преимущество при сбыте получает продукция, учитывающая скрытые потребности. Потребитель не подозревает, чего ему хочется, но когда ему предлагают купить что-то оригинальное, он понимает, что именно это ему нравится и подходит.

5.5.3.3. Системы качества, соответствующие критериям национальных или региональных премий по качеству

В 1990-е гг. усилилось влияние общества на предприятия, а предприятия стали все больше учитывать интересы общества. Это привело к появлению стандартов ИСО 14000, устанавливающих требования к системам менеджмента с точки зрения защиты окружающей среды и безопасности продукции.

Сертификация систем качества на соответствие стандартам ИСО 14000 становится не менее популярной, чем на соответствие стандартам ИСО 9000. Существенно возросло влияние гуманистической составляющей качества. Усиливается внимание руководителей предприятий к удовлетворению потребностей своего персонала.

Премии по качеству как стимул создания на предприятиях эффективных систем качества широко используются в мире — премия Деминга в Японии, премия Малкольма Болдриджа в США, Европейская премия в странах Европы и др. В России существует премия Правительства Российской Федерации в области качества. Следует отметить, что критерии премии по качеству, учитывая все передовое, что имеется в системах по ИСО 9000 и в TQM, еще в большей мере обращены к человеческому фактору.

5.5.4. Сертификация систем качества

В начале 90-х годов определился круг основных факторов, заставляющих предприятия заниматься разработкой, внедрением и сертификацией систем качества. К наиболее важным основаниям для проведения сертификации систем качества можно отнести: преимущества перед конкурентами; требования заказчика; улучшение качества продукции; снижение риска ответственности за продукцию; требования материнской компании.

Госстандартом РФ разработан и введен в действие ГОСТ Р 40.001–95 «Правила по проведению сертификации систем качества в Российской Федерации». Был создан *Регистр систем качества*, который должен обеспечить добровольную и обязательную сертификацию систем качества. Регистр включен в состав системы сертификации ГОСТ Р, которая в качестве национальной системы сертификации признана в России и в странах ближнего и дальнего зарубежья. Структура Регистра систем качества приведена на рис. 5.10.

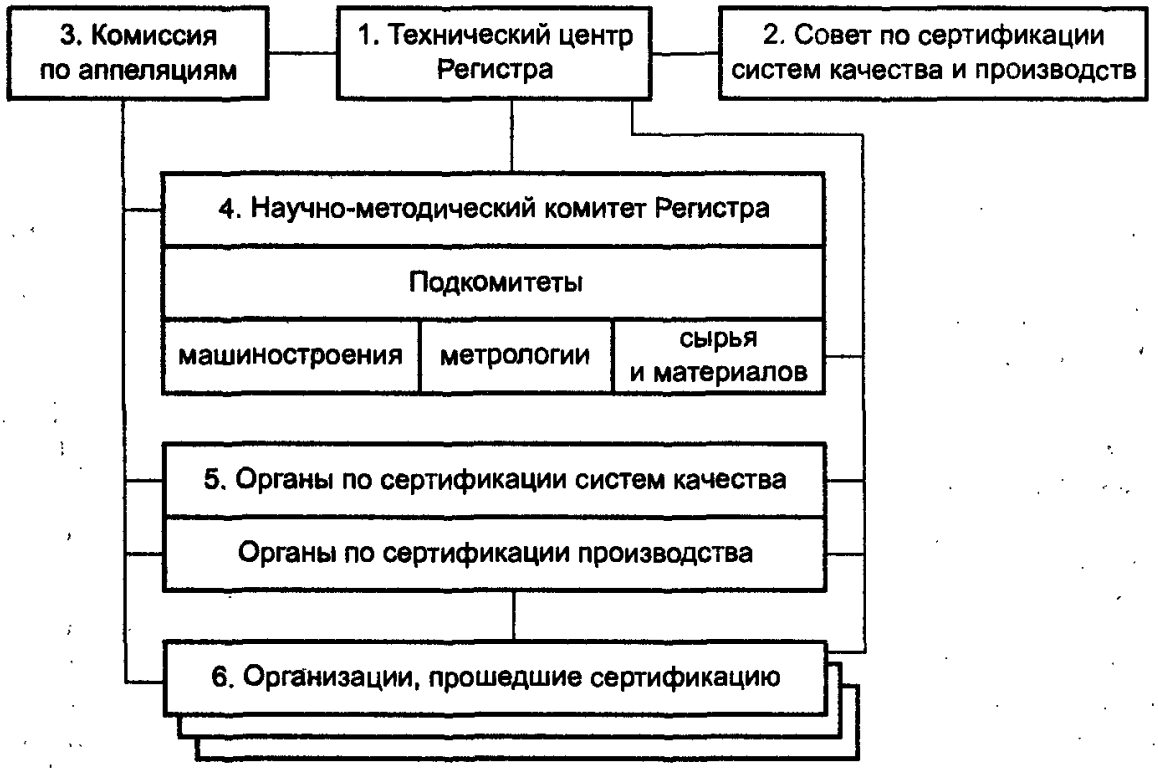


Рис. 5.10. Структура Регистра систем качества

Для реализации проблемы сертификации систем качества Госстандарт России разработал комплекс стандартов, введенных в действие с 1996 и переработанных в 2000 г.: ГОСТ Р 40.002–2000, ГОСТ Р 40.003–2000, ГОСТ Р 40.004–96, ГОСТ Р 40.005–2000 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 62–2000. Перечисленные стандарты соответствуют международным документам и определяют общие требования к организации деятельности Регистра, а также требования к порядку проведения сертификации системы качества и сертификации производств, инспекционного контроля за сертифицированными системами качества и производств.

Регистр систем качества Госстандарта России базируется на действующем законодательстве Российской Федерации, а также на стандартах ИСО серий 9000

и 10000, EN 45012, руководствах ИСО/МЭК 2, 61 и 62. В качестве нормативной базы для сертификации систем качества используются государственные стандарты, разработанные на основе новых версий стандартов ИСО 9000: ГОСТ Р ИСО 9001–96, ГОСТ Р ИСО 9002–96, ГОСТ Р ИСО 9003–96.

В соответствии с ГОСТ Р 40.003–2000 в сертификации систем качества выделяют три этапа:

1. Предварительная оценка систем качества.
2. Окончательная проверка и оценка систем качества.
3. Инспекционный контроль за сертифицированными системами качества.

5.6. Качество продукции и защита потребителей

Закон «О защите прав потребителей», принятый в 1992 г., установил ряд принципиально новых положений: права потребителей, признаваемые во всех цивилизованных странах; право на безопасность товаров, работ и услуг для жизни и здоровья; право на надлежащее качество приобретаемых товаров, выполняемых работ и оказываемых услуг; право на возмещение ущерба и судебную защиту прав и интересов потребителя; механизм защиты потребителей, права которых нарушены при продаже недоброкачественных товаров либо при ненадлежащем выполнении работ и оказании услуг.

Основу законодательства о защите прав потребителей составляют нормативные акты гражданского законодательства, и данный закон среди них занимает центральное место. Все законодательные акты, действующие на территории РФ, приведены в соответствие с законом «О защите прав потребителей».

На основании отдельных статей закона правительство РФ утверждает разного рода подзаконные акты, правила по договорам купли-продажи, по продаже отдельных видов товаров, выполнению отдельных видов работ и т. д.

В целях обеспечения безопасности товаров (работ, услуг) закон «О защите прав потребителей» вводит обязательную их сертификацию.

На основании Закона обязательной сертификации подлежат: товары (работы, услуги), на которые в законодательных актах, государственных стандартах установлены требования, направленные на обеспечение безопасности жизни, здоровья потребителей и охраны окружающей среды, а также на предотвращение причинения вреда имуществу потребителей; средства, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья потребителей.

Партия товара, реализуемого через розничную торговую сеть, или каждая единица товара должны сопровождаться *сертификатом соответствия*, который продавец *обязан* предъявить покупателю по его требованию.

Реализация товаров (в том числе импортных), выполнение работ и оказание услуг без сертификата соответствия, подтверждающего их соответствие обязательным требованиям стандартов по безопасности, Законом запрещена. Товары могут сопровождаться сертификатом, выданным национальными органами по сертификации, а также *зарубежными сертификатами, признаваемыми в России*.

Закон предусматривает систему мер, предотвращающих поступление в продажу товаров, в отношении которых известны факты причинения вреда человеку и

окружающей среде, несмотря на соблюдение потребителем правил пользования, хранения и транспортировки. При поступлении сигналов от органов по защите прав потребителей, государственных и общественных организаций, судебных органов Закон обязывает изготовителя приостановить производство (реализацию) товаров, работ, услуг и устранить причины, вызывающие несоответствие. Закон определяет и другие меры.

Чтобы иметь возможность защитить свои права в случае их нарушения, потребитель обязательно должен располагать информацией об изготовителе, поэтому Закон «О защите прав потребителей» предусматривает право потребителя на информацию о предприятии — изготовителе товара, продавце товара, а также предпринимателе, который производит и продает товар.

Потребитель должен знать свои права и пользоваться ими. Известно, что в ряде случаев подделки представляют опасность для жизни и здоровья, а в их производстве нередко просматривается организованная преступность. Вот почему сертификат соответствия, который вправе потребовать от изготовителя и продавца покупатель, Законом «О защите прав потребителя» рассматривается как гарантия права на безопасность потребляемых товаров. Безопасность изделий, процессов, услуг, определяемая Законом как основной аспект сертификации, характеризуется конкретными параметрами и требованиями к ним.

В этой связи Законом усилена государственная защита прав потребителей путем расширения полномочий таких федеральных органов управления, как: Министерство РФ по антимонопольной политике и поддержке предпринимательства, Госстандарт РФ, Минздрав РФ и др. Они получили право в пределах своей компетенции осуществлять контроль за соблюдением изготовителями (продавцами) требований к безопасности продукции (работ, услуг); требовать устранения недостатков или снимать подобные товары с производства, запрещать реализацию продукции и услуг, предписывать прекращение работ; предписывать запрещение реализации товаров с истекшим сроком годности, а также при отсутствии достоверной информации о них.

5.7. Аудит качества

Основным нормативным документом, регламентирующим порядок проведения аудитов (проверок) систем качества в процессе сертификации, является стандарт ИСО 10011. В России он принят как ГОСТ Р ИСО 10011–93 «Руководящие указания по проверке систем качества». Стандарт имеет три части: ГОСТ Р ИСО 10011–1–93 «Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 1. Проверка», где установлены основные принципы и процедуры организации, планирования, проведения и документации аудитов качества; ГОСТ Р ИСО 10011–2–93 «Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 2. Квалификационные критерии для экспертов по проверке систем качества», где приведены требования к квалификации, опыту и способностям специалистов для работы в качестве эксперта-аудитора; ГОСТ Р ИСО 10011–3–93 «Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 3. Руководство программой проверок», где дается ряд рекомендаций по управлению аудитами на предприятиях.

Определение аудита качества дано в стандарте ИСО 8402: **аудит качества** — это систематический и независимый анализ, позволяющий определить соответствие

деятельности и результатов в области качества запланированным мероприятиям, а также эффективность внедрения мероприятий и их пригодность поставленным целям.

Аудиты качества различают по проверяемой области и назначению (рис. 5.11).

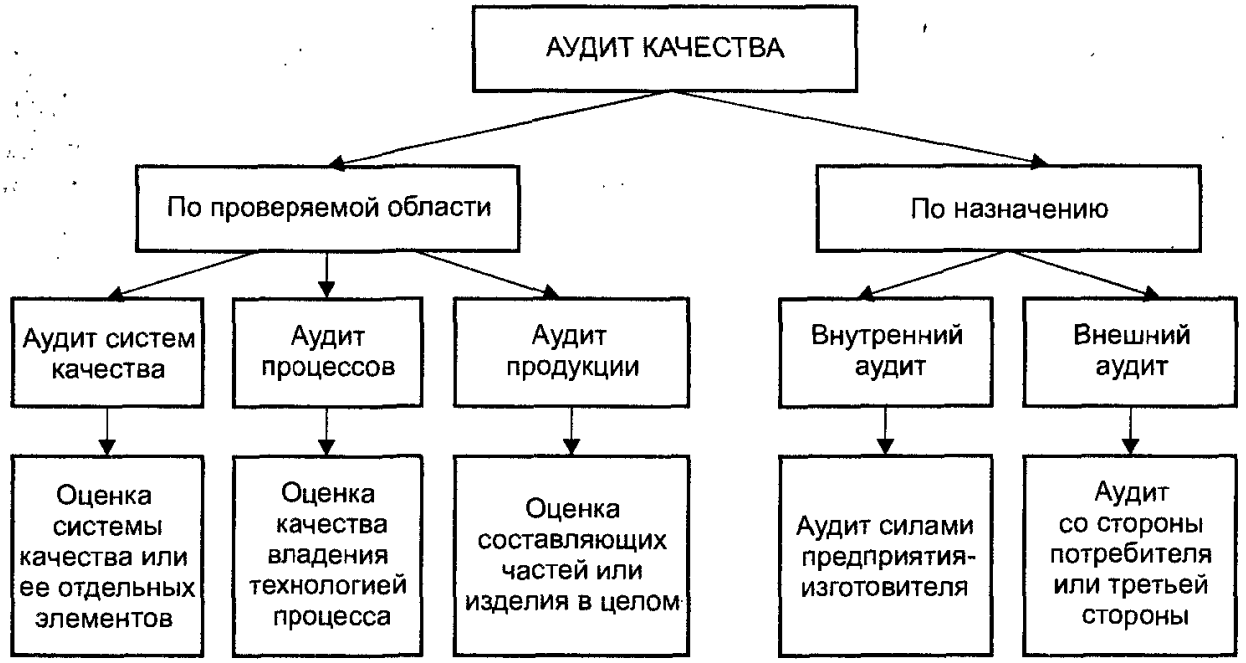


Рис. 5.11. Виды аудитов качества [36]

Аудит системы качества служит для оценки эффективности работы системы качества предприятия с помощью методов контроля отдельных ее элементов. При *аудите процесса* производится оценка его выполнения в соответствии с утвержденной технологией и правилами. Он применяется в системах сертификации систем качества и услуг. При *аудите продукции* устанавливается соответствие методов и средств изготовления.

Внутренний аудит качества необходим для получения информации о состоянии дел с обеспечением качества на предприятии и является неотъемлемым элементом самой системы управления качеством. Внутренние аудиты качества проводятся лицами, которые не несут непосредственной ответственности за проверяемые участки.

Внешний аудит служит для удостоверения в правильности мероприятий по обеспечению качества на предприятии путем привлечения внешних специалистов второй или третьей стороны.

Инспекционный контроль (ИК) органами по сертификации проводится в течение срока действия сертификата соответствия с определенной периодичностью. Методику проведения ИК за сертифицированными системами качества и производствами в системе сертификации ГОСТ Р устанавливает ГОСТ Р 40.005 2000. Он также базируется на основных положениях серии ГОСТ Р ИСО 10011.

Методики ИК за сертифицированной продукцией и услугами являются составной частью нормативных документов, определяющих порядок проведения сертификации в соответствующих системах.

5.8. Системы сертификации

Система сертификации — совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Система сертификации однородной продукции — система сертификации, распространяющаяся на виды продукции, объединенные по признакам общности назначения, характера требований, общим правилам и процедурам сертификации; в отдельных случаях — распространяющаяся на совокупность видов продукции, объединенных общностью одного или нескольких свойств.

Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в виде добровольной сертификации.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

- принятия декларации о соответствии;
- обязательной сертификации.

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу независимо от схем обязательного подтверждения соответствия и действуют на всей территории Российской Федерации.

5.8.1. Обязательное подтверждение соответствия

Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом, и исключительно на соответствие требованиям этого регламента. (Цели технических регламентов и минимально необходимые требования к продукции изложены в п. 1.3.4.)

При ввозе на территорию Российской Федерации продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия, в таможенные органы одновременно с таможенной декларацией заявителем (либо лицом, уполномоченным заявителем) представляется декларация о соответствии или сертификат соответствия. При этом полученные за пределами Российской Федерации документы о подтверждении соответствия, знаки соответствия, протоколы исследований (испытаний) и измерений продукции, могут быть признаны в соответствии с международными договорами Российской Федерации.

Обязательное подтверждение соответствия является формой государственного контроля за безопасностью продукции. Ее осуществление связано с определенными обязанностями, налагаемыми на предприятия, в том числе материального характера. Поэтому она может *осуществляться лишь в случаях, предусмотренных законодательными актами РФ*, то есть законами, техническими регламентами и нормативными актами Правительства РФ.

К законам, вводящим обязательное подтверждение соответствия в конкретных сферах деятельности, относятся такие законы, как «О защите прав потребителей», «Об охране труда», «Об оружии», «О связи», «Об информации, информатизации и защите информации», «О пожарной безопасности», «О безопасности дорожного движения» и др. законы (всего более 20). Выпущено свыше 10 постановлений Правительства РФ по вопросам сертификации.

Декларирование соответствия осуществляется по одной из следующих схем:

- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств;
- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств, доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра), то есть третьей стороны. Эта схема применяется в том случае, если отсутствие третьей стороны приводит к недостижению целей подтверждения соответствия.

Круг заявителей и схема декларирования устанавливается соответствующим техническим регламентом.

Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом.

В соответствии со ст. 7 Закона РФ «О защите прав потребителей» перечни товаров (работ, услуг), подлежащих обязательной сертификации, утверждаются правительством РФ. На основании этих перечней разрабатывается и вводится в действие постановлением Госстандарта России «Номенклатура продукции и услуг (работ), в отношении которых законодательными актами Российской Федерации предусмотрена их обязательная сертификация».

При обязательной сертификации подтверждаются только те обязательные требования, которые установлены законом, вводящим обязательную сертификацию. При обязательной сертификации действие сертификата соответствия и знака соответствия распространяется на всей территории РФ.

В России действует 26 систем обязательной сертификации (приложение 3). Самая известная — Система обязательной сертификации ГОСТ Р (в редакции 2002 г.), образованная и возглавляемая Госстандартом России.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 13 июля 1997 г. № 1013 в перечень работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации, включены следующие группы бытовых услуг: 1) ремонт и техническое обслуживание бытовой радиоэлектронной аппаратуры, бытовых машин и бытовых приборов; 2) техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств; 3) химическая чистка и крашение; 4) транспортные услуги (услуги по перевозке пассажиров автомобильным транспортом); 5) жилищно-коммунальные услуги (услуги гостиниц и прочих мест проживания); 6) туристские и экскурсионные услуги; 7) услуги парикмахерских; 8) услуги торговли и общественного питания.

5.8.2. Добровольная сертификация

Добровольная сертификация проводится по инициативе заявителей (изготовителей, продавцов, исполнителей) в целях подтверждения соответствия продукции требованиям стандартов, технических условий, рецептур и других документов, определяемых заявителем.

Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Она не может заменить обязательную сертификацию, если такая продукция подлежит обязательной сертификации. Однако

в рамках добровольной сертификации по продукции, прошедшей обязательную сертификацию, могут проверяться дополнительные требования.

Добровольной сертификации подлежит продукция, на которую отсутствуют обязательные к выполнению требования по безопасности. В то же время ее проведение ограничивает доступ на рынок некачественных изделий за счет проверки таких показателей, как надежность, эстетичность, экономичность и др. Она в первую очередь направлена на борьбу за клиента.

Система добровольной сертификации может быть создана юридическим лицом и (или) индивидуальным предпринимателем или несколькими юридическими лицами и (или) индивидуальными предпринимателями. При создании системы устанавливается перечень объектов, подлежащих сертификации, и их характеристик, на соответствие которым осуществляется добровольная сертификация, правила выполнения работ и их оплаты.

Системой добровольной сертификации может предусматриваться применение знака соответствия.

Госстандарт России ведет единый реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации.

На 1 января 1999 г. в России было зарегистрировано 86 систем добровольной сертификации. Примерами систем добровольной сертификации могут быть: «Система сертификации ювелирных изделий» (регистрационный номер РОСС RU.0001.040003) фирмы «ГЕМ»; «Система добровольной сертификации бурового и нефтепромыслового оборудования» (регистрационный номер РОСС RU.0001.04БН00); «Система добровольной сертификации угольной продукции» (регистрационный номер РОСС RU.0001.03ПУ00) и др. (см. приложение 3).

5.9. Схемы сертификации

Схема сертификации — форма сертификации, определяющая совокупность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательства соответствия продукции установленным требованиям.

Схемы сертификации продукции, применяемые в России и разработанные с учетом рекомендаций ИСО/МЭК, приведены в табл. 5.2.

При выборе схемы должны учитываться особенности производства, испытаний, поставки и использования конкретной продукции, требуемый уровень доказательности, возможные затраты заявителя.

Из табл. 5.2 видно, что в качестве способов доказательства используют: 1) испытание, 2) проверку производства, 3) инспекционный контроль, 4) рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам [22].

Испытание. В схемах 1–5 производится *испытание типа*, то есть одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями. Испытание в схеме 7 — это уже *контроль качества партии* путем испытания средней пробы (выборки), отбираемой от партии с использованием метода статистического контроля. В схеме 8 испытанию *подвергается каждая единица продукции*. Таким образом, жесткость испытаний, а, значит, надежность и стоимость испытаний возрастают по направлению 1–7–8.

Проверка производства применяется тогда, когда для объективной оценки качества недостаточно испытаний, а необходим анализ технологического процесса для оценки стабильности качества продукции. Например, для оценки производства скоропортящейся продукции этот способ доказательства является главным (схема 6), так как сроки годности продукции меньше времени, необходимого для организации и проведения испытаний в измерительной лаборатории.

Проверка производства проходит также с различным уровнем жесткости. При проверке в форме «анализ состояния производства» (схемы 1а, 2а, 3а, 4а, 9а, 10а) проверяются два элемента качества, предусмотренные ГОСТ Р ИСО 9001–96. В схеме 5, предусматривающей сертификацию производства, проверяется 10 элементов качества.

Таблица 5.2. Схемы сертификации продукции

Номер схемы	Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и другие способы доказательства соответствия	Проверка производства (системы качества)	Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства)
1	Испытания типа		
1а	Испытания типа	Анализ состояния производства	
2	Испытания типа		Испытания образцов, взятых у продавца
2а	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца Анализ состояния производства
3	Испытания типа		Испытания образцов, взятых у изготовителя
3а	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя Анализ состояния производства
4	Испытания типа		Испытания образцов, взятых у продавца и у изготовителя
4а	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца и у изготовителя Анализ состояния производства
5	Испытания типа	Сертификация производства или сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества (производства) Испытания образцов, взятых у продавца и (или) у изготовителя

Номер схемы	Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и другие способы доказательства соответствия	Проверка производства (системы качества)	Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качсства, производства)
6	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества
7	Испытания партии		
8	Испытания каждого образца		
9	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам		
9а	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	
10	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам		Испытания образцов, взятых у продавца и у изготовителя
10а	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца и у изготовителя Анализ состояния производства

При сертификации системы качества (схемы 5, 6) проверяется 20 элементов, причем проверку производства имеют право проводить эксперты, аккредитованные в области проверки систем качества.

Инспекционный контроль (ИК) предусмотрен в большинстве схем. Его проводят после выдачи сертификата. Он может проводиться в форме испытания образцов (схемы 2, 2а, 3, 3а, 4, 4а) либо в форме контроля сертифицированной системы качества (производства). В последнем случае порядок ИК регламентирован ГОСТ Р 40.005–2000, касающимся сертифицированных систем качества (производства).

Рассмотрение декларации о соответствии — это способ доказательства, который представляет первая сторона — изготовитель. Он заключается в том, что руководитель предприятия представляет в орган сертификации заявление-декларацию, прилагая к последнему протоколы испытаний, а также информацию об организации на предприятии контроля качества продукции. Этот способ используют при сертификации продукции зарубежного изготовителя с высокой репутацией на рынке, продукции отечественных индивидуальных производителей (например, фермеров), продукции малых предприятий и т. д.

Рассмотрим применение отдельных схем. Схемы 1–6 и 9а – 10а применяются при сертификации серийно выпускаемой продукции, схемы 7, 8, 9 — при сертификации выпущенной партии или единичного изделия. Схему 1 рекомендуется использовать при ограниченном объеме реализации и выпуска продукции. Схемы 1а, 2а, 3а, 4а, 9а и 10а рекомендуется применять (вместо соответствующих схем 1, 2, 3, 9 и 10), если у органа сертификации нет информации о возможности

изготовителя данной продукции обеспечить стабильность ее характеристик, подтвержденных испытаниями. Схема 5 является наиболее жесткой. Ее применяют в случае, если установлены повышенные требования к стабильности характеристик выпускаемой продукции (потенциально опасные изделия техники, продукция на экспорт). Схемы 3а, 4а и 5 используют также при проведении работ по добровольной сертификации продукции на соответствие требованиям государственных стандартов.

Схемы 9–10а введены недавно. С введением подобных схем российская система сертификации еще больше приблизилась к европейской системе.

Конкретную схему сертификации определяет орган сертификации или заявитель.

Схемы сертификации работ и услуг имеют свою специфику (табл. 5.3).

Схема 1 предусматривает оценку мастерства исполнителя работы и услуги, что включает проверку условий работы, знаний технологической, нормативной документации, опыта работы, сведений о повышении квалификации и выборочную проверку результата услуги (отремонтированных, вычищенных и других изделий), а также последующий инспекционный контроль. Ее рекомендуется применять для сертификации услуг, оказываемых гражданами-предпринимателями и небольшими предприятиями.

Таблица 5.3. Схемы сертификации работ и услуг

Номер схемы	Оценка выполнения работ и оказания услуг	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Инспекционный контроль сертифицированных работ и услуг
1	Оценка мастерства исполнителя работ и услуг	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль мастерства исполнителя работ и услуг
2	Оценка процесса выполнения работ и оказания услуг	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль процесса выполнения работ и оказания услуг
3	Анализ состояния производства	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль состояния производства
4	Оценка организации (предприятия)	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль соответствия установленным требованиям
5	Оценка системы качества	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль системы качества
6		Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Контроль качества выполнения работ и оказания услуг
7	Оценка системы качества	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Контроль системы качества

Схема 2 предусматривает оценку процесса выполнения работы и оказания услуги по следующим критериям: полнота и актуализация (своевременное обновле-

ние) документации, устанавливающей требования к процессу (нормативные и технические документы); метрологическое, методическое, организационное, программное, информационное, правовое и другое обеспечение процесса выполнения работ, оказания услуг; безопасность и стабильность процесса; профессионализм обслуживающего и рабочего персонала; безопасность реализуемых товаров.

Схему 3 применяют при сертификации производственных услуг.

Схема 4 предусматривает аттестацию предприятия, что включает проверку: состояния его материально-технической базы; санитарно-гигиенических условий обслуживания потребителей; ассортимента и качества услуг, включая наряду с целевыми и дополнительные услуги; четкости и своевременности обслуживания; качества обслуживания (этика общения, комфортность, эстетичность, учет запросов потребителя и т. д.); профессионального мастерства обслуживающего персонала. Эту схему рекомендуется применять при сертификации гостиниц, ресторанов, парикмахерских, кинотеатров и др. Результатом оценки предприятия в целом может быть присвоение разряда (категории, класса, звезды).

Схему 5 рекомендуется применять при сертификации наиболее опасных работ и услуг (медицинских, по перевозке пассажиров и пр.). Оценка системы качества по схеме 5 (а также схеме 7) производится по стандартам ИСО серии 9000 экспертами по сертификации систем качества.

Схемы 6 и 7 основаны на использовании декларации о соответствии с прилагаемыми к ней документами, подтверждающими соответствие работ и услуг установленным требованиям.

Схему 6 применяют при сертификации работ и услуг небольших предприятий, зарекомендовавших себя в нашей стране и за рубежом как исполнители работ и услуг высокого уровня качества.

Схему 7 применяют при наличии у исполнителя системы качества. Оценка выполнения работ, оказания услуг будет заключаться в обследовании предприятия с целью подтверждения соответствия работ и услуг требованиям стандартов системы качества.

При добровольной сертификации применяют схемы 1–5. Схемы 6 и 7, которые предусматривают декларацию о соответствии, при добровольной сертификации не применяют.

При проверке результатов работ и услуг наиболее широко используются *социологические* и *экспертные методы*.

При наличии у заявителя сертификата на систему качества оценка ее не проводится. Инспекционный контроль осуществляется путем контроля стабильности процесса оказания услуги.

5.10. Органы сертификации, испытательные лаборатории и центры сертификации

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется органами сертификации, испытательными лабораториями и центрами.

Орган по сертификации (ОС) выполняет следующие функции:

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

ОС несет ответственность за обоснованность и правильность выдачи сертификата соответствия, за соблюдение правил сертификации.

Специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти в области сертификации (в России — Госстандарт) выполняет следующие функции:

- формирует и реализует государственную политику в области сертификации, устанавливает общие правила и рекомендации по проведению сертификации на территории Российской Федерации и опубликовывает официальную информацию о них;
- проводит государственную регистрацию систем сертификации и знаков соответствия, действующих в Российской Федерации;
- опубликовывает официальную информацию о действующих в Российской Федерации системах сертификации и знаках соответствия и представляет ее в установленном порядке в международные (региональные) организации по сертификации;
- готовит в установленном порядке предложения о присоединении к международным (региональным) системам сертификации, а также может в установленном порядке заключать соглашения с международными (региональными) организациями о взаимном признании результатов сертификации;
- представляет в установленном порядке Российскую Федерацию в международных (региональных) организациях по вопросам сертификации и как национальный орган Российской Федерации по сертификации осуществляет межотраслевую координацию в области сертификации.

В работах по сертификации участвует ряд федеральных органов исполнительной власти. Госстандарт как национальный орган по сертификации осуществляет координацию их деятельности в этом направлении. Координация, как правило, проводится в форме соглашения, в котором регламентируется выбор системы сертификации, объекта сертификации, аккредитующего органа и пр.

Например, такими органами, занимающимися вопросами сертификации, являются: Госсанэпидемнадзор Минздрава России, Департамент ветеринарии Минсельхозпрода РФ, Госстрой России, Госкомсвязи России, Госпожарнадзор МВД России, Российский Морской Регистр, Российский Речной Регистр, Российский Авиарегистр и пр.

Для организации и координации работ в системах сертификации однородной продукции или группы услуг создаются *центральные органы систем сертификации* (ЦОС).

Например, функции ЦОС в системе сертификации систем качества и производства выполняет Технический центр Регистра систем качества, действующий в структуре Госстандарта России. Функции ЦОС по добровольной сертификации на соответствие требований государственных стандартов в Системе сертификации ГОСТ Р возложены на ВНИИ сертификации.

В обязанности ЦОСа входит:

- организация, координация работы и установление правил процедуры в возглавляемой системе сертификации;
- рассмотрение апелляций заявителей по поводу действия ОС, ИЛ (центров).

Главным участником работ по сертификации является эксперт — лицо, аттестованное на право проведения одного или нескольких видов работ в области сертификации. От его знаний, опыта, личных качеств, то есть компетентности, зависят объективность и достоверность решения о возможности выдачи сертификата.

Добровольная сертификация осуществляется органами по добровольной сертификации, входящими в систему добровольной сертификации.

Органом по добровольной сертификации может быть юридическое лицо и (или) индивидуальный предприниматель, образовавшие систему добровольной сертификации, а также юридическое лицо, взявшее на себя функции органа по добровольной сертификации на условиях договора с юридическим лицом и (или) индивидуальным предпринимателем, образовавшими данную систему.

Орган по добровольной сертификации:

- осуществляет подтверждение объектов добровольного подтверждения соответствия;
- выдает сертификаты соответствия на объекты, прошедшие добровольную сертификацию;
- предоставляет заявителям право на применение знака соответствия, если присвоение знака соответствия предусмотрено системой добровольной сертификации;
- приостанавливает или прекращает действие выданных им сертификатов соответствия.

Аккредитованные испытательные лаборатории (ИЛ) осуществляют испытания конкретной продукции или конкретные виды испытаний и выдают протоколы испытаний для целей сертификации.

ИЛ несет ответственность за соответствие проведенных ею сертификационных испытаний требованиям НД, а также за достоверность и объективность результатов.

Если орган по сертификации аккредитован как ИЛ, то его именуют сертификационным центром. Так, в стране широко известна деятельность Российского центра испытаний и сертификации «Ростест — Москва».

5.11. Правила и порядок проведения сертификации

Сертификация осуществляется в рамках определенной системы и по выбранной схеме. Порядок ее проведения устанавливается правилами конкретной системы, но основные этапы процесса сертификации неизменны независимо от вида и объекта сертификации. Обобщенная схема процесса сертификации по наиболее часто применяемым схемам представлена на рис. 5.12.

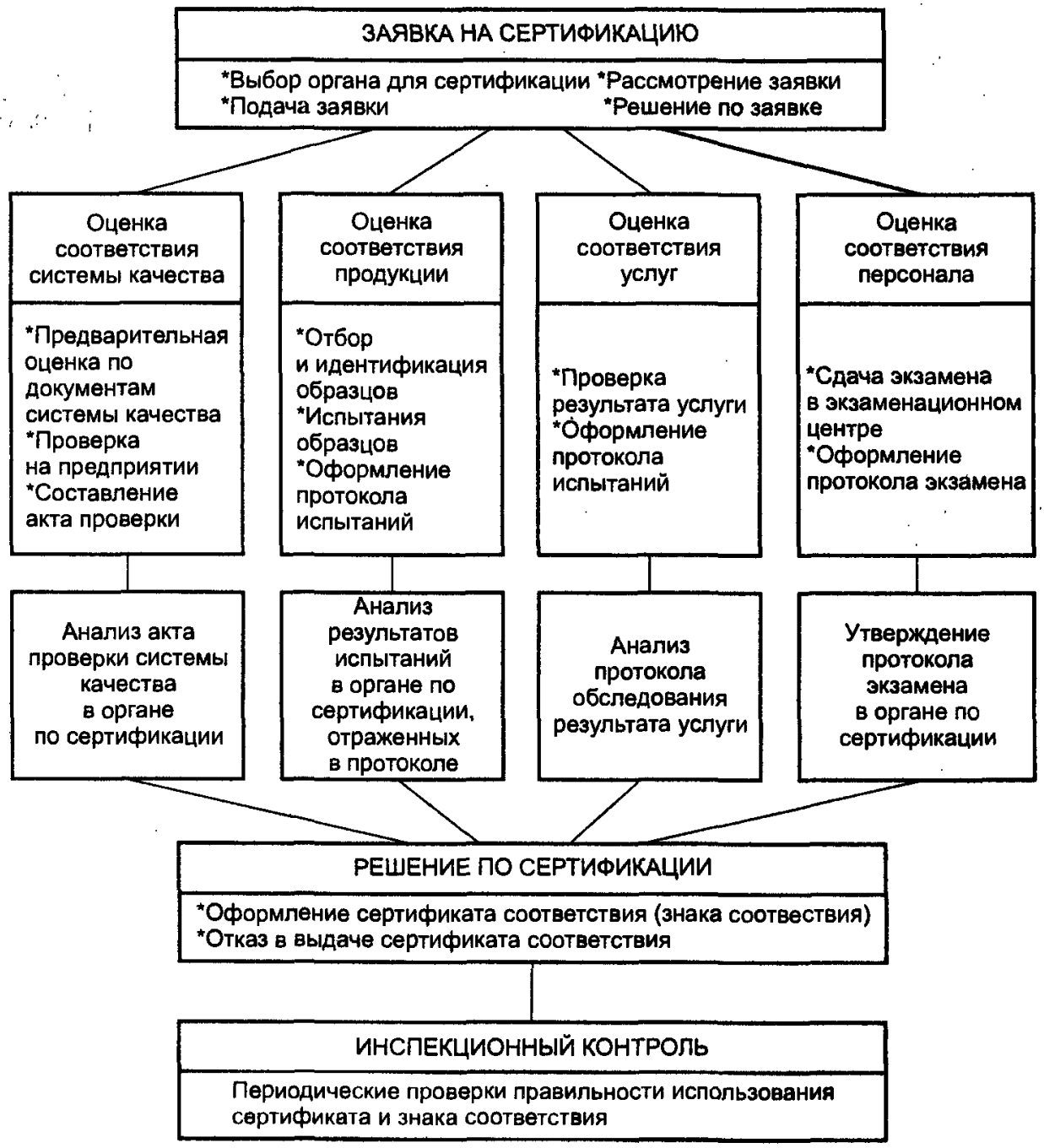


Рис. 5.12. Основные этапы процесса сертификации

В ней можно выделить пять основных этапов:

1. Заявка на сертификацию.
2. Оценка соответствия объекта сертификации установленным требованиям.
3. Анализ результатов оценки соответствия.
4. Решение по сертификации.
5. Инспекционный контроль за сертифицированным объектом.

Этап заявки на сертификацию заключается в выборе заявителем органа по сертификации, способного провести оценку соответствия интересующего его объекта. Это определяется областью аккредитации органа по сертификации. Если данную работу могут провести несколько органов по сертификации, то заявитель может обратиться в любой из них. Заявка направляется по установленной в системе сертификации форме. Орган по сертификации рассматривает ее и сообщает заявителю решение.

Этап оценки соответствия имеет особенности в зависимости от объекта сертификации. Применительно к продукции он состоит из отбора и идентификации образцов изделий и их испытаний. Образцы должны быть такими же, как и продукция, поставляемая потребителю. Образцы выбираются случайным образом по установленным правилам из готовой продукции. Отобранные образцы изолируют от основной продукции, упаковывают, пломбируют или опечатывают на месте отбора. Отбор образцов для испытаний осуществляет, как правило, испытательная лаборатория или по ее поручению другая компетентная организация. В случае проведения испытаний в двух и более испытательных лабораториях отбор образцов может быть осуществлен органом по сертификации (при необходимости с участием испытательных лабораторий).

Этап анализа практической оценки соответствия объекта сертификации установленным требованиям заключается в рассмотрении результатов испытаний, экзамена или проверки системы качества в органе по сертификации.

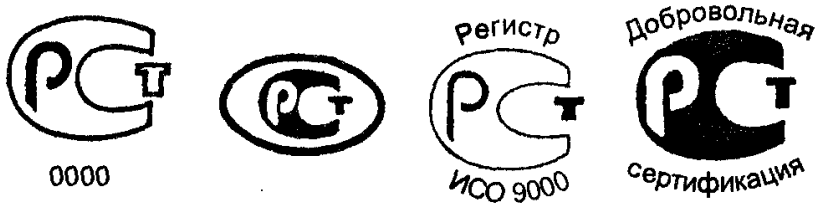
При сертификации продукции заявитель представляет в орган документы, указанные в решении по заявке, и протокол испытаний образцов продукции из испытательной лаборатории. Эксперты органа по сертификации проверяют соответствие результатов испытаний, отраженных в протоколе, действующей нормативной документации.

Решение по сертификации сопровождается выдачей сертификата соответствия заявителю или отказом в нем.

Продукция, на которую выдан сертификат, маркируется знаком соответствия, принятым в системе. На рис. 5.13 дано изображение знаков соответствия в системе ГОСТ Р.

Сам знак представляет сочетание РСТ и означает аббревиатуру названия стандарта – Р[оссийский] СТ[андарт]. Он указывает на национальную принадлежность знака соответствия.

Под знаком соответствия при обязательной сертификации (рис. 5.13, *а*) проставляется буквенно-цифровой код ОС — две буквы и две цифры.



а *б* *в* *г*

Рис. 5.13. Знаки соответствия в системе ГОСТ Р: *а* — при обязательной сертификации; *б* — требованиям государственных стандартов; *в* — системы сертификации систем качества; *г* — при добровольной сертификации

Часто буквенные индексы кода (полностью или частично) отражают начальные буквы наименования сертифицируемого объекта: УО, УИ, УП — услуги общественного питания; ЛТ — текстиль; БП — посуда; ПП, ПО, ПР — пищевые продукты и продовольственное сырье; ЛД — товары детского ассортимента; ЛК — кожевенно-обувные изделия. Иногда буквенный индекс не является аббревиатурой наименования объекта: МЕ — электрооборудование; АЮ, АЯ — расширенная область аккредитации. Например, под кодом АЯ46 значится Российский центр испытаний и сертификации — «Ростест — Москва».

Примеры знаков соответствия систем обязательной сертификации ряда федеральных органов исполнительной власти приведены на рис. 5.14 и 5.15.

а *б* *в* *г*

Рис. 5.14. Знаки соответствия системы сертификации на воздушном транспорте Российской Федерации РОСС RU.0001.01АТ01 (Департамент воздушного транспорта Минтранса России): *а* — для продукции; *б* — для предприятия (организации); *в* — для персонала; *г* — для систем качества

а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 5.15. Знаки соответствия систем обязательной сертификации ряда федеральных органов исполнительной власти: *а* — продукции и услуг в области пожарной безопасности РОСС RU.0001.01ББ00; *б* — средств защиты информации по требованиям безопасности информации РОСС RU.10001.01БИ00; *в* — медицинских иммунобиологических препаратов РОСС RU.10001.01ИП00; *г* — морских гражданских судов РОСС RU.10001.01МФ00; *д*— на федеральном железнодорожном транспорте РФ РОСС RU.10001.01ЖТ00; *е* — по экологическим требованиям РОСС RU.10001.01ЭТ00

На рис. 5.16 приведены примеры знаков соответствия систем добровольной сертификации.

Маркирование продукции знаком соответствия осуществляет изготовитель (продавец). Изготовителю (продавцу) право маркирования знаком соответствия предоставляется лицензией, выданной ОС.

Знак соответствия ставится на изделие и (или) тару, сопроводительную техническую документацию. Знак соответствия наносят на тару при невозможности нанесения его непосредственно на продукцию (например, для газообразных, жидких и сыпучих материалов и веществ).

а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 5.16. Знаки соответствия систем добровольной сертификации: *а* — АОЗТ Мосэкспертиза (система МЭКС); *б* — средств и систем в сфере информатизации; *в* — средств измерений; *г* — морской техники «Артур»; *д* — продукции машиностроения и приборостроения «Абрис»; *а* — сборочно-сварочных работ

Инспекционный контроль за сертифицированным объектом проводится органом, выдавшим сертификат, если это предусмотрено схемой сертификации. Он проводится в течение всего срока действия сертификата — обычно один раз в год в форме периодических проверок. В комиссии органа по сертификации при инспекционном контроле могут участвовать специалисты территориальных органов Госстандарта России, представители обществ потребителей и других заинтересованных организаций.

Инспекционный контроль включает в себя анализ информации о сертифицированном объекте и проведение выборочных проверок образцов продукции, услуг или элементов системы качества. При контроле сертифицированного специалиста проверяется соответствие его работы принятым критериям.

5.12. Аккредитация органов по сертификации и испытательных (измерительных) лабораторий

По закону «О техническом регулировании» аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) осуществляется в целях:

- подтверждения компетентности органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия;
- обеспечения доверия изготовителей, продавцов и приобретателей к деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров);
- создания условий для признания результатов деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров).

Аккредитация этих органов осуществляется на основе принципов:

- добровольности;
- открытости и доступности правил аккредитации;
- компетентности и независимости органов, осуществляющих аккредитацию;
- недопустимости ограничения конкуренции и создания препятствий пользованию услугами органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров);
- обеспечения равных условий лицам, претендующим на получение аккредитации;
- недопустимости совмещения полномочий по аккредитации и подтверждение соответствия;
- недопустимости установления пределов действия документов об аккредитации на отдельных территориях.

В зарубежных странах аккредитация является самостоятельным видом деятельности, регламентируемым соответствующими нормативными документами, выполнение требований которых служит гарантией единства и сопоставимости оценок компетентности аккредитованной организации. А это обеспечивает доверие к результатам испытаний и сертификации.

Госстандартом РФ выработаны принципы организации системы аккредитации в РФ, которые нашли отражение в основополагающих стандартах ГОСТ Р серии 51000, гармонизованных с руководствами ИСО/МЭК, европейскими стандартами серии EN 45000, положениями Международной конференции по аккредитации испытательных лабораторий (ИЛАК). Общее руководство и координацию деятельности по аккредитации осуществляет специально созданное самостоятельное подразделение Госстандарта — отдел по аккредитации, который сертификацией не занимается.

Российская система аккредитации (РОСА) представляет собой совокупность организаций, участвующих в деятельности по аккредитации, аккредитованных органов по сертификации, испытательных лабораторий, других субъектов, а также установленных норм, правил, процедур, которые определяют действие этой системы (рис. 5.17).

Объектами аккредитации являются организации, осуществляющие деятельность в области оценки соответствия: испытательные лаборатории, органы по сертификации, контролирующие организации; метрологические службы юридических лиц; организации, осуществляющие специальную подготовку экспертов.

Система аккредитации устанавливает требования к объектам аккредитации, аккредитующему органу; правила и процедуры системы, причем аккредитующий орган в каждом конкретном случае имеет право устанавливать дополнительные критерии в соответствии с особенностями объекта аккредитации.

Участниками российской системы аккредитации являются: Совет по аккредитации в РФ (Совет), аккредитующие органы и технические центры по видам деятельности, объекты аккредитации и аккредитованные организации, эксперты по аккредитации. Рассмотрим их функции.

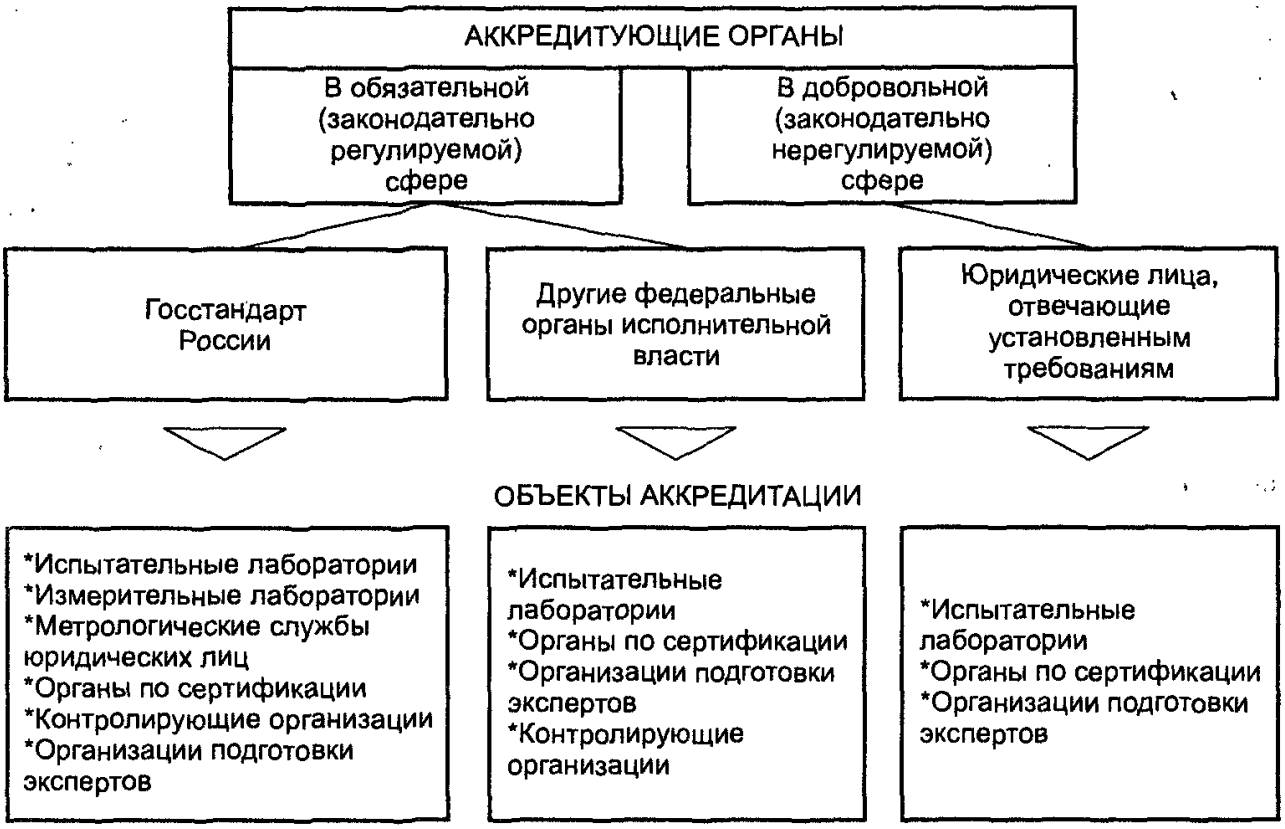


Рис. 5.17. Российская система аккредитации (РОСА) по ГОСТ Р 51000.1–95

Совет решает вопросы, относящиеся к принципам проведения единой технической политики в области аккредитации; исследованиям по аккредитации; координации деятельности аккредитованных органов, экономическим аспектам аккредитации; международному сотрудничеству в области аккредитации; анализу итогов деятельности по аккредитации; ведению объединенного реестра аккредитованных объектов и экспертов по аккредитации. *Рабочие органы Совета* — технический секретариат, рабочие группы (из числа членов Совета) и комиссия по апелляциям.

Аккредитующий орган проводит аккредитацию организаций, осуществляющих деятельность в законодательно регулируемой (обязательной) сфере. Аккредитацию в добровольной сфере имеет право осуществлять юридическое лицо, отвечающее требованиям к аккредитующим органам.

Госстандарт помимо выполнения им функций аккредитующего органа разрабатывает общие процедуры аккредитации, требования к аккредитующим органам, объектам аккредитации и экспертам, к документам по аккредитации и взаимодействует с международными, региональными и зарубежными организациями по аккредитации.

Основные функции аккредитующего органа связаны с реализацией единой политики по аккредитации в России. Важнейшей функцией аккредитующего органа является разработка правил по признанию других систем аккредитации, в том числе зарубежных.

Требования к аккредитующему органу регламентируются ГОСТ Р 51000.2–95.

Технический центр выполняет работу, которую поручает ему аккредитующий орган. Это может быть: предварительное рассмотрение заявок на аккредитацию, проведение экспертизы документов, подготовка программ аттестации заявителей и инспекционного контроля аккредитованных организаций, рассмотрение результатов аттестации и инспекционного контроля и подготовка по ним проекта решения и др.

Система аккредитации предусматривает повторную аккредитацию, доаккредитацию, аккредитацию на компетентность и аккредитацию с целью предоставления полномочий на право проведения работ по сертификации.

Повторная аккредитация проводится не реже, чем раз в пять лет. Продление действия аттестата аккредитации возможно и без повторной аккредитации. Решение об этом принимает аккредитующий орган по результатам инспекционного контроля.

Доаккредитация — это аккредитация в дополнительной области деятельности. Этой процедуре подвергается аккредитованная организация, которая претендует на расширение своей области деятельности. Программа и процедура доаккредитации определяются аккредитующим органом.

Аккредитация на компетентность, или универсальная аккредитация проводится аккредитующим органом, деятельность которого полностью соответствует международным требованиям, изложенным в Руководстве ИСО/МЭК 61. Предполагается, что аккредитация на компетентность обеспечит доверие к аккредитованному органу (или лаборатории) со стороны заявителей.

Аккредитация с целью предоставления полномочий на право проведения работ по сертификации в системе сертификации проводится организацией, получившей свои полномочия соответствующим законодательным актом. Предоставление полномочий необходимо для создания уверенности в том, что испытания, проводимые данной лабораторией, и решения, принимаемые органом по сертификации, достоверны, будут признаваемы заинтересованными сторонами и не вызовут сомнений по отношению к системе сертификации.

5.13. Развитие сертификации на международном, региональном и национальном уровнях

5.13.1. Международная сертификация

Вопросами сертификации в настоящее время занимаются такие организации, как: Международная организация по стандартизации (ИСО), в частности ее Комитет по оценке соответствия ИСО/КАСКО, Международная электротехническая комиссия (МЭК) и работающая в тесном контакте с ней Международная комиссия по сертификации соответствия электрооборудования (СЕЕ); Генеральное соглашение по тарифам и торговле (ГАТТ); Всемирная торговая организация (ВТО); Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН); Международный торговый центр (МТЦ); Конференция ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД);

Международная конференция по аккредитации испытательных лабораторий (ИЛАК) и др.

Международная организация по стандартизации (ИСО) своими разработками содействует гармонизации процедуры сертификации, что, в свою очередь, делает возможным взаимное признание результатов сертификации даже при различиях в национальных законодательных положениях. ИСО содействует в методическом плане также созданию систем сертификации в тех странах, где они пока отсутствуют. В области сертификации ИСО сотрудничает с МЭК, о чем говорят многие совместные руководства. Основополагающим руководством в области сертификации считается руководство ИСО/МЭК 28 «Общие правила типовой системы сертификации продукции третьей стороной», содержащее рекомендации по созданию национальных систем сертификации.

ИСО совместно с МЭК разработали ряд руководств, регламентирующих деятельность в области сертификации: руководство ИСО/МЭК-2 «Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видах деятельности», руководство ИСО/МЭК-7 «Требования к стандартам, применяемым при сертификации изделий», руководство ИСО/МЭК-16 «Свод правил по системам сертификации третьей стороной на основе соответствующих стандартов», руководство ИСО/МЭК-22 «Информация о заявлении изготовителя о соответствии стандартам или другим техническим условиям» и ряд других руководств (всего свыше 20).

По заказу Международной конференции по аккредитации испытательных лабораторий (ИЛАК) ИСО/МЭК разработано руководство 43 «Квалификационные испытания лабораторий», которое применяется как основополагающий методический документ всеми странами при решении таких вопросов, как оценка уровня работы испытательной лаборатории; определение технической компетентности и области деятельности; оценка эффективности применяемых методов испытаний, аккредитация лаборатории и пр.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) в отличие от ИСО, занимающейся исключительно методологическими проблемами, разработала международные системы сертификации и разрабатывает стандарты, в частности по безопасности, которые применяются как нормативная база при испытаниях и сертификации соответствующей продукции.

Этой организацией в 1985 г. создана Международная система МЭК (МЭКСЭ) сертификации электрооборудования на соответствие стандартам безопасности, объединяющая 34 страны (в том числе Россию).

В рамках Системы сертификации ГОСТ Р действует национальная система сертификации электрооборудования на соответствие стандартам безопасности — ССЭСБ.

ССЭСБ гармонизована с международной системой сертификации МЭКСЭ, а центральный орган этой системы признан членом Комитета сертификационных органов МЭКСЭ.

В 1980 г. в МЭК была создана система сертификации изделий электронной техники с целью содействия международной торговле посредством установления единых требований к этой продукции.

Россия участвует в Системе сертификации изделий электронной техники МЭК как правопреемница СССР, который присоединился к Системе в 1982 г. В соответствии с правилами системы в России существуют Национальная организация по сертификации, Национальный орган по стандартизации и Национальная служба надзора, которые входят в структуру Госстандарта России.

Аккредитованными испытательными центрами по правилам Системы МЭК являются НИИ Электростандарт, а также две испытательные лаборатории по электронным компонентам.

Европейская экономическая комиссия ООН приняла рекомендации *«Признание результатов испытаний»*, направленные на содействие двусторонним и многосторонним соглашениям о взаимном признании. Этот документ сыграл положительную роль в совершенствовании практики аккредитации испытательных лабораторий.

Важным достижением в работе ЕЭК по сертификации считается принятие (1988 г.) Рекомендаций *«Разработка и содействие заключению международных соглашений по сертификации»*. Согласно этому документу правительства стран — членов ЕЭК должны содействовать заключению дву- и многосторонних соглашений о взаимном признании систем сертификации.

В рамках ЕЭК ООН действует *система омологации (сертификации) оборудования дорожных транспортных средств* на соответствие установленным правилам. Россия участвует в этой системе. В 1992 г. в России введена в действие Система сертификации механических транспортных средств и прицепов в рамках системы ГОСТ Р. В этой системе аккредитовано 19 органов по сертификации (4 по автомототехнике и 15 по запасным частям) и 27 испытательных центров (6 по автомототехнике и 21 по запасным частям).

Международная конференция по аккредитации испытательных лабораторий (ИЛАК) была впервые созвана в 1977 г. (Копенгаген, Дания).

Целью работы конференции является значительное сокращение технических барьеров в торговле путем аккредитации испытательных лабораторий на основе согласованных на международном уровне принципов и процедур, что является важнейшим шагом для установления взаимного доверия к результатам испытаний.

В рамках ИЛАК предусматривается два вида международных соглашений:

- соглашение по взаимному признанию протоколов испытаний, сертификатов без аккредитации лабораторий;
- соглашение по взаимному признанию национальных систем аккредитации испытательных лабораторий (с распространением признания и на сертификаты).

ИЛАК не является международной организацией со всеми соответствующими характеристиками — уставом, правилами процедуры, постоянным секретариатом, бюджетом и т. п., а представляет собой международный форум, в работе которого принимают участие специалисты отдельных стран и международные организации, поставившие своей целью обмен информацией и опытом по юридическим и техническим аспектам, возникающим при взаимном признании результатов испытаний продукции, являющейся предметом международной торговли.

Рабочими органами ИЛАК являются комитеты по: проведению конференций; прикладному применению аккредитации в торговле; практике аккредитации; практической работе лабораторий; а также редакционный комитет. Для решения конкретных проблем создаются рабочие органы — целевые группы, которые тесно сотрудничают с ИСО и МЭК.

Задачами ИЛАК являются: обмен информацией и опытом по системам аккредитации испытательных лабораторий и оценке качества результатов испытаний; содействие взаимному признанию результатов испытаний, проводимых национальными аккредитованными лабораториями, путем заключения двусторонних и многосторонних соглашений по признанию систем аккредитации лабораторий; сотрудничество с заинтересованными международными организациями по вопросам, касающимся аккредитации испытательных лабораторий.

Важным направлением работы ИЛАК является разработка рекомендаций по качеству испытаний, проводимых испытательными лабораториями.

Наиболее авторитетными международными системами аккредитации в рамках ИЛАК являются: Система аккредитации МЭКСЭ, Федерация ассоциаций по маслам, семенам и жирам (FOSFA International), Международная организация по текстильным изделиям из шерсти (Interwoollabs), Судовой Регистр Ллойда.

5.13.2. Региональная сертификация

Сертификация в ЕС. В 1985 г. была принята Директива Совета ЕС о технической гармонизации, в которой разграничивается роль основных требований и стандартов. Основные требования обязательны в отличие от требований стандартов. Причем если стандарт гармонизован, то продукция, изготовленная по этому стандарту, считается соответствующей основным требованиям.

В 1988 г. в Брюсселе на симпозиуме западноевропейских стран разработаны рекомендации по созданию единых для ЕС принципов сертификации и испытаний. Установлены более высокие ступени в развитии подходов ЕС к вопросам, касающимся сертификации и испытаний продукции:

- предлагается предприятиям стран ЕС внедрить системы управления качеством на базе стандартов EN 29001, EN 29002 и EN 29003;
- утверждаются единые для Сообщества критерии оценки компетентности и независимости испытательных лабораторий, органов по аккредитации и сертификации.

Созданный Комиссией ЕС банк данных «Сертификат» содержит информацию о всех существующих в Европе системах сертификации, методиках испытаний, лабораториях и испытательных центрах и т. п.

В 1989 г. в ЕС была принята *Глобальная концепция* гармонизации правил по оценке соответствия. Согласно директивам соответствие может быть оценено самим изготовителем, в результате чего заявлением-декларацией он подтверждает соответствие товара требованиям директивы и удостоверяет это путем маркировки товара знаком (рис. 5.18).

В Европе функционируют две региональные организации по аккредитации: *Европейское сотрудничество по аккредитации органов по сертификации продукции,*

систем качества, персонала (EAC) и *Европейское сотрудничество по аккредитации лабораторий (испытательных и калибровочных), а также органов по обучению персонала и контролирующих организаций* (EAL). Общая цель этих организаций — способствовать доверию рынка к сертификатам, выдаваемым сертификационными органами, которые аккредитованы этими организациями. Деятельность EAL и EAC базируется на правилах и процедурах, соответствующих европейским стандартам EN 45000, что также способствует созданию условий для взаимного признания результатов испытаний и сертификации.

Рис. 5.18. Знак соответствия Директиве ЕС

С целью установления взаимопонимания и взаимного доверия между европейскими организациями и странами в 1990 г. на основе Меморандума о взаимопонимании Комиссией ЕС, Секретариатом EACT и СЕН/СЕНЭЛЕК была учреждена *Европейская организация по испытаниям и сертификации* (ЕОИС), которая в 1993 г. приобрела статус Международной независимой некоммерческой ассоциации. В ЕОИС входят национальные комитеты по оценке соответствия 18 европейских стран и 8 европейских организаций. В структуре ЕОИС действуют: специализированные комитеты; отраслевые комитеты; группы управления договорами; административная инфраструктура поддержки.

Сертификация в СНГ. Деятельность по сертификации в странах СНГ основывается на *Соглашении о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации*, подписанном в 1992 г. На основании положений Соглашения страны содружества — участницы Соглашения формируют национальные системы сертификации с учетом руководств ИСО/МЭК и накопленного опыта в данной области.

Подписавшие Соглашение государства договорились о взаимном признании органов по сертификации, испытательных лабораторий, результатов испытаний и сертификации, сертификатов и знаков соответствия на взаимопоставляемую продукцию. Сертификационные испытания могут проводиться в аккредитованной лаборатории любой страны.

Нормативной базой сертификации признаны международные, межгосударственные или национальные стандарты, признанные в государствах — участниках Соглашения.

Поскольку российская Система ГОСТ Р в большей степени гармонизована с международными правилами, страны СНГ взяли за основу составления методических документов по сертификации российские правила и другие разработки.

Знаки соответствия национальных систем сертификации стран СНГ приведены на рис. 5.19.

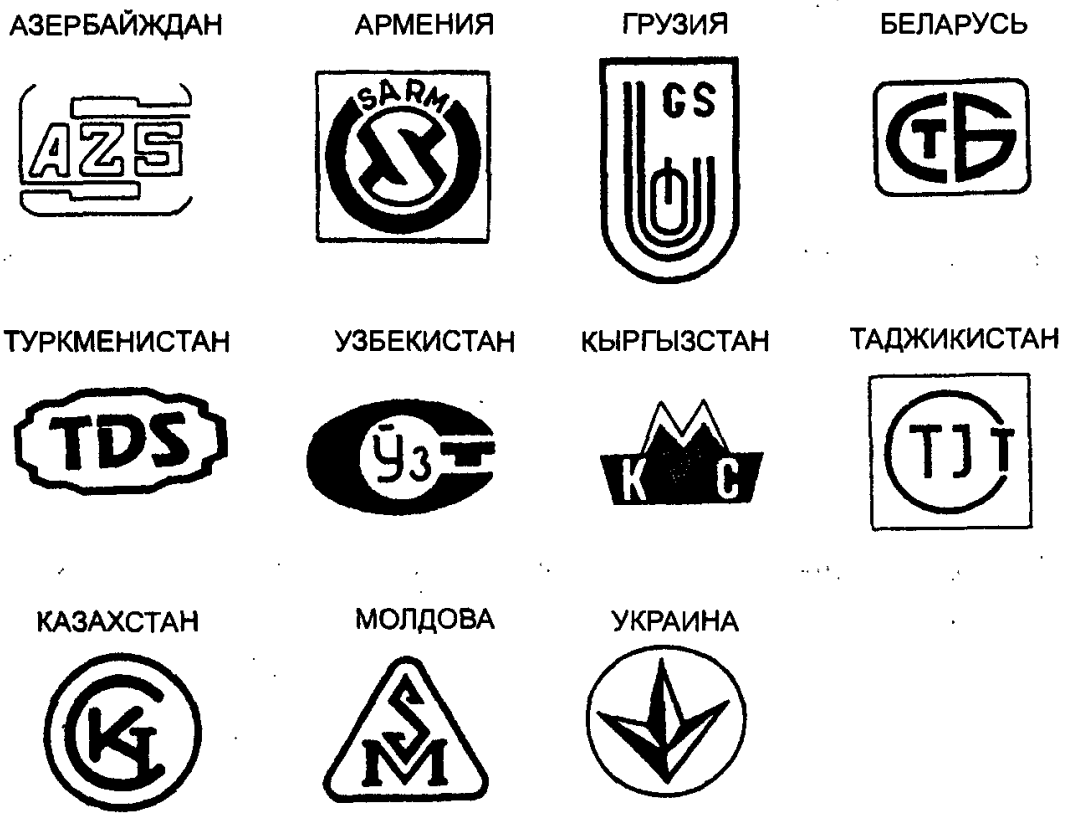


Рис. 5.19. Знаки соответствия национальных систем сертификации стран СНГ

Важное значение для стран-участниц имеет договоренность о *Евро-Азиатской региональной организации по аккредитации* по образу и подобию Европейской организации по аккредитации лабораторий (EAL).

5.13.3. Национальные организации по сертификации в зарубежных странах

В целях расширения внешней торговли и упрочения своих позиций на внешнем рынке в работе международных организаций участвуют национальные организации многих стран.

Сертификация в США. В США действуют законы по безопасности различных видов продукции, которые и служат правовой основой сертификации соответствия. Согласно этим законам обязательной сертификации подлежит продукция, на которую принят государственный стандарт, а также закупаемая государством на внутреннем и внешнем рынках. Обязательная сертификация контролируется государственными органами.

Добровольная сертификация проводится по заявлению потребителей или изготовителей продукции на соответствие предлагаемым ими нормативным документам.

В США действуют три основные категории программ (систем) сертификации, которые утверждает Федеральное правительство:

- *1-я категория* — сертификация товаров и услуг на безопасность. Все эти программы обязательны;

- *2-я категория* — программы по проверке образцов продукции и производств, заменяющие сплошной контроль. Используются при обязательной и добровольной сертификации для товаров, которые потребляются в государственных учреждениях;
- *3-я категория* — программы оценки качества и условий производства до поступления продукции в торговлю. Используются для обязательной и добровольной сертификации.

Кроме утвержденных правительством в США есть программы сертификации, которые организуются в частном секторе. Их услугами пользуются не только фирмы США, но и экспортеры из других стран.

Нормативной базой сертификации являются стандарты, которые разрабатываются: *Американским обществом по испытаниям материалов* (ASTM) — для широкого диапазона потребительских товаров; *Национальной ассоциацией изготовителей электрооборудования* (NEMA) — для электротехнических товаров и электрооборудования; *Комиссией по безопасности товаров широкого потребления* (CPSC) — для товаров широкого потребления; *Федеральным агентством по защите окружающей среды* (EPA) — для сертификации различных производств, двигателей внутреннего сгорания, наземного, водного и воздушного транспорта и т. п.; *Национальным институтом стандартов и технологий* (NIST) — правительственным органом по стандартизации, который разрабатывает обязательные стандарты.

Общее руководство сертификацией в стране осуществляет Сертификационный комитет, действующий в составе NIST, который также координирует работы по стандартизации и представляет США в ИСО, МЭК и других международных организациях.

Сертификация в Германии. Правовой базой сертификации в Германии служат законы в области охраны здоровья и жизни населения, защиты окружающей среды, безопасности труда, экономии ресурсов, защиты интересов потребителей. С 1990 г. в стране действует закон об ответственности за изготовление недоброкачественной продукции, который гармонизован с законодательством стран — членов ЕС и служит законодательной базой для сертификации в рамках единого рынка. В общенациональную систему сертификации Германии входят следующие системы:

- **A** — система сертификации соответствия регламентам;
- **A1** — система сертификации соответствия стандартам DIN охватывает все виды изделий, на которые установлены требования в стандартах DIN. Руководит ею Германский институт стандартизации. Изделия, соответствующие требованиям стандартов DIN, маркируются знаком **DIN GEPRÜFT**;
- **A2** — система сертификации VDE. Это система Союза электротехников (VDE), поддерживаемая Институтом сертификации и испытаний (PZI). Изделия маркируются знаком **VDE**;
- **A3** — система сертификации DVGW. Это система сертификации Ассоциации фирм по газо- и водоснабжению. Все поставляемое на рынок Германии газовое оборудование должно иметь знак соответствия **DVGW**;

- **B** – система сертификации Германского института гарантии качества и маркировки RAL. Область распространения этой системы – сельскохозяйственные товары и строительные материалы. Знак соответствия – **RAL**;
- **C** – система сертификации на знак **GS**, которая подтверждает соответствие изделий требованиям Закона о безопасности приборов;
- **D** – система надзора за соответствием строительных конструкций федеральным нормам;
- **E** – система сертификации средств измерений и эталонов. Федеральным органом в области метрологии является Федеральный физико-технический институт;
- **F** – система сертификации соответствия разделу 24 Германского промышленного законодательства. Эта система занимается сертификацией паровых котлов, баллонов высокого давления, средств транспортировки горючих жидкостей, взрывозащищенного электрооборудования, подъемных устройств.

Практическую работу по сертификации систем качества в Германии ведут ряд организаций, в том числе *Общество по сертификации систем качества* (DQS).

Сертификация в Англии. В Англии подтверждение соответствия изделия требованиям Британского стандарта и присвоение знака соответствия предоставлено Британскому институту стандартов. Примером негосударственной организации в Англии является *Британский Ллойд*, сертификаты которого признаются судовладельцами во всех странах мира.

Сертификация во Франции. За сертификацию отвечает *Французская ассоциация по стандартизации* (APNOR).

Организационно сертификация построена по отраслевому принципу и постоянно взаимодействует с системой стандартизации как в плане соответствия требованиям национальных стандартов, так и в плане разработки новых требований и норм.

Кроме APNOR сертификацией управляют органы государственного и отраслевого уровня: *Французский центр внешней торговли* (CNCE), *Центр информации о нормах и технических регламентах* (CINR), *Союз электротехников* (UTE).

Оценка соответствия во Франции имеет несколько форм: подтверждение соответствия европейским директивам; заявление-декларация изготовителя о соответствии продукта европейскому стандарту; добровольная сертификация на соответствие национальным стандартам Франции; контроль безопасности продукции, находящейся в продаже.

Национальной системой является система сертификации на соответствие государственному стандарту, что удостоверяется знаком *NF*, который применяется для всех видов товаров. Но для электротоваров есть свои знаки, например, для бытовых электроприборов – *NF ELECTRICITE*.

Сертификация на знак *NF* имеет добровольный характер. Исключение составляет продукция медицинского направления (материалы, лекарства, оборудование), где испытания, в том числе и клинические, обязательны. Такие товары маркируются знаком *NF-MEDICAL*.

Сертификация в Японии. В Японии действуют три формы сертификации: обязательная сертификация, подтверждающая соответствие законодательным требованиям; добровольная сертификация на соответствие национальным стандартам, которую проводят органы, уполномоченные правительством; добровольная сертификация, которую проводят частные органы по сертификации.

В законах Японии вводятся категории по некоторым видам продукции, характеризующие степень их опасности для пользователя. Например, для электротехнических изделий установлены категории А и Б. Для категорий используют разные схемы сертификации и знаки соответствия.

Для более опасных товаров (категория А) предусмотрена сертификация третьей стороной, а для изделий категории Б — заявление-декларация изготовителя.

Для проведения сертификации систем качества в Японии создана *Японская ассоциация по сертификации систем качества* (JAB).

Аккредитация органов по сертификации и организаций, занимающихся подготовкой аудиторов, осуществляется аудиторами JAB, назначаемыми ее генеральным директором. По линии JAB аккредитованы такие крупные центры, как Центр сертификации систем качества Японской ассоциации по стандартизации (JSA–Q), Центр по контролю газового оборудования (JIA–QA), Центр сертификации систем качества Ассоциации по безопасности сосудов, работающих под давлением (KHK–QA) и др.

При сертификации аудиторов JAB выдает сертификаты трех категорий: главного аудитора, аудитора и помощника аудитора.

Приложение 1. Условные обозначения

АИС — Автоматизированная информационная система

АРСО — Африканская региональная организация по стандартизации

АСЕАН — Международная ассоциация стран Юго-Восточной Азии

АСМО — Арабская организация по стандартизации и метрологии

АСОИ — Автоматизированная система обработки информации

ВЕМЕТ — Западно-Европейское объединение по законодательной метрологии

ВНИИКИ — Всероссийский научно-исследовательский институт классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству

ВНИИНМАШ — Всероссийский научно-исследовательский институт по нормализации в машиностроении

ВНИИС — Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации продукции

ВНИИстандарт — Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации

ВТО — Всемирная торговая организация

ГАТТ — Генеральное соглашение по тарифам и торговле

ГСС — Государственная система стандартизации

ГССО — Государственная служба стандартных образцов веществ и материалов

ЕАСТ — Европейская ассоциация свободной торговли

ЕВРОМЕТ — Европейская метрологическая организация

ЕДСКП — Единая десятичная система классификации продукции

ЕОИС — Европейская организация по испытаниям и сертификации

ЕОК — Европейская организация по качеству

ЕОКК — Европейская организация по контролю качества

ЕС — Европейский союз

ЕСКК ТЭСИ — Единая система классификации и кодирования технико — экономической и социальной информации

ЕТСИ — Европейский институт по стандартизации в области электросвязи

ЕЭК ООН — Европейская экономическая комиссия ООН

ЕЭС — Европейское экономическое сообщество

ИКАО — Международная организация гражданской авиации

ИЛАК — Международная конференция по аккредитации испытательных лабораторий

ИМЕКО — Международная конференция по измерительной технике

ИНСТА — Межскандинавская организация по стандартизации

ИНФКОС — Информационный комитет по стандартизации

ИСО — Международная организация по стандартизации

ИСС — Национальный Совет по стандартизации Индонезии

КЛ — Каталожный лист

Классификатор ЕСКД — Общероссийский классификатор изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения

КООМЕТ — Метрологическая организация стран Центральной и Восточной Европы

КОПАНТ — Панамериканский комитет стандартов

КОСПАР — Комитет по исследованию космического пространства

МАГАТЭ — Международное агентство по атомной энергии

МБЗМ — Международное бюро законодательной метрологии

МБРР — Международный банк реконструкции и развития

МГС — Совет по стандартизации, метрологии и сертификации

МГСС — Межгосударственная система стандартизации

МКЗМ — Международный комитет законодательной метрологии

МККР — Международный консультативный комитет по радиосвязи

МККТТ — Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии

МКМВ — Международный комитет мер и весов

МНТКС — Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве

МОЗМ — Международная организация законодательной метрологии

МОМВ — Международная организация мер и весов

МОПС — Международная организация потребительских союзов

МТК — Межгосударственный технический комитет

МТП — Международная торговая палата

МЭК — Международная электротехническая комиссия

МЭКСЭБ — Международная система МЭК сертификации электрооборудования на соответствие стандартам безопасности

НОРДА — Сотрудничество между органами по аккредитации лабораторий стран Северной Европы

НОРДТЕСТ — Испытательный центр северных стран

ОКВ — Общероссийский классификатор валют

ОКДП — Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, продукции и услуг

ОКЕИ — Общероссийский классификатор единиц измерения

ОКЗ — Общероссийский классификатор занятий

ОКИСЗН — Общероссийский классификатор информации по социальной защите населения

ОКОГУ — Общероссийский классификатор органов государственной власти и управления

ОКОФ — Общероссийский классификатор основных фондов

ОКП — Общероссийский классификатор продукции

ОКПДТР — Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов

ОКПО — Общероссийский классификатор предприятий и организаций;

ОКС — Общероссийский классификатор стандартов

ОКСВНК — Общероссийский классификатор специальностей высшей научной квали-фикации

ОКСО — Общероссийский классификатор специальностей по образованию

ОКУН — Общероссийский классификатор услуг населению

ОКЭР — Общероссийский классификатор экономических районов

ПК — Подкомитет

ПОС — Оптимизация параметров объектов стандартизации

РГ — Рабочая группа

СанНиП — Санитарные нормы и правила

САПР — Система автоматического проектирования

СЕН — Европейским комитетом по стандартизации

СЕНЭЛЕК — Европейский комитет по стандартизации и электротехнике

СИРИМ — Малайзийский институт стандартов и промышленных исследований

СИСПР — Международный специальный комитет по радиопомехам

СНиП — Строительные нормы и правила

СОПОС — Система оптимизации параметров объектов стандартизации

СПГ — Совместная группа при президентах европейских организаций по стандартизации (СЕН, СЕНЭЛЕК, ЕТСИ) в структуре ЕТСИ

ССЭСБ — Российская национальная система сертификации электрооборудования на соответствие стандартам безопасности

СЭВ — Совет Экономической Взаимопомощи

ТАСИС — Европейская программа технической помощи странам — бывшим республикам СССР

ТИСИ — Таиландский институт промышленных стандартов

ТК — Технический комитет

ТКГ — Техническая консультационная группа в ИСО

ТН ВЭД — Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности

УДК — Универсальная десятичная система кодирования

ФСК — Федеральная система каталогизации продукции

ЦСМ — Центр стандартизации и метрологии

ЮНИДО — Организация системы ООН по промышленному развитию

AFNOR — Французская ассоциация по стандартизации

BSI — Британский институт стандартов

DIN — Немецкий институт стандартов

DS — Датский совет по стандартизации

EAL — Западно-Европейское объединение по калибровке

EN — Стандарты СЕН/СЕНЭЛЕК

ENV — Предварительные стандарты СЕН/СЕНЭЛЕК

HD — Документы по гармонизации в рамках СЕН/СЕНЭЛЕК

JISC — Японский комитет промышленных стандартов

NIST — Американский национальный институт стандартов и технологии

NSF — Норвежский союз стандартизации

SFS — Финляндская ассоциация по стандартизации

SJS — Шведская комиссия по стандартизации

Приложение 2. Основные законы и нормативные документы

Нормативные документы по стандартизации

1. Закон РФ «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ
2. ГОСТ Р 1.0–92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения
3. ГОСТ Р 1.2–92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов
4. ГОСТ Р 1.4–93. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения
5. ГОСТ Р 1.5–92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов
6. ГОСТ Р 1.8–95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки и применения межгосударственных стандартов
7. ГОСТ Р 1.9–95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок маркирования продукции и услуг знаком соответствия государственным стандартам
8. ГОСТ Р 1.10–95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки, принятия, регистрации правил и рекомендаций по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации и информации о них
9. ИСО/МЭК 2. Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности
10. ПР 50–688–92. Временное типовое положение о техническом комитете по стандартизации

11. ПР 50–718–94. Правила заполнения и представления каталожных листов продукции
12. ПР 50–734–93. Порядок разработки общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации
13. Положение об организации и осуществлении государственного контроля и надзора в области стандартизации, обеспечении единства измерений и обязательной сертификации. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 16 мая 2003 г. № 287
14. Правила по стандартизации. Порядок проведения Государственным комитетом РФ по стандартизации и метрологии государственного контроля и надзора. Утверждены Постановлением Госстандарта России от 23 сентября 2002 г. № 91
15. Р 50.1.004–95. Порядок подготовки в Госстандарте России межгосударственных стандартов для принятия в Российской Федерации
16. Р 50–605–79–93. Рекомендации по разработке положения о службе стандартизации предприятия

Нормативные документы по взаимозаменяемости

1. ГОСТ 520–89*. Подшипники качения. Общие технические условия
2. ГОСТ 1139–80*. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски
3. ГОСТ 1643–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски
4. ГОСТ 1758–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические и гипоидные. Допуски
5. ГОСТ 2789–73*. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики
6. ГОСТ 2849–94. Калибры для конусов инструментов. Технические условия
7. ГОСТ 3189–89. Подшипники шариковые и роликовые. Система условных обозначений
8. ГОСТ 3325–85*. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки
9. ГОСТ 3469–91 (ИСО 8038–85). Микроскопы. Резьба для объективов. Размеры
10. ГОСТ 3675–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические. Допуски
11. ГОСТ 4608–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Посадки с натягом
12. ГОСТ 6033–80*. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°. Размеры, допуски и измеряемые величины

13. ГОСТ 7951–80*. Калибры для контроля шлицевых прямобочных соединений. Допуски
14. ГОСТ 8593–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные конусности и углы конусов
15. ГОСТ 8908–81. Нормальные углы и допуски углов
16. ГОСТ 9150–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль
17. ГОСТ 9249–59. Нормальная температура
18. ГОСТ 9368–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические мелкомодульные. Допуски
19. ГОСТ 16093–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором
20. ГОСТ 24642–81*. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения
21. ГОСТ 24643–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения
22. ГОСТ 24834–81*. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Переходные посадки
23. ГОСТ 24853–81*. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски
24. ГОСТ 24932–81. Калибры для конических соединений. Допуски
25. ГОСТ 24939–81*. Калибры для цилиндрических резьб. Виды
26. ГОСТ 24969–81*. Калибры для контроля шлицевых эвольвентных соединений с углом профиля 30°. Допуски
27. ГОСТ 24997–81. Калибры для метрической резьбы. Допуски
28. ГОСТ 25069–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей
29. ГОСТ 25142–82. Шероховатость поверхности. Термины и определения
30. ГОСТ 25256–82. Подшипники качения. Допуски. Термины и определения
31. ГОСТ 25307–82. Основные нормы взаимозаменяемости. Система допусков и посадок для конических соединений
32. ГОСТ 25346–89. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений
33. ГОСТ 25347–82*. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки
34. ГОСТ 25348–82*. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм
35. ГОСТ 25349–88. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков деталей из пластмасс
36. ГОСТ 25670–83. Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками

37. ГОСТ 26179–84. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски размеров свыше 10000 до 40000 мм
38. ГОСТ 2.308–79*. ЕСКД. Указание на чертежах допусков форм и расположения поверхностей
39. ГОСТ 2.309–73*. ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей
40. ГОСТ 2.320–82. ЕСКД. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов

Нормативные документы по метрологии

1. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93, № 4871–1 (в редакции 2003 г.)
2. Постановление Госстандарта РФ от 8 февраля 1994 г. № 8 «Требования к государственным центрам испытаний средств измерений и порядок их аккредитации» (зарегистрировано в Минюсте РФ 13 июля 1994 г. № 635)
3. Постановление Госстандарта РФ от 8 февраля 1994 г. № 8 «Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций» (зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. № 740)
4. Постановление Госстандарта РФ от 8 февраля 1994 г. № 8 «Порядок лицензирования деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений» (зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. № 741)
5. Постановление Госстандарта РФ от 28 декабря 1995 г. № 95 «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ» (зарегистрировано в Минюсте РФ 27 февраля 1996 г. № 1037)
6. ГОСТ 16263–70 ГСИ. Метрология. Термины и определения
7. ГОСТ Р 8.000–00. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Общие положения
8. ГОСТ 8.417–81. ГСИ. Единицы физических величин
9. ГОСТ Р 8.563–96. ГСИ. Методики выполнения измерений
10. ГОСТ Р 8.568–97. ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения
11. ГОСТ 8.009–84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений;
12. ГОСТ 8.050–73. ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений
13. ГОСТ 8.051–81. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм
14. ГОСТ 8.061–81. ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение
15. ГОСТ 8.207–76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения
16. ГОСТ 8.326–89. ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерений

17. ГОСТ 8.395–80. ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования
18. ГОСТ 8.437–81. ГСИ. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения
19. ГОСТ 8.508–84. ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля
20. ГОСТ 8.549–86. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм с неуказанными допусками
21. ИСО 10012–1:1992. Требования, гарантирующие качество измерительного оборудования. — Часть 1. Система подтверждения метрологической пригодности измерительного оборудования
22. РМГ 29–99. Метрология. Основные термины и определения
23. МИ 2277–94. ГСИ. Система сертификации средств измерений. Основные положения и порядок проведения работ
24. ПР 50.2.002–94. ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм
25. ПР 50.2.004–94. ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже
26. ПР 50.2.006–94. ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения
27. ПР 50.2.009–94. ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения
28. ПР 50.2.014–94. ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений
29. ПР 50.2.017–95. ГСИ. Положение о российской системе калибровки

Нормативные документы по управлению качеством и сертификации

1. Закон РФ «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ
2. Закон РФ «О защите прав потребителей» в ред. от 17.12.1999 г. № 212-ФЗ
3. Закон «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора) в редакции 2003 г.
4. Положение о системе сертификации ГОСТ Р. Утверждено Постановлением Госстандарта России от 29.04.98 № 11520, в редакции 2002 г.
5. Порядок проведения сертификации продукции в Российской Федерации с изменениями от 1998 г. Утвержден Постановлением Госстандарта России от 21.09.94 № 15

6. Правила по проведению сертификации в Российской Федерации. Утверждены Постановлением Госстандарта России от 10.05.2000 № 26
7. Система сертификации ГОСТ Р. Порядок проведения сертификации продукции. Утверждена Постановлением Госстандарта России от 21.09.94 № 14
8. Требования к испытательным лабораториям и порядок их аккредитации. Утверждены Постановлением Госстандарта России от 21.09.94 № 16
9. Требования к органу по сертификации продукции и порядок его аккредитации. Утверждены Госстандартом России от 21.09.94 № 16
10. ГОСТ Р 40.001–95. Правила по проведению сертификации систем качества в Российской Федерации
11. ГОСТ Р 40.0002–2000. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения
12. ГОСТ Р 40.0003–2000. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации систем качества
13. ГОСТ Р 40.0004–96. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации производств
14. ГОСТ Р 40.005–2000. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Инспекционный контроль за сертифицированными системами качества и производствами
15. ГОСТ Р 40.101–95. Государственная регистрация добровольных систем сертификации
16. ГОСТ Р 50460–92. Знак соответствия при обязательной сертификации. Форма, размеры и технические требования
17. ГОСТ Р 51000.1–95. ГСС РФ. Система аккредитации в Российской Федерации. Система аккредитации органов по сертификации, испытательных и измерительных лабораторий. Общие требования
18. ГОСТ Р 51000.2–95. ГСС РФ. Система аккредитации в Российской Федерации. Общие требования к аккредитующему органу
19. ГОСТ Р 51000.3–96. ГСС РФ. Система аккредитации в Российской Федерации. Общие требования к испытательным лабораториям
20. ГОСТ Р 51000.4–96. ГСС РФ. Система аккредитации в Российской Федерации. Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий
21. ГОСТ Р 51000.5–96. ГСС РФ. Система аккредитации в Российской Федерации. Общие требования к органам по сертификации продукции и услуг
22. ГОСТ Р 51000.6–96. ГСС РФ. Система аккредитации в Российской Федерации. Общие требования к аккредитации органов по сертификации продукции и услуг
23. ГОСТ Р 51000.9–97. ГСС РФ. Система аккредитации в Российской Федерации. Общие критерии для органов, проводящих сертификацию персонала
24. ГОСТ Р ИСО 9001–96. Система качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании

25. ГОСТ Р ИСО 9000–2001 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь
26. ГОСТ Р ИСО 9001–2001 Системы менеджмента качества. Требования
27. ГОСТ Р ИСО 9004–2001 Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности
28. ГОСТ Р ИСО 9002–96. Система качества. Модель обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании
29. ГОСТ Р ИСО 9003–96. Система качества. Модель обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях
30. ГОСТ Р ИСО 10011–1–93. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 1. Проверка
31. ГОСТ Р ИСО 10011–2–93. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 2. Квалификационные критерии для экспертов-аудиторов
32. ГОСТ Р ИСО 10011–3–93. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 3. Руководство программой проверок
33. ГОСТ Р ИСО 14001–98. Система управления окружающей средой. Требования к руководству по применению
34. ГОСТ Р ИСО 14004–98. Система управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования
35. ГОСТ Р ИСО/МЭК 62–2000. Общие требования к органам, осуществляющим оценку и сертификацию систем качества
36. ГОСТ 16504–81. ГСИ. Испытания и контроль качества продукции. Основные требования и определения
37. ГОСТ 27002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения
38. Руководство ИСО/МЭК 16. Свод правил по системам сертификации третьей стороной на основе соответствующих стандартов
39. Руководство ИСО/МЭК 25. Общие требования к оценке технической компетенции испытательных лабораторий
40. Руководство ИСО/МЭК 34. Общие правила международных систем сертификации продукции третьей стороной
41. Руководство ИСО/МЭК 38. Общие требования к приемке испытательных лабораторий
42. Руководство ИСО/МЭК 48. Руководящие положения по оценке и регистрации системы качества поставщика третьей стороной
43. ПР 50.3.001. Правила по сертификации. Система сертификации ГОСТ Р. Требования к экспертам и порядок их аккредитации

Приложение 3. Системы сертификации

Системы обязательной сертификации

№ п/п	Наименование системы	Регистрационный шифр
1	Система сертификации авиационной техники и объектов гражданской авиации	РОСТ RU.0001.01АТ00
2	Система сертификации безопасности взрывоопасных производств	РОСТ RU.0001.01БВ00
3	Система сертификации посуды	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AN00
4	Система сертификации лесопромышленной продукции	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AF00
5	Система сертификации товаров детского ассортимента	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AL00
6	Система сертификации алмазных порошков и инструментов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AB00
7	Система сертификации высоковольтного электрооборудования (Энергосерт)	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AV00
8	Система сертификации бытовой аппаратуры, работающей на газообразном, жидком и твердом видах топлива	ГОСТ Р RU.0001.8.0.BG00
9	Система сертификации игрушек	ГОСТ Р RU.0001.8.0.A100
10	Система сертификации электрооборудования на соответствие стандартам безопасности (ССЭСБ)	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AE00
11	Система сертификации ручного оружия и патронов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.SA00
12	Система сертификации металлорежущего, деревообрабатывающего и слесарно монтажного инструмента	ГОСТ Р RU.0001.8.1.IN00

№ п/п	Наименование системы	Регистрационный шифр
13	Система сертификации металлообрабатывающих станков	ГОСТ Р RU.0001.8.0.MS00
14	Система сертификации насосов, арматуры, трубопроводов и холодильной техники	ГОСТ Р RU.0001.8.0.NA00
15	Система сертификации судового оборудования и прогулочных судов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.SB00
16	Система сертификации сельхозтехники	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AC00
17	Система сертификации транспортных средств и прицепов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AT00
18	Система сертификации технических средств по требованиям электромагнитной совместимости	ГОСТ Р RU.0001.8.0.BM00
19	Система сертификации нефтепродуктов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AH00
20	Система сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AP00
21	Система сертификации семенного и посадочного материалов	РОСС RU.0001.01ПС00
22	Система сертификации средств индивидуальной защиты	ГОСТ Р RU.0001.8.0.BS00
23	Система сертификации услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств	ГОСТ Р RU.0001.8.0.UA00
24	Система сертификации услуг по ремонту и техническому обслуживанию БРЭА, электробытовых машин и приборов	РОСС RU.0001.01УБ00
25	Система сертификации химической продукции	ГОСТ Р RU.0001.8.0.BH00
26	Система сертификации «Электросвязь»	РОСС RU.0001.01Э00

Самостоятельные порядки сертификации

№ п/п	Наименование системы	Регистрационный шифр
1	Временный порядок добровольной сертификации почв, земельных участков и грунтов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.OO38
2	Порядок сертификации круглых лесоматериалов и пилопродуктов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.OO30
3	Порядок сертификации товаров (продукции) текстильной и легкой промышленности	RSSG RU.0001.8.1.0007
4	Порядок сертификации шерсти	ГОСТ Р RU.0001.8.1.OO24
5	Порядок сертификации подшипников качения	ГОСТ Р RU.0001.8.1.OO42

№ п/п	Наименование системы	Регистрационный шифр
6	Порядок сертификации лифтов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.ОО28
7	Порядок сертификации строительно-дорожных машин	RSSG RU.0001.8.1.0014
8	Порядок сертификации услуг общественного питания	ГОСТ Р RU.0001.8.2.ОО02
9	Порядок сертификации асбестовых технических изделий	ГОСТ Р RU.0001.8.1.ОО21
10	Порядок сертификации ветеринарных препаратов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.ОО49
11	Порядок сертификации черных металлов и сплавов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.ОО19
12	Порядок сертификации природного сырья	ГОСТ Р RU.0001.8.1.ОО26
13	Порядок сертификации продукции и материалов в органе по сертификации «ВИАМ– ВИЛС–Материал»	ГОСТ Р RU.0001.8.1.ОО44

Системы добровольной сертификации

№ п/п	Наименование системы	Регистрационный шифр
1	Система сертификации «Сертификация в бизнесе и торговле»	РОСС RU.0.0001.040001
2	Система сертификации средств криптографической защиты информации	РОСС RU.0001.030001
3	Система сертификации полимерных и композиционных материалов и изделий из них по срокам службы (годности)	РОСС RU.0001.040002
4	Система сертификации Советской ассоциации качества (СовАск)	РОСС RU.0001.04003
5	Система сертификации ювелирных изделий	РОСС RU.0001.040003
6	Система сертификации продукции машиностроения и приборостроения («Абрис»)	РОСС RU.0001.040004
7	Система сертификации веществ и материалов по химическому составу (ССХС)	РОСС RU.0001.040005
8	Система сертификации продукции по акустическим и вибрационным характеристикам	РОСС RU.0001.030006
9	Система сертификации биологически активных веществ («Бости»)	РОСС RU.0001.040007
10	Система добровольной сертификации услуг по качеству ССК (У)	РОСС RU.0001.040008

№ п/п	Наименование системы	Регистрационный шифр
11	Система сертификации оборудования для перерабатывающих отраслей АПК, выпускаемого предприятиями Министерства по атомной энергии РФ («Каримос»)	РОСС RU.0001.01АЛ00
12	Система сертификации «Молсем»	РОСС RU.0001.04ЯЛ00
13	Система сертификации технических устройств Академии технологических наук РФ — ГосНИИ авиационных систем (Система АТН РФ — ГосНИИАС)	РОСС RU.0001.04АУ00
14	Система добровольной сертификации бурового и нефтепромыслового оборудования	РОСС RU.0001.04БН00
15	Система сертификации геофизической продукции	РОСС RU.0001.04ГФ00
16	Система сертификации банковских технологий (ССБТ МЕКАС)	РОСС RU.0001.04БТ00
17	Система сертификации средств и систем в сфере информатизации	РОСС RU.0001.03ИН00
18	Система добровольной сертификации объектов и услуг («Индекс»)	РОСС RU.0001.04ИН00
19	Система добровольной сертификации систем качества и производств Госстандарта России («Регистр систем качества»)	РОСС RU.0001.03ИС00
20	Система добровольной сертификации продукции и систем качества оборонных отраслей промышленности («Оборонсертифика»)	РОСС RU.0001.03ОБ00
21	Система добровольной сертификации качества (СДС)	РОСС RU.0001.04КБ00
22	Система добровольной сертификации продукции и систем качества предприятий промышленности («Промсертика»)	РОСС RU.0001.03КП00
23	Система сертификации высоковольтного электрооборудования («Энергосерт»)	ГОСТ РU.0001.8.0.АУ00
24	Система добровольной сертификации угольной продукции	РОСС RU.0001.03ПУ00
25	Добровольная сертификация программного обеспечения ведения Реестра акционеров	РОСС RU.0001.04РА00
26	Система сертификации систем качества (Ростест-Авто)	РОСС RU.0001.03РА00
27	Система добровольной сертификации средств измерений	РОСС RU.0001.04СЕ00

№ п/п	Наименование системы	Регистрационный шифр
28	Система добровольной сертификации Метрологической академии	РОСС RU.0001.03СИ00
29	Система технического освидетельствования и сертификации судов и судового оборудования для последующего их страхования («МорТех»)	РОСС RU.0001.04СУ00
30	Система сертификации металлопродукции и композиционных материалов на металлической основе	РОСС RU.0001.04ЧМ00
31	Система сертификации ювелирных изделий	РОСС RU.0001.01ЮИ00
32	Система добровольной сертификации ювелирных изделий и камней	РОСС RU.0001.04ЮК00
33	Система сертификации морской техники («Артур»)	RSZ RU.S003
34	Система добровольной сертификации «Сертум»	РОСС RU.0001.04ЯБ00
35	Система добровольной сертификации испытательных стендов («Сертис»)	РОСС RU.0001.03ЯВ00
36	Система добровольной сертификации АОЗТ «Мосэкспертиза» (МЭКС)	РОСС RU.0001.04ЯГ00
37	Система добровольной сертификации водолазной техники и услуг («Спрут»)	РОСС RU.0001.03ЯД00
38	Система сертификации и оценки интеллектуальной собственности	РОСС RU.0001.04ЯЗ00
39	Система добровольной сертификации конструкционных материалов («Прометей»)	РОСС RU.0001.04ЯИ00
40	Система добровольной сертификации услуг связи, услуг информационных технологий и систем качества предприятий («Интерэкомс»)	РОСС RU.0001.04ЯЕ00
41	Московская система добровольной сертификации в строительстве («Мосстройсертификация»)	РОСС RU.0001.03ЯЛ00
42	Система добровольной сертификации программных средств, применяемых в обязательном медицинском страховании	РОСС RU.0001.03ЯП00

Список литературы

1. *Аргачев В. Г., Парфушин М. А.* Нужны стандарты на оценку последствий аварий и катастроф // Стандарты и качество.— № 1. — с. 53–54.
2. *Архангельский Л. А., Ткачевский Г. И., Лившиц Г. А.* Повышение кинематической точности зубофрезерных станков. — М.: Машгиз, 1954. — 200 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Под общ. ред. *С. В. Белова.* — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1999. — 448 с.
4. *Брянский А. Н., Дойников А. С.* Краткий справочник метролога: Справочник. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 79 с.
5. *Бурдун Г. Д., Марков Б. Н.* Основы метрологии: Учеб. пособие для вузов. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 256 с.
6. *Воронин Ю. В., Рубцов А. А.* Контроль измерительных приборов и специального инструмента. — М.: Машиностроение, 1981. — 200 с.
7. *Воронцов Л. Н., Корндорф С. Ф.* Приборы автоматического контроля размеров в машиностроении: Учеб. пособие для вузов по специальности «Приборы точной механики». — М.: Машиностроение, 1988. — 280 с.
8. *Гиссин В. И.* Управление качеством продукции: Учеб. пособие. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. — 256 с.
9. *Григорьева Л. И., Богданов М. В., Демидов И. К.* Нормоконтроль. Методика и организация. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 190 с.
10. Допуски и посадки: Справочник: В 2-х ч. — 7-е изд., перераб. и доп. — Л.: Политехника, 1991.
11. *Егоров Р. А.* и др. Справочник стандартизатора. — Харьков: Прапор, 1973. — 248 с.
12. *Завьялов П. С.* Деятельность машиностроительных монополий на внешних рынках в условиях обострения проблем сбыта. — М.: ВНИКИ, 1983. — 151 с.
13. *Исикава Каору.* Японские методы управления качеством: Сокр. пер. с англ./ Научн. ред. и автор предисловия А. В. Гличев. — М.: Экономика, 1988. — 215 с.
14. Концепция стандартизации в условиях рыночной экономики и подготовки России к вступлению в ВТО. -- М.: Госстандарт России, 1998. – 39 с.

15. Концепция совершенствования действующей в стране сертификации продукции и услуг и перехода к механизму — «оценка и подтверждение соответствия». — М.: Госстандарт России, 1998. — 32 с.

16. *Коротков В. П., Тайц Б. А.* Основы метрологии и теории точности измерительных устройств. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 352 с.

17. *Красковский Е. Я., Дружинин Ю. А., Филатова Е. М.* Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: Учеб. пособие для студентов вузов. — М.: Высшая школа, 1983. — 431 с.

18. *Крылова Г. Д.* Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ — ДАНА, 1999. — 711 с.

19. *Купряков Е. М.* Стандартизация и качество промышленной продукции: Учебник для эконом. спец. вузов. — М.: Высшая школа, 1991. — 304 с.

20. *Куцоконь В. А.* Точность кинематических цепей приборов. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. — 221 с.

21. Линейные и угловые измерения / *Бурдун Г. Д., Бирюков Г. С., Богуславский М. Г.* и др. — М.: Изд-во стандартов, 1977. — 512 с.

22. *Лифиц И. М.* Основы стандартизации, метрологии, сертификации: Учебник. — М.: Юрайт, 2000. — 285 с.

23. *Маркин Н. С., Ершов В. С.* Метрология. Введение в специальность: Учеб. пособие для техникумов. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 208 с.

24. *Марков Н. Н., Кайпер Г. Б., Сацердотов П. А.* Погрешность и выбор средств при линейных измерениях. — М.: Машиностроение, 1967. — 392 с.

25. *Марков Н. Н., Ганевский Г. М.* Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. — М.: Машиностроение, 1981. — 367 с.

26. Международные и региональные организации по стандартизации и качеству продукции: Справочник / Сост. *Л. И. Москалева.* — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 216 с.

27. Метрологическое обеспечение, взаимозаменяемость, стандартизация: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / *К. И. Гусев, Р. В. Медведева, Е. П. Мышелов, Е. А. Яковлев.* — М.: Машиностроение, 1992. — 384 с.

28. Метрология, стандартизация, сертификация: Терминологический словарь - справочник / Сост. *И. П. Данилов, Л. П. Кураков.* — М.: Изд-во стандартов, 1997. — 104 с.

29. *Орлова Н. Н., Димов Ю. В.* Основы стандартизации и управления качеством продукции: Учеб. пособие. — Иркутск: ИПИ, 1988. — 83 с.

30. *Орнатский П. П.* Автоматические измерения и приборы. — Киев: Вища школа, 1986. — 504 с.

31. Рекомендации по определению эффективности работ по стандартизации / Приложение 1 к приказу Госстандарта России от 30.04.1998 № 270 «О проведении работ по определению эффективности деятельности в области стандартизации» // Вестник Госстандарта России, 1998. № 8. — с. 21–24.

32. *Рингстедт Нильс.* Взгляд на стандартизацию в историческом аспекте // Стандарты и качество, 2000. — № 9. — с. 40–43.

33. *Ряполов А. Ф.* Сертификация. Методология и практика. — М.: Изд-во стандартов, 1987. — 232 с.

34. *Савченко В. Т.* Измерительная техника. — М.: Высшая школа, 1974. — 180 с.

35. *Саранча Г. А.* Стандартизация, взаимозаменяемость и технические измерения: Учебник для вузов. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 344 с.

36. *Сергеев А. Г., Латышев М. В.* Сертификация: Учеб. пособие для студентов вузов. — М.: Издательская корпорация «Логос», 1999. — 248 с.

37. Сертификация: Принципы и практика / Пер. с англ. — М.: Изд-во стандартов, 1983. — 88 с.

38. Сертификация продукции. Основные положения. Нормативы. Организация. Методика и практика: В 3-х частях. — М.: Изд-во стандартов, 1990.

39. Сертификация потребительских товаров: Зарубежный опыт.— М.: Изд-во стандартов, 1990. — 80 с.

40. *Тихонов Р. М.* Конкурентоспособность промышленной продукции. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 176 с.

41. *Тищенко О. Ф., Валединский А. С.* Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов. — М.: Машиностроение, 1977. — 357 с.

42. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / *И. И. Балонкина, А. К. Кутай, Б. М. Сорочкин, Б. А. Тайц.* Под общей ред. *А. К. Кутая, Б. М. Сорочкина.* — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. — 368 с.

43. Управление качеством продукции: Справочник / Под ред. *В. В. Бойцова* и *А. В. Гличева.* — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 464 с.

44. Управление качеством: Учебник для вузов / *С. Д. Ильенкова, Н. Д. Ильенкова, В. С. Мхитарян* и др. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1999. — 199 с.

45. *Фарзане Н. Г., Илясов Л. В., Азим-Заде А. Ю.* Технологические измерения и приборы. — М.: Высшая школа, 1989. — 456 с.

46. *Хофман Д.* Техника измерений и обеспечение качества: Справочная книга. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 472 с.

47. *Шишкин И. Ф.* Метрология, стандартизация и управление качеством: Учебник для вузов / Под ред. *Н. С. Соломенко.* — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 342 с.

48. *Шишкин И. Ф., Яншин В. Н.* Прикладная метрология: Учебник для вузов. — М.: РИЦ «Татьянин день», 1993. — 150 с.

49. *Шишкин И. Ф.* Контроль: Учеб. пособие. – СПб.: СЗПИ, 1992. — 62 с.

50. *Якушев А. И., Воронцов Л. Н., Федотов Н. М.* Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

56014070
224.00 -цена розничная
201.60 -розничная -10%
Метролог стандарт сертиф

ЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ
2-е издание

Димов Юрий Владимирович — доктор технических наук, профессор кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении Иркутского государственного технического университета.

Учебник предназначен для студентов технических специальностей, изучающих дисциплину «Метрология, стандартизация и сертификация».

В современной рыночной экономике конкурентоспособность выпускаемой предприятием продукции определяет жизнеспособность данного предприятия. Одним из главных факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции, работ и услуг, является их качество.

Стандартизация, взаимозаменяемость, метрология, технические измерения и сертификация продукции, работ и услуг являются инструментами обеспечения качества.

В книге изложены основы стандартизации, взаимозаменяемости изделий, метрологии, технических измерений, управления качеством и сертификации в соответствии с образовательными стандартами, утвержденными Министерством образования в 2000 и 2001 годах.

ISBN 5-318-00428-8
9 785318 004285

ПИТЕР®
WWW.PITER.COM

Посетите наш web-магазин: www.piter.com