

621.621.753

МБ4

50

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Учебник



**МЕТРОЛОГИЯ,
СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ
В МАШИНОСТРОЕНИИ**

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УЧЕБНИК

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования» в качестве
учебника для использования в образовательном процессе
образовательных организаций, реализующих программы
среднего профессионального образования по специальностям
«Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)»,
«Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного
оборудования (по отраслям)», «Оснащение средствами
автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)»*

*Регистрационный номер рецензии 206
от 20 июня 2017 г. ФГАУ «ФИРО»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2017

УДК 621(075.32)
ББК 34.41я723
М546

Рецензенты:

преподаватель Московского автомобилестроительного колледжа *О. Е. Мамаева*;
зав. лабораторией качества, метрологии и стандартизации ГНЦ ОАО НПО
«ЦНИИТМАШ», канд. техн. наук, ст. научный сотрудник *В. С. Погорелов*

Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [С. А. Зайцев, А. Н. Толстов, Д. Д. Грибанов, А. Д. Куранов]. — М. : Издательский центр «Академия», 2017. — 288 с.

ISBN 978-5-4468-5572-8

Учебник подготовлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальностям укрупненной группы «Машиностроение», в том числе по специальностям из списка ТОП-50. Учебное издание предназначено для изучения общепрофессиональной дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Рассмотрены основные положения стандартизации и сертификации продукции, нормативно-правовая база, функции и методы стандартизации, системы сертификации и подтверждения соответствия. Изложены основы взаимозаменяемости деталей, описана система допусков и посадок часто встречающихся соединений. Представлены классификации и принципиальные схемы современных средств измерения и контроля, применяющиеся в машиностроении.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621(075.32)
ББК 34.41я723

Электронная копия является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается

© Зайцев С. А., Толстов А. Н., Грибанов Д. Д., Куранов А. Д., 2017
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2017
ISBN 978-5-4468-5572-8 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2017

Уважаемый читатель!

Вы держите в руках учебник, который был подготовлен Издательским центром «Академия» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) в рамках реализации комплексного проекта подготовки кадров по 50 наиболее востребованным на рынке труда, новым и перспективным профессиям и специальностям среднего профессионального образования.

Одной из задач проекта является обновление содержания профессионального образования с учетом профессиональных стандартов, современных методик и технологий. При разработке ФГОС также учитывались требования международных конкурсов профессионального мастерства, включая чемпионаты «Молодые профессионалы» (WorldSkills и WorldSkills Russia).

Издательский центр «Академия» является лидером по выпуску учебных материалов для СПО в Российской Федерации. Более двадцати лет наши издания помогают студентам овладевать знаниями, умениями и навыками по рабочим профессиям и специальностям. Стремясь идти в ногу со временем, издательство предлагает не только печатные издания, но и электронные учебники, электронные учебно-методические комплексы и виртуальные практикумы.

Интерактивная форма подачи информации с учетом последних методик и тенденций в преподавании — отличительная особенность и визитная карточка Издательского центра «Академия» на российском рынке.

Мы надеемся, что данный учебник будет полезен студентам, облегчит задачу преподавателей, а также поможет специалистам, которые стремятся расти и развиваться в выбранной ими области, достичь новых профессиональных вершин.

Предисловие

Современная техника, перспективы ее развития и постоянно повышающиеся требования к качеству изделий предопределяют необходимость получения и практического применения базовых знаний, являющихся основными для всех специалистов, которые участвуют в разработке конструкции изделия, его изготовлении, эксплуатации и обслуживании, независимо от их ведомственной принадлежности.

Представленный авторами учебный материал не обособлен от других дисциплин: ранее полученные знания (например, по математике и физике) пригодятся при изучении вопросов, связанных с метрологией, стандартизацией, подтверждением соответствия продукции (процессов, услуг) требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. Теоретические знания и практические навыки, приобретенные при освоении этого учебного материала, впоследствии могут быть востребованы в разных областях деятельности, будь то производство, сервисное обслуживание или торговля механизмами и машинами.

В учебнике приведены общие сведения о метрологии, системе стандартизации в Российской Федерации, системах стандартов, унификации и агрегатировании, показателях качества продукции и системах качества.

Рассмотрены основы теории измерений и контроля различных величин, средства измерений, вопросы метрологического обеспечения и единства измерений, взаимозаменяемости деталей, узлов и механизмов.

Заключительная часть учебника посвящена изучению вопросов подтверждения соответствия продукции машиностроения требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Предисловие, гл. 1 и 3, кроме подразд. 3.5, написаны А. Н. Толстовым, подразд. 3.5 — А. Д. Курановым, гл. 2, 4 — 7 и 9 — С. А. Зайцевым, гл. 8, 10 — Д. Д. Грибановым.

ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

1.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Стандартизация нередко воспринимается как некая само собой разумеющаяся данность, нечто естественное, наподобие окружающего воздуха. И только тогда, когда стандартизация начинает давать сбои, становятся очевидными ее важность и необходимость. Полезность и значимость данного вида деятельности ощущается сразу же, когда происходит катастрофа на железнодорожном транспорте из-за запутанной маркировки вагонов с взрывчатыми веществами, когда останавливается транспортная операция из-за невзаимозаменяемости топлив, когда «захлебываются» органы снабжения из-за большого количества однотипных, но невзаимозаменяемых деталей.

Обществу на определенном этапе развития свойственно искать рациональные решения, превращая их в правила для многократного применения (что соответствует стандартизации как виду деятельности), и выработать целесообразные правила для коллективного общения и совместной деятельности. Применяя эти правила, можно исключить затраты времени и сил на их повторный поиск и сосредоточиться на творческих процессах деятельности. Таким образом, стандартизация позволяет использовать результаты, полученные ранее. При этом постоянное обновление полученных при стандартизации правил делает их пригодными для решения новых задач.

Зачастую стандартизация и изобретательство рассматриваются как антагонистические виды деятельности, не имеющие ничего общего друг с другом и даже препятствующие друг другу. Однако такая точка зрения несостоятельна, поскольку в методологическом плане любой процесс создания продукции основан на диалектическом взаимодействии изобретательства, формирующего новаторскую часть проекта, и стандартизации, способствующей удержанию

в новых проектах ранее разработанных технических решений, многократно проверенных и составляющих важнейшую часть накопленного научно-технического потенциала.

Изобретательство и стандартизация — две дополняющие друг друга и активно взаимодействующие составные части единого процесса создания новой продукции. Именно в их взаимодействии кроется ключ к обеспечению преемственности разработок и повышения качества продукции при существенном сокращении сроков создания и освоения новой техники, а также экономном использовании труда, энергии и материалов.

В настоящее время немислим ни один процесс конструирования без широкого применения таких типовых, унифицированных и стандартизованных конструктивных решений, как стандартные крепежные изделия, допуски и посадки, узлы и детали общепромышленного назначения, типовые соединения, уплотнения и др. Тенденция к взаимосвязанному использованию технического творчества и стандартизации усиливается интенсивно ведущимися работами по формализации инженерных задач и привлечением к их решению технических средств автоматизации и систем автоматизированного проектирования.

О том, что человечество давно знакомо с такой областью деятельности, как стандартизация, свидетельствуют древние архитектурные сооружения. Египетские пирамиды, построенные за 5—6 тыс. лет до нашей эры, подтверждают наличие установленных норм для размеров и правил обработки строительных деталей. Существовали даже специальные чиновники, контролировавшие размеры и качество обработки камней, из которых строили пирамиды. В Римской империи также существовала стандартизация. В Древнем Риме были унифицированы размеры водопроводных труб, при этом трубы, диаметры которых отличались от установленных, запрещалось подключать к городскому водопроводу.

В 1785 г. французский инженер Н. Леблан изготовил партию из 50 ружейных замков, причем каждый из них обладал важным свойством — взаимозаменяемостью: его можно было использовать в любом из ружей без предварительной подгонки. Интересно отметить, что еще за 25 лет до этого в инструкции, данной графом П. И. Шуваловым Тульскому оружейному заводу, было записано: «...на каждую оружейную вещь порознь мастерам иметь меры или лекала с заводским клеймом или печатью оружейной мастерской, по которым каждый с пропорцией каждую вещь проверить мог...».

Во второй половине XIX в. работы по стандартизации проводились почти на всех промышленных предприятиях. Первоначально

стандартизация осуществлялась внутри отдельных предприятий, однако с развитием торговли сфера ее действия расширялась. В 1881 г. в Англии, а затем и в других странах была введена стандартная резьба Витворта (с размерами, выраженными в дюймах), которая впоследствии в большинстве стран была заменена метрической резьбой. В 1846 г. в Германии были унифицированы ширина железнодорожной колеи и конструкция сцепных устройств для вагонов, а в 1869 г. там же был издан первый справочник, содержащий размеры стандартных профилей катаного железа. В 1870 г. в ряде стран Европы были введены стандартные размеры кирпичей.

Значительное внимание уделялось стандартизации и контролю качества продукции на Руси. Так, например, при Иване Грозном были установлены диаметры стволов пушек и пушечных ядер. Для контроля диаметров пушечных ядер использовались калибры. В развитии стандартизации в нашей стране важную роль сыграл Петр I, по приказу которого были построены серии судов стандартной конструкции. Его заслугой в этой области является и то, что он, выражаясь современным техническим языком, ввел типоразмерные ряды в артиллерии, стандартные элементы — в строительстве, упорядочил наименования видов документов и т. д.

В начале XX в. в мире были достигнуты значительные успехи в развитии техники и промышленности, а также концентрации производства. В связи с этим в наиболее развитых промышленных странах появилось стремление к организованной национальной стандартизации, в большинстве случаев завершившееся созданием соответствующих национальных организаций.

Так, в 1901 г. в Великобритании был создан Комитет стандартов, главной задачей которого было содействие росту экономического потенциала страны путем разработки и внедрения стандартов на сырье, промышленные изделия и военную технику.

Ускоренная милитаризация стран в начале XX в. требовала производства большого количества военной и другой техники при соблюдении условия взаимозаменяемости составных частей, что возможно только при наличии стандартов. Поэтому неудивительно, что во время Первой мировой войны и сразу после нее было основано несколько национальных организаций по стандартизации: в Нидерландах (1916 г.), Германии (1917 г.), Франции, Швейцарии, США (1918 г.) и других странах.

В табл. 1.1 представлены данные о некоторых национальных организациях по стандартизации.

С развитием транснациональных компаний стандартизация начала осуществляться в международном масштабе. Постоянное

расширение международного товарообмена и необходимость более тесного сотрудничества в области науки и техники привели к основанию Международной организации по стандартизации (ИСО), в состав которой первоначально вошли 33 страны, а в настоящее время их число достигло 106.

В ст. 2 Устава ИСО указано, что ее целью является содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи, а также расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научно-технической и экономической деятельности.

Таблица 1.1. Национальные организации по стандартизации

Сокращенное обозначение	Год создания	Место расположения	Юридический статус организации	Число стандартов	Статус стандартов
DIN, Германия	1917	Берлин	Частная	20 000	Исполняются добровольно
CCS, Канада	1970	Оттава	Государственная	870	То же
SCBS, КНР	1957	Пекин	»	11 000	Обязательны для исполнения
AFNOR, Франция	1926	Париж	Частная	15 000	Исполняются добровольно
UNI, Италия	1921	Милан	»	7 580	То же
JISC, Япония	1949	Токио	Государственная	8 200	»
BSI, Великобритания	1901	Лондон	»	10 420	»
Ростехрегулирование, РФ	1926	Москва	»	22 750	»
ANSI, США	1918	Нью-Йорк	Частная	8 500	»
DoD, США	1920	Вашингтон	Государственная	60 000	Обязательны для исполнения

Для достижения этой цели ИСО, в частности, может:

- способствовать координации и унификации национальных стандартов, издавая рекомендации для комитетов-членов (такое наименование принято для членов ИСО);
- устанавливать международные стандарты при условии, что в каждом случае стандарт одобрен 75 % комитетов-членов, участвующих в голосовании;
- способствовать разработке новых стандартов, содержащих общие правила и предназначенных для применения как в отдельных странах, так и в международном масштабе;
- организовывать обмен информацией о работе своих комитетов-членов и технических комитетов;
- сотрудничать с другими международными организациями, в том числе по их просьбе изучать вопросы, относящиеся к стандартизации.

Международная кооперация в области стандартизации осуществляется не только в мировом масштабе, но и на региональном уровне, поскольку при международной торговле необходимо принимать во внимание климатические условия страны — потенциального покупателя (с ними связаны технические требования устойчивости товара к воздействию факторов внешней среды) и национальные традиции (требования к дизайну и сервису ближе у стран одного региона). Кроме того, объективно легче торговать с соседом (ниже транспортные издержки и, следовательно, цена товара для покупателя).

В основе согласованного проведения работ по региональной стандартизации в Европе лежит Римский договор, подписанный 25.03.1957 г. ФРГ, Францией, Италией, Бельгией, Нидерландами и Люксембургом. Этот договор, посвященный созданию Европейского экономического сообщества (ЕЭС) и Европейской комиссии по атомной энергии (Евратома), декларирует условия экономического объединения европейских стран, стимулирующие свободный обмен товарами и услугами.

В ст. 30 — 36 Римского договора установлен принцип запрещения технических барьеров для обмена товарами и услугами. Одним из наиболее важных инструментов, позволяющим реализовать это требование, является стандартизация.

Европейский комитет по стандартизации (CEN), основанный в 1961 г., насчитывает свыше 300 технических комиссий. Он опубликовал свыше 2 400 стандартов, принял участие в разработке 2 167 европейских стандартов и ряда других документов.

Вопросами, касающимися стандартизации в области электротехники и электроники, занимается Международная электро-

техническая комиссия (МЭК, ИЕС) — всемирная организация по стандартизации, в состав которой входят национальные комитеты стран — ее членов. Комиссия издает международные стандарты, технические отчеты и руководства, в разработке которых принимают участие все заинтересованные национальные комитеты, а также другие международные, правительственные и неправительственные организации, связанные с МЭК. В целях содействия международной унификации национальные комитеты МЭК обязуются применять международные стандарты МЭК в максимально возможной степени при разработке своих национальных и региональных стандартов. В соответствующих национальных или региональных стандартах должно быть четко указано любое расхождение со стандартом МЭК.

В европейских странах стандартизация позволяет:

- пользоваться общей терминологией устранить разногласия;
- гарантировать требуемое качество продукции, а также взаимозаменяемость деталей, узлов и механизмов;
- снизить себестоимость продукции;
- обеспечить экономию времени;
- рационально организовать процесс производства;
- исключить (уменьшить) нерациональное расходование ресурсов.

Как показывает мировой опыт, применение методов стандартизации в современных условиях является необходимым элементом государственной технической политики в целях создания условий для эффективной разработки, производства и эксплуатации продукции.

Ранее в нашей стране была создана и действовала система стандартизации, позволявшая достаточно эффективно решать проблемы нормативно-технического обеспечения создания и эксплуатации продукции. Современный период развития стандартизации принято исчислять начиная с 1918 г., когда был принят Декрет Совета народных комиссаров «О введении международной метрической системы мер и весов». В 1923 г. Совет труда и обороны принял Постановление «О стандартизации экспортных товаров», а в 1925 г. при этом совете был создан Комитет по стандартам, первыми председателями которого были В. В. Куйбышев (в 1925—1927 гг.) и Г. М. Кржижановский (в 1927—1928 гг.).

На этот Комитет было возложено руководство работой всех ведомств СССР по стандартизации во всех областях народного хозяйства и дано право утверждения обязательных для исполнения общесоюзных государственных стандартов на различные материа-

лы и изделия. В 1926 г. был утвержден первый общесоюзный стандарт ОСТ 1 «Пшеница. Селекционные сорта зерна. Номенклатура». К 1928 г. было утверждено более 300 стандартов на рациональный сортament стального проката, ширину железнодорожной колеи и профиль рельсов, типы сельскохозяйственных машин, инструмент, крепеж и другие широко применяемые изделия.

В 1932 г. было принято постановление, предусматривавшее отраслевую стандартизацию. Стандарты были разделены на две категории:

- ОСТ — ВКС, утверждаемые Всесоюзным комитетом по стандартам;
- ОСТ — НК, утверждаемые комитетами стандартизации наркоматов.

В 1940 г. для обозначения общесоюзных государственных стандартов введена аббревиатура ГОСТ.

1.2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ ОСНОВА СТАНДАРТИЗАЦИИ

Реформы, начатые в нашей стране в 1990-е гг. и продолжающиеся до настоящего времени, создали исходный базис для построения рыночной модели экономики: формируется класс собственников средств производства и других видов экономических активов; реформируются банковская, страховая, судебная и пенсионная системы; на принципиально новой основе создается блок социальных услуг, включая образование и медицинское обслуживание; формируется законодательство по использованию природных ресурсов и защите окружающей среды; реформируется структура и функции государственного аппарата с разделением функций на федеральном и региональном уровнях. Перечень направлений вводимых новаций можно было бы продолжить.

Достигнутый в последнее десятилетие высокий уровень технологий, прежде всего транспортных и информационных, привел к принципиально новым тенденциям в организации мирового сообщества, а именно к формированию:

- единой телекоммуникационной среды в виде глобальных информационных сетей;
- цифрового пространства формализованного описания, разработки, производства и применения средств и продуктов труда;
- единой среды накопления знаний с возможностью доступа к ним на задаваемых условиях.

Все это в целом характеризует переход от индустриального общества XIX—XX вв. к информационному обществу знаний XXI в., сопровождающийся тенденцией к глобализации экономики с принципиально иными требованиями к ее субъектам и деятельности по управлению экономическими и социальными процессами. Поэтому возникла необходимость совершенствовать национальную систему стандартизации применительно к условиям рыночной экономики.

В этих целях был разработан Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Следует отметить, что законодательство о техническом регулировании не ограничивается только этим законом: в настоящее время имеется более 100 действующих законов, регулирующих отношения в смежных областях. Среди них в первую очередь необходимо выделить Гражданский кодекс Российской Федерации, ч. I от 30.11.1994 г. № 51-ФЗ, Закон Российской Федерации от 07.02.1992 г. № 2300-1 «О защите прав потребителей», Федеральные законы от 13.12.1994 г. № 60-ФЗ «О поставках продукции для федеральных государственных нужд» и от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации», а также Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации от 13.03.1992 г. и др.

Федеральный закон «О техническом регулировании» является стратегическим, поскольку из него вытекают все действия по нормативно-техническому обеспечению создания и эксплуатации продукции. Он является важнейшей составной частью правового механизма, с помощью которого осуществляется реформирование всей системы технического регулирования.

Данный закон с изменениями и дополнениями регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии и выполнении обязательных и добровольных требований к продукции и процессам ее создания и эксплуатации, а также при оценке соответствия продукции предъявляемым к ней требованиям. Он определяет основные принципы осуществления технического регулирования, а именно:

- применение единых правил установления требований к продукции;
- соответствие технического регулирования уровням развития национальной экономики и материально-технической базы, а также уровню научно-технического прогресса;
- независимость органов по аккредитации и сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и потребителей;

- существование единой системы и единых правил аккредитации;
- единство правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия;
- недопустимость:
 - ✓ ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;
 - ✓ совмещения полномочий органа государственного контроля и надзора и органа по сертификации;
 - ✓ совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию;
 - ✓ внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

Федеральным законом «О техническом регулировании» предлагается вынести обязательные требования, содержащиеся в государственных стандартах, в сферу технического законодательства, а именно в технические регламенты. Это придаст большую весомость принятым техническим требованиям и в то же время позволит предостеречь федеральные органы исполнительной власти от принятия субъективных и зачастую необоснованно жестких решений. В законе к обязательным относятся только требования к безопасности продукции и процессов, что не может быть приемлемо для продукции оборонного комплекса, поскольку за рамками документа остаются вопросы ее совместимости, взаимозаменяемости, унификации, гарантированного технического уровня и др.

В настоящее время в государственных стандартах одновременно присутствуют как обязательные, так и добровольно выполняемые требования. В этой связи и возникла задача создания двухуровневой структуры нормативных правовых и технических документов, в которой верхний уровень образуют обязательные технические регламенты, а нижний — гармонизированные с этими регламентами национальные стандарты, исполняемые добровольно. Последние призваны помочь изготовителям продукции правильно понять и выполнить требования технических регламентов.

Такова международная практика, основанная на директивах Европейского союза, которые, как известно, вводятся национальными законодательными актами. Директивы «нового подхода» предоставляют изготовителям возможность выбора способа выполнения требований технических регламентов.

Соблюдение стандартов не является обязательным, но если их требования удовлетворяются, то тем самым обеспечивается

выполнение соответствующего технического регламента (федерального закона) и изготовитель (поставщик) действует в рамках закона. В том случае, если изготовитель отказывается применять добровольный стандарт, то он должен доказать государственным контролирующим органам соответствие созданного им изделия техническому регламенту.

При таком подходе на стандарты ложится основная функциональная нагрузка по заданию требований к объектам и субъектам экономики и социальной сферы в количественном выражении. Действующие в стране стандарты относятся к наиболее объективным критериям уровня развития национальной экономики и ее места в системе международного разделения труда.

Определение понятия «стандартизация» уточняется в процессе развития общества.

В Российской Федерации в настоящее время вопросы стандартизации регулируются **Федеральным законом от 29.06.2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»**. Закон устанавливает правовые основы стандартизации в Российской Федерации, в том числе функционирования национальной системы стандартизации, и направлен на обеспечение проведения единой государственной политики в сфере стандартизации. Федеральный закон регулирует отношения в сфере стандартизации, включая отношения, возникающие при разработке (ведении), утверждении, изменении (актуализации), отмене, опубликовании и применении документов по стандартизации.

Рассмотрим подробнее этот Федеральный закон.

В ст. 2 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» приведены основные виды документов в области стандартизации и дано само понятие стандартизации: «*стандартизация* — деятельность по разработке (ведению), утверждению, изменению (актуализации), отмене, опубликованию и применению документов по стандартизации и иная деятельность, направленная на достижение упорядоченности в отношении объектов стандартизации», а также основные понятия, используемые в этом законе.

Согласно данному закону в качестве важнейших результатов деятельности по стандартизации должны рассматриваться повышение степени соответствия продукции, процессов и услуг их функциональному назначению, устранение барьеров в торговле и содействие научно-техническому и экономическому сотрудничеству.

Стандартизация осуществляется в целях:

- содействия социально-экономическому развитию Российской Федерации;
- содействия интеграции Российской Федерации в мировую экономику и международные системы стандартизации в качестве равноправного партнера;
- улучшения качества жизни населения страны;
- обеспечения обороны страны и безопасности государства;
- технического перевооружения промышленности;
- повышения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг и повышение конкурентоспособности продукции российского производства.

Цели стандартизации достигаются путем реализации следующих задач:

- внедрение передовых технологий, достижение и поддержание технологического лидерства Российской Федерации в высокотехнологичных (инновационных) секторах экономики;
- повышение уровня безопасности жизни и здоровья людей, охрана окружающей среды, охрана объектов животного, растительного мира и других природных ресурсов, имущества юридических лиц и физических лиц, государственного и муниципального имущества, а также содействие развитию систем жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях;
- оптимизация и унификация номенклатуры продукции, обеспечение ее совместимости и взаимозаменяемости, сокращение сроков ее создания, освоения в производстве, а также затрат на эксплуатацию и утилизацию;
- применение документов по стандартизации при поставках товаров, выполнении работ, оказании услуг, в том числе при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд;
- обеспечение единства измерений и сопоставимости их результатов;
- предупреждение действий, вводящих потребителя продукции (далее — потребитель) в заблуждение;
- обеспечение рационального использования ресурсов;
- устранение технических барьеров в торговле и создание условий для применения международных стандартов и региональных стандартов, региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств.

Деятельность по стандартизации определяет принципы, функции, структуру построения и взаимодействие с внешней средой национальной системы стандартизации.

Целями деятельности по стандартизации определяются принципы, функции, структура и особенности взаимодействия с внешней средой национальной системы стандартизации.

Основные принципы стандартизации, обеспечивающие достижение установленных целей и задач ее развития в Российской Федерации, учитывают принципы, провозглашенные международными и региональными организациями по стандартизации, а также национальными органами по стандартизации промышленно развитых стран, и заключаются в следующем:

- добровольность применения национальных стандартов;
- обязательность применения документов по стандартизации в отношении объектов стандартизации, предусмотренных ст. 6 настоящего Федерального закона;
- обеспечение комплексности и системности стандартизации, преемственности деятельности в сфере стандартизации;
- обеспечение соответствия общих характеристик, правил и общих принципов, устанавливаемых в документах национальной системы стандартизации, современному уровню развития науки, техники и технологий, передовому отечественному и зарубежному опыту;
- открытость разработки документов национальной системы стандартизации, обеспечение участия в разработке таких документов всех заинтересованных лиц, достижение консенсуса при разработке национальных стандартов;
- установление в документах по стандартизации требований, обеспечивающих возможность контроля за их выполнением;
- унификация разработки (ведения), утверждения (актуализации), изменения, отмены, опубликования и применения документов по стандартизации;
- соответствие документов по стандартизации действующим на территории Российской Федерации техническим регламентам;
- непротиворечивость национальных стандартов друг другу;
- доступность информации в документах по стандартизации с учетом ограничений, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации в области защиты сведений, составляющих государственную тайну или относящихся к охраняемой в соответствии с законодательством Российской Федерации иной информации ограниченного доступа.

Рассмотрим более подробно содержание указанных принципов национальной стандартизации.

Добровольность применения российских национальных стандартов. Российские национальные стандарты в соответствии с действующим законодательством применяются на добровольной осно-

не независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг, видов или особенностей сделок и (или) лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами либо потребителями.

Вызывает интерес вопрос о том, в каких случаях исполнение национального стандарта является обязательным. Здесь следует различать добровольность решения об использовании стандарта и обязательность соблюдения стандарта в случае принятия решения о его применении. Итак, стандарт обязателен, если изготовитель продукции (исполнитель услуги) сам заявил об использовании этого стандарта путем ссылок на него в конструкторской и (или) эксплуатационной документации, когда Гражданский кодекс Российской Федерации и Закон Российской Федерации «О защите прав потребителей» требуют соблюдения заявленных стандартов.

Другим вариантом обязательности применения стандарта служит упоминание о нем в договоре на поставку продукции (предоставление услуги) между поставщиком (исполнителем) и заказчиком.

Гармонизация требований российских национальных стандартов с международными и региональными стандартами. Международные стандарты широко используются на региональном и национальном уровнях изготовителями, торговыми организациями, страховыми компаниями, покупателями и потребителями, испытательными лабораториями, органами по сертификации и другими заинтересованными сторонами. Эти стандарты обычно отражают передовой опыт промышленных предприятий, результаты научных исследований, требования потребителей и государственных органов, они представляют собой правила, общие принципы или характеристики и способствуют устранению технических барьеров в торговле.

Соответствие российских национальных стандартов международным, европейским и национальным стандартам промышленно развитых стран позволит обеспечить взаимозаменяемость продукции, процессов и услуг, взаимное понимание результатов испытаний или информации, предоставляемой в соответствии с этими стандартами.

Открытость процессов разработки стандартов. Открытость процессов разработки российских национальных стандартов должна обеспечиваться на всех стадиях, от планирования до принятия. Это достигается:

- публикацией программы разработки стандартов и уведомлений об их разработке;
- публичностью обсуждения проектов стандартов;

- единством и непротиворечивостью правил разработки и утверждения с обязательной экспертизой всех проектов стандартов в технических комитетах по стандартизации.

Обеспечение права участия всех заинтересованных сторон в разработке стандартов. Разработка стандартов должна выполняться открыто с участием и (или) под руководством технических комитетов по стандартизации, объединяющих на добровольной основе все юридические и (или) физические лица, заинтересованные в стандартизации того или иного объекта.

Официальная информация о разрабатываемых и утвержденных российских национальных стандартах, а также сами стандарты должны быть доступны для пользователей.

Достижимое согласие (консенсус) при разработке стандартов. Стандарты должны утверждаться при отсутствии серьезных возражений по существенным вопросам у большинства заинтересованных сторон, т. е. при наличии согласия (консенсуса). Это достигается с помощью процедуры, при осуществлении которой учитываются мнения всех сторон и сближаются несовпадающие точки зрения. При этом принимаются во внимание все критические замечания. Участвующие стороны равноправны.

Целесообразность разработки стандарта. Целесообразность разработки стандарта определяется социальной, экономической и технической потребностью в нем. Еще до принятия решения о разработке российского национального стандарта должна быть оценена возможность применения в стране действующего международного или регионального стандарта, распространяющегося на соответствующий объект стандартизации. Разработка оригинальных национальных стандартов не самоцель. Она должна осуществляться в тех случаях, когда отсутствуют соответствующие международные и региональные стандарты или их требования противоречат законодательству Российской Федерации и потребностям национальной экономики.

В российских национальных стандартах должны устанавливаться только необходимые требования, ориентированные на общую выгоду, так как стандартизация не самоцель. Однозначность понимания требований, излагаемых в стандартах, всеми заинтересованными сторонами и пользователями стандартов.

Изложение стандартов должно быть четким и ясным в целях обеспечения однозначного понимания их требований. Необходимо, чтобы:

- содержание разрабатываемых стандартов не повторяло требований взаимосвязанных с ними действующих стандартов и не противоречило им;

- при выборе метода ссылки на другие стандарты учитывалась возможность изменения или отмены ссылочных стандартов;
- принимаемые стандарты были пригодны для оценки соответствия, в том числе для сертификации.

Прогрессивность и оптимальность требований, включаемых в стандарты. Требования российских национальных стандартов, устанавливаемые на основе современных достижений науки, технологии и практического опыта, последних редакций международных стандартов или их проектов, не должны сдерживать инициативы пользователей в освоении новых видов продукции, процессов и услуг.

Преемственность в национальной системе стандартизации Российской Федерации стандартов, разработанных ранее в Советском Союзе. Необходимо обеспечить преемственность стандартов при разработке национальной системы стандартизации Российской Федерации. В настоящее время действуют более 21 тыс. государственных и 47 тыс. отраслевых стандартов СССР. В них воплощен опыт и научно-технические достижения многих поколений наших ученых и специалистов. Стандарты СССР могут и должны использоваться при разработке и производстве продукции, проведении научных исследований, в системе образования и других областях.

В ст. 5 Закона о стандартизации регламентируется правовое регулирование отношений в сфере стандартизации. Оговаривается, что правовое регулирование отношений в сфере стандартизации осуществляется настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и принимаемыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Применение документов по стандартизации для целей технического регулирования устанавливается в соответствии с Федеральным законом от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а применение международных стандартов, региональных стандартов и региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств, иных документов по стандартизации иностранных государств осуществляется в соответствии с международными договорами Российской Федерации и настоящим Федеральным законом.

Государственная политика в сфере стандартизации определяется гл. 2. Основными направлениями государственной политики Российской Федерации в сфере стандартизации являются:

- определение сфер государственного регулирования, приоритетных направлений развития национальной системы стандартизации;

- принятие и реализация документов стратегического планирования, в том числе государственных программ Российской Федерации и государственных программ субъектов Российской Федерации, а также федеральных целевых программ, ведомственных целевых программ, иных программ, предусматривающих разработку документов по стандартизации;
- расширение применения документов по стандартизации в деятельности органов государственной власти и организаций;
- подготовка кадрового состава в сфере стандартизации;
- другие направления в сфере стандартизации в соответствии с законодательными актами Российской Федерации и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Статья 8 закона «О стандартизации в Российской Федерации» посвящена федеральному органу исполнительной власти, осуществляющему функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере стандартизации. Данный орган:

- разрабатывает государственную политику Российской Федерации в сфере стандартизации, представляет в Правительство Российской Федерации соответствующие предложения, по которым требуются решения Правительства Российской Федерации;
- обеспечивает межведомственную координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти, Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» и иных государственных корпораций в целях реализации государственной политики Российской Федерации в сфере стандартизации, за исключением межведомственной координации деятельности в сфере систематизации и кодирования технико-экономической и социальной информации в социально-экономической области, порядок осуществления которой устанавливается Правительством Российской Федерации;
- представляет в Правительство Российской Федерации ежегодный государственный доклад о состоянии работ в сфере стандартизации;
- осуществляет нормативно-правовое регулирование деятельности в сфере стандартизации;
- определяет стратегические и приоритетные направления развития национальной системы стандартизации;
- устанавливает показатели и индикаторы, на основе которых будут оцениваться результаты работ по стандартизации в национальной системе стандартизации;

- устанавливает порядок применения знака национальной системы стандартизации;
- устанавливает правила исполнения государственных функций и предоставления государственных услуг в сфере стандартизации федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- устанавливает порядок разработки основополагающих национальных стандартов, правил стандартизации и рекомендаций по стандартизации, внесения в них изменений, порядок их редактирования и подготовки к утверждению, порядок их утверждения и отмены, а также регистрации федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации документов национальной системы стандартизации, сводов правил, международных стандартов, региональных стандартов и региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств;
- устанавливает порядок первого размещения на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» текста документа национальной системы стандартизации, общероссийского классификатора в форме электронного документа, подписанного усиленной квалифицированной электронной подписью (далее — официальное опубликование), издания и распространения документов национальной системы стандартизации и общероссийских классификаторов, а также порядок свободного доступа к документам национальной системы стандартизации;
- определяет порядок и условия предоставления документов национальной системы стандартизации государственным библиотекам, библиотекам Российской академии наук, других академий, научно-исследовательских институтов, образовательных организаций высшего образования;
- устанавливает порядок формирования, ведения, опубликования, а также структуру перечня национальных стандартов и информационно-технических справочников, ссылки на которые содержатся в нормативных правовых актах Правительства Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти и Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее — нормативные правовые акты);
- устанавливает порядок размещения уведомления о разработке проекта национального стандарта и уведомления о завершении публичного обсуждения проекта национального стандарта;

- устанавливает порядок проведения экспертизы проектов стандартов организаций, а также проектов технических условий, представляемых разработчиком в соответствующие технические комитеты по стандартизации или проектные технические комитеты по стандартизации;
- устанавливает порядок и сроки рассмотрения жалоб в комиссии по апелляциям.

Функции федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации указаны в ст. 9 Закона о стандартизации.

Федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации:

- осуществляет подготовку предложений о формировании государственной политики Российской Федерации в сфере стандартизации и представляет их в федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере стандартизации;
- реализует государственную политику Российской Федерации в сфере стандартизации;
- разрабатывает и утверждает программы по стандартизации, а также вносит в них изменения;
- организует работы по стандартизации в национальной системе стандартизации, международной стандартизации и региональной стандартизации, а также по межгосударственной стандартизации;
- организует взаимодействие федеральных органов исполнительной власти, Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», иных государственных корпораций, технических комитетов по стандартизации, проектных технических комитетов по стандартизации, совещательных органов по стандартизации в части разработки документов национальной системы стандартизации и осуществляет организационное и методическое руководство в этой сфере;
- организует проведение научных исследований в области стандартизации с привлечением в установленном порядке научных организаций, в том числе осуществляющих деятельность в сфере стандартизации, технических комитетов по стандартизации, проектных технических комитетов по стандартизации;
- организует формирование, ведение и опубликование перечня национальных стандартов и информационно-технических справочников, ссылки на которые содержатся в нормативных правовых актах;

- утверждает правила достижения консенсуса при разработке национальных стандартов;
- устанавливает порядок проведения работ по стандартизации, определяет формы и методы взаимодействия участников работ по стандартизации, включая порядок учета предложений о разработке национальных стандартов, предварительных национальных стандартов;
- определяет порядок проведения экспертизы проектов документов национальной системы стандартизации;
- организует разработку документов национальной системы стандартизации;
- утверждает, изменяет (актуализирует), отменяет документы национальной системы стандартизации, устанавливает дату введения их в действие, а также разрабатывает и регистрирует основополагающие национальные стандарты и правила стандартизации, устанавливает дату введения их в действие;
- вводит в действие межгосударственные стандарты, отменяет действие межгосударственных стандартов и приостанавливает действие межгосударственных стандартов;
- регистрирует в Федеральном информационном фонде стандартов документы национальной системы стандартизации, своды правил, международные стандарты, региональные стандарты и региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств;
- организует официальное опубликование документов национальной системы стандартизации и общероссийских классификаторов;
- организует издание и распространение документов национальной системы стандартизации, общероссийских классификаторов, международных стандартов и региональных стандартов, региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств, документов международных организаций по стандартизации и региональных организаций по стандартизации, а также организует размещение в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» сведений о размере платы за их предоставление и порядка их распространения;
- организует проведение работ по оценке соответствия документов национальной системы стандартизации современному уровню научно-технического развития, а также по внесению в них изменений (актуализации) или их отмене с учетом результата таких работ;

- утверждает изображение и описание знака национальной системы стандартизации;
- организует размещение в свободном доступе на своем официальном сайте в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» информации о продукции с маркировкой знаком национальной системы стандартизации;
- заключает в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, международные договоры Российской Федерации межведомственного характера в установленной сфере деятельности, в том числе по информационному обмену, применению и распространению международных стандартов, региональных стандартов и региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств, иных документов по стандартизации иностранных государств на территории Российской Федерации;
- представляет Российскую Федерацию в международных и региональных организациях по стандартизации;
- определяет порядок и условия применения международных стандартов, межгосударственных стандартов, региональных стандартов, а также стандартов иностранных государств;
- определяет с учетом потребностей экономики необходимость разработки национальных стандартов на основе международных стандартов, региональных стандартов, стандартов иностранных государств;
- организует формирование и ведение Федерального информационного фонда стандартов;
- принимает решения о создании и ликвидации технических комитетов по стандартизации, проектных технических комитетов по стандартизации, определяет порядок внесения изменений в решение о создании технических комитетов по стандартизации, проектных технических комитетов по стандартизации, утверждает положения о технических комитетах по стандартизации, о проектных технических комитетах по стандартизации, устанавливает форму заявки на участие в техническом комитете по стандартизации, утверждает форму уведомления о приеме заявок на участие в техническом комитете по стандартизации, формирует составы технических комитетов по стандартизации, проектных технических комитетов по стандартизации, устанавливает порядок создания, деятельности и ликвидации технических комитетов по стандартизации, проектных технических комитетов по стандартизации, утверждает типовое положение о техническом комитете по стандартизации;

- формирует комиссию по апелляциям, утверждает положение о комиссии по апелляциям и ее состав;
- осуществляет методическое руководство деятельностью технических комитетов по стандартизации, проектных технических комитетов по стандартизации, координацию их деятельности, контроль за их работой, мониторинг и оценку эффективности деятельности указанных технических комитетов, организует их участие в разработке международных стандартов, межгосударственных стандартов, региональных стандартов и других документов по стандартизации;
- дает официальные разъяснения заинтересованным лицам по применению документов национальной системы стандартизации;
- организует подготовку кадров и дополнительное профессиональное образование в сфере стандартизации;
- обеспечивает научную и методическую поддержку проведения работ по стандартизации;
- осуществляет иные полномочия в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации в соответствии со ст. 11 создает технические комитеты (ТК) по стандартизации.

В состав технического комитета по стандартизации могут входить представители федеральных органов исполнительной власти, государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», иных государственных корпораций, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, научных организаций, в том числе осуществляющих деятельность в сфере стандартизации, изготовителей, исполнителей, общественных объединений потребителей.

Технические комитеты по стандартизации участвуют в подготовке предложений о формировании государственной политики Российской Федерации в сфере стандартизации.

Создание технических комитетов по стандартизации и формирование их составов осуществляет федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации с учетом следующих принципов:

- добровольное участие;
- равное представительство сторон;
- соблюдение целей и задач стандартизации, установленных в ст. 3 настоящего Федерального закона;
- открытость и доступность информации о создаваемом техническом комитете по стандартизации.

Федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации может принять решение о ликвидации технического комитета по стандартизации, если в течение одного года им не были внесены в федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации относящиеся к компетенции данного технического комитета по стандартизации предложения по разработке, пересмотру национальных стандартов, предварительных национальных стандартов или внесению изменений в них.

Технические комитеты по стандартизации принимают участие в разработке международных стандартов, региональных стандартов, межгосударственных стандартов в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации.

Развитие работ по стандартизации в нашей стране осуществляется на следующих уровнях:

- международном — в рамках ИСО, МЭК и других международных организаций по стандартизации, членами которых является Российская Федерация;
- региональном — в рамках Евразийского совета по стандартизации, метрологии и сертификации и Всемирного форума по согласованию правил в области транспортных средств Комитета по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН;
- национальном;
- уровне организаций.

На **международном уровне** Российская Федерация участвует в разработке проектов международных стандартов или анализе их научно-технического уровня, а также голосовании по принимаемым стандартам ИСО и МЭК.

Процесс разработки стандартов включает в себя несколько этапов, начиная с изучения существующих стандартов и заканчивая утверждением и публикацией нового стандарта.

На **региональном уровне** разрабатываются и принимаются межгосударственные стандарты, анализируются проекты и изменения к Правилам ЕЭК ООН, вводятся в действие новые правила ЕЭК ООН.

На **национальном уровне** осуществляются:

- обеспечение реализации государственной политики в области стандартизации;
- совершенствование деятельности в области стандартизации;
- развитие и совершенствование системы технических комитетов по стандартизации;

- формирование программы разработки российских национальных стандартов, организация и координация разработки национальных стандартов;
- рассмотрение и утверждение подготовленных различными организациями (объединениями) программ работ по стандартизации конкретных видов (групп) продукции;
- установление порядка разработки, оформления, утверждения, издания, пересмотра, и отмены российских национальных стандартов и требований к их обозначению, а также внесения в них изменений;
- проведение работ по согласованию разрабатываемых российских национальных стандартов с международными (региональными) стандартами;
- рассмотрение предложений по принятию международных (региональных) стандартов в качестве российских национальных стандартов;
- разработка, экспертиза, утверждение, пересмотр и отмена российских национальных и межгосударственных стандартов, общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации, а также внесение в них изменений;
- издание и распространение российских национальных стандартов, введение в действие в Российской Федерации межгосударственных стандартов и обеспечение пользователей информацией о них;
- формирование и ведение Федерального информационного фонда технических регламентов и стандартов;
- предоставление информационных услуг в области стандартизации.

На *уровне организаций* осуществляются:

- подготовка предложений по разработке российских национальных и межгосударственных стандартов или принятию международных (региональных) стандартов в качестве российских национальных;
- организация применения российских национальных стандартов и действующих в Российской Федерации в этом качестве межгосударственных стандартов;
- подготовка замечаний и предложений по проектам международных и межгосударственных стандартов;
- установление особенностей разработки, собственно разработка, утверждение, пересмотр и отмена стандартов организаций, а также внесение в них изменений;

- работы по унификации и рациональному сокращению номенклатуры используемых материалов и (или) комплектующих изделий;
- формирование и ведение в организации информационных фондов нормативных документов.

Рассмотрим возможные трактовки понятия «национальная система стандартизации».

Федеральным законом «О техническом регулировании» определено, что национальная система стандартизации состоит из национальных стандартов, общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации и правил их разработки и применения.

Вместе с тем, основываясь на методе системного анализа, национальную систему стандартизации можно трактовать в более широком смысле как организационно-техническую систему, состоящую из органов и служб стандартизации, фондов нормативных документов в этой области, правил и методов выполнения работ, автоматизированных банков данных, технических средств и каналов связи.

На основе использования принципов системности и комплексности система обеспечивает эффективное проведение работ по стандартизации в стране и в рамках сотрудничества — на международном уровне.

1.3 ДОКУМЕНТЫ В ОБЛАСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Согласно Федеральному закону «О стандартизации в Российской Федерации» **документ по стандартизации** — документ, в котором для добровольного и многократного применения устанавливаются общие характеристики объекта стандартизации, а также правила и общие принципы в отношении объекта стандартизации, за исключением случаев, когда обязательность применения документов по стандартизации устанавливается настоящим Федеральным законом (документы национальной системы стандартизации; общероссийские классификаторы; стандарты организаций, в том числе технические условия; своды правил; документы по стандартизации, которые устанавливают обязательные требования в отношении объектов стандартизации, предусмотренных ст. 6 настоящего Федерального закона).

Закон определяет понятие «**объект стандартизации**» — это продукция (работы, услуги) (далее — продукция), процессы, си-

системы менеджмента, терминология, условные обозначения, исследования (испытания), измерения (включая отбор образцов) и методы испытаний, маркировка, процедуры оценки соответствия и иные объекты.

К документам, разрабатываемым и применяемым в национальной системе стандартизации, относятся:

- национальный стандарт Российской Федерации, в том числе основополагающий национальный стандарт Российской Федерации и предварительный национальный стандарт Российской Федерации;
- правила стандартизации;
- рекомендации по стандартизации;
- информационно-технические справочники.

Национальный стандарт — документ по стандартизации, который разработан техническим комитетом по стандартизации или проектным техническим комитетом по стандартизации, утвержден федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации и в котором для всеобщего применения устанавливаются общие характеристики объекта стандартизации, а также правила и общие принципы в отношении объекта стандартизации.

Основополагающий национальный стандарт — национальный стандарт, разработанный и утвержденный федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации, устанавливающий общие положения, касающиеся выполнения работ по стандартизации, а также виды национальных стандартов.

Предварительный национальный стандарт — документ по стандартизации, который разработан техническим комитетом по стандартизации или проектным техническим комитетом по стандартизации, утвержден федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации и в котором для всеобщего применения устанавливаются общие характеристики объекта стандартизации, а также правила и общие принципы в отношении объекта стандартизации на ограниченный срок в целях накопления опыта в процессе применения предварительного национального стандарта для возможной последующей разработки на его основе национального стандарта.

Общероссийский классификатор технико-экономической и социальной информации (далее — общероссийский классификатор) — документ по стандартизации, распределяющий технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и другим) и являющийся обязательным для применения в государственных инфор-

мационных системах и при межведомственном обмене информацией в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Правила стандартизации — документ национальной системы стандартизации, разработанный и утвержденный федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации, содержащий положения организационного и методического характера, которые дополняют или конкретизируют отдельные положения основополагающих национальных стандартов, а также определяют порядок и методы проведения работ по стандартизации и оформлению результатов таких работ.

Рекомендации по стандартизации — документ национальной системы стандартизации, утвержденный федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации и содержащий информацию организационного и методического характера, касающуюся проведения работ по стандартизации и способствующую применению соответствующего национального стандарта, либо положения, которые предварительно проверяются на практике до их установления в национальном стандарте или предварительном национальном стандарте.

Свод правил — документ по стандартизации, утвержденный федеральным органом исполнительной власти или государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» и содержащий правила и общие принципы в отношении процессов в целях обеспечения соблюдения требований технических регламентов.

Стандарт организации — документ по стандартизации, утвержденный юридическим лицом, в том числе государственной корпорацией, саморегулируемой организацией, а также индивидуальным предпринимателем для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг.

Технические условия — вид стандарта организации, утвержденный изготовителем продукции (далее — изготовитель) или исполнителем работы, услуги (далее — исполнитель).

Информационно-технический справочник — документ национальной системы стандартизации, утвержденный федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации, содержащий систематизированные данные в определенной области и включающий в себя описание технологий, процессов, методов, способов, оборудования и иные данные.

Кроме того, в настоящее время действуют межгосударственные стандарты (ГОСТ), стандарты предприятий (СТП), отраслевые

стандарты (ОСТ), технические условия (ТУ) и некоторые другие нормативные документы.

Для реализации принципа комплексности в действующий в стране фонд национальных стандартов включен ряд комплексов и систем стандартов.

Комплекс (система) стандартов — это совокупность взаимосвязанных национальных стандартов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные, преимущественно основополагающие, организационно-технические и общетехнические требования к взаимосвязанным объектам стандартизации.

Комплекс национальных стандартов, будучи объединением большого числа стандартов, содержит положения, направленные на то, чтобы стандарты, применяемые на разных уровнях управления, не противоречили друг другу, обеспечивали достижение общей цели и выполнение согласованных требований к продукции и процессам, а также рекомендаций по их осуществлению.

В настоящее время действуют 25 систем и комплексов общетехнических стандартов, подавляющее большинство которых являются межгосударственными.

В состав систем и комплексов общетехнических стандартов входят:

- Единая система конструкторской документации (ЕСКД);
- Единая система технологической документации (ЕСТД);
- Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ);
- Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП);
- Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК ТЭИ);
- Единая система программной документации (ЕСПД);
- Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП);
- Комплексная система контроля качества (КСКК) и др.

Рассмотрим кратко принципы создания, структуру, содержание и обозначения стандартов основных общетехнических систем.

Единая система конструкторской документации. Это система межгосударственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные единые правила и положения в отношении порядка разработки, оформления и обращения конструкторских документов организаций и предприятий. Единые правила распространяются на все виды конструкторских документов, учетно-регистрационную,

нормативно-техническую и технологическую документацию, научно-техническую и учебную литературу.

Единая система конструкторской документации состоит из 158 межгосударственных стандартов и 5 рекомендаций, которые соответствуют требованиям стандартов ИСО и МЭК.

Все стандарты ЕСКД подразделяются на 9 групп.

Группа 0 «Общие положения» содержит несколько стандартов, основной из которых — ГОСТ 2.001—93 «ЕСКД. Общие положения» определяет назначение, области применения, классификацию и обозначения стандартов, входящих в ЕСКД.

Группа 1 «Основные положения» включает в себя 17 стандартов.

В ГОСТ 2.101—68 «ЕСКД. Виды изделий» указаны объекты проектирования и производства, являющиеся базой для определения структуры ЕСКД. Данный стандарт устанавливает виды изделий всех отраслей промышленности при выполнении конструкторской документации и возможность использования любого ранее разработанного конструкторского документа на конкретное изделие в составе других изделий без переоформления этого документа. Понятия, содержащиеся в ГОСТ 2.101—68, положенные в основу составления всей конструкторской документации, определяют порядок ее обращения в любой области применения.

ГОСТ 2.102—68 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов», регламентирующий номенклатуру конструкторских документов, позволяет выбрать минимальный комплект конструкторских документов в зависимости от вида проектируемого изделия и стадии разработки.

В ГОСТ 2.103—68 «ЕСКД. Стадии разработки» установлены стадии разработки конструкторской документации, единая терминология, требования к содержанию и оптимальному объему работ, выполняемых на каждой стадии.

В развитие данного ГОСТа были разработаны три стандарта: ГОСТ 2.118—73 «ЕСКД. Техническое предложение», ГОСТ 2.119—73 «ЕСКД. Эскизный проект» и ГОСТ 2.120—73 «ЕСКД. Технический проект». Они способствовали совершенствованию организации конструкторских работ на проектных стадиях, а также повышению производительности труда разработчиков, качества и технико-экономических показателей выпускаемых изделий.

В ГОСТ 2.105—95 «ЕСКД. Общие требования к конструкторским документам», ГОСТ 2.106—96 «ЕСКД. Текстовые документы» и ГОСТ 2.114—95 «ЕСКД. Технические условия. Правила построения, изложения и оформления» содержатся требования к текстовым документам на изделия и правила их выполнения.

Группа 2 «Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах» содержит один стандарт — ГОСТ 2.201—80 «ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов», устанавливающий единую обезличенную классификационную систему обозначения изделий машино- и приборостроения основного и вспомогательного производства, а также составных частей изделий и конструкторских документов всех отраслей промышленности на каждой стадии жизненного цикла изделий.

Группа 3 «Общие правила выполнения чертежей» состоит из 21 стандарта. Например, ГОСТ 2.301—68 «ЕСКД. Форматы» регламентирует форматы листов чертежей и других конструкторских документов всех отраслей промышленности. Другие стандарты этой группы устанавливают единые для всех отраслей промышленности требования к масштабу изображений, линиям, чертежным шрифтам и другим элементам чертежей и общим правилам их оформления.

Группа 4 «Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения» включает в себя около 30 стандартов, определяющих правила выполнения деталей и изделий, наиболее широко применяемых в этих отраслях.

Группа 5 «Правила обращения конструкторских документов» образована стандартами, содержание которых достаточно полно характеризуется их наименованиями, а именно: ГОСТ 2.501—2013 «ЕСКД. Правила учета и хранения», ГОСТ 2.502—2013 «ЕСКД. Правила дублирования», ГОСТ 2.503—2013 «ЕСКД. Правила внесения изменений» и др.

Группа 6 «Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации» включает в себя 8 государственных стандартов, устанавливающих:

- общие требования к эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.602—2013);
- правила внесения изменений в такую документацию (ГОСТ 2.603— и т. д.).

Группа 7 «Правила выполнения схем» состоит из 68 государственных стандартов, содержащих:

- общие требования к выполнению электрических, гидравлических, кинематических и пневматических схем (ГОСТ 2.701—2008);
- условные обозначения для схем (ГОСТ 2.721—74 — обозначения электрических элементов).

Группа 8 «Правила выполнения документов строительных и судостроения» включает в себя государственные стандарты,

на макетный метод проектирования и горную графическую документацию.

Обозначения стандартов ЕСКД отвечают следующей схеме. Номер каждого из них состоит из цифры 2, присвоенной классу стандартов ЕСКД, цифры (после точки), обозначающей номер (от 0 до 8) классификационной группы стандартов, двух цифр, определяющих порядковый номер стандарта в данной группе, и двух цифр (после тире), указывающих год его регистрации. В качестве примера можно привести ГОСТ 2.503—2013, упоминавшийся среди стандартов группы 5.

Единая система технологической документации. Основная цель разработки ЕСТД, начатой в 1965 г., — снижение затрат на проектирование технологических процессов, однако опыт показал, что был получен и более существенный эффект: расширилось применение типовых технологических процессов, что привело к снижению себестоимости и повышению качества продукции.

Для достижения указанной цели создана система документации, содержащая более 50 государственных стандартов. В основу разработки и совершенствования ЕСТД положены следующие принципы:

- обеспечение преемственности основных положений ЕСКД;
- возможность изготовления и обработки технологических документов средствами организационной и вычислительной техники;
- удобство использования технологических документов в условиях функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами, робототехнических комплексов и гибких производственных систем;
- блочно-модульное построение документов, предусматривающее их образование из типовых информационных модулей, соответствующих строкам (или группам строк) формы документа;
- уменьшение объема технологических документов без ущерба для содержания;
- создание единой процедуры утверждения и изменения технологических документов;
- расширение применения типовых технологических процессов, в документацию на которые включается постоянная информация, единая для всей группы изделий рассматриваемого типа.

Единая система технологической документации устанавливает правила оформления:

- комплектов технологической документации на изделия;

- комплектов технологических документов на процессы и операции с учетом используемых методов их осуществления;
- отдельных видов вспомогательных технологических документов и др.

Стандарты ЕСТД подразделяются на 10 групп, одна из которых является резервной.

Группа 0 «Общие положения ЕСТД» содержит несколько стандартов. В ГОСТ 3.1001 — 2011 «ЕСТД. Общие положения», действие которого распространяется на все изделия машино- и приборостроения, определены назначение, области применения, классификация и обозначение стандартов ЕСТД.

Группа 1 «Основополагающие стандарты ЕСТД» включает в себя государственные стандарты, устанавливающие стадии разработки технологической документации, основные надписи, общие требования к формам, бланкам и документам, правила оформления документов общего назначения и применяемых при автоматизированном проектировании технологических процессов, комплектность документов, термины и определения основных понятий, правила учета и хранения документов, внесения в них изменений и т. д.

Группа 2 «Система обозначений технологических документов» содержит один стандарт — ГОСТ 3.1201 — 85 «ЕСТД. Система обозначения технологической документации», создающий условия для упрощения хранения и поиска необходимых документов, их передачи на другие предприятия без переоформления и т. д.

Группа 3 «Методы расчета применяемости деталей и учета применяемости технологической документации» включает в себя стандарты, которые устанавливают соответствующие методы расчета и учета.

Группа 4 «Правила оформления технологических документов на различные виды работ» включает в себя стандарты, определяющие правила оформления документов на различные технологические процессы (литье,ковка,штамповка,механическаяобработка).

Группа 5 «Правила оформления технологических документов на испытания и контроль выпускаемых изделий» состоит из стандартов, содержащих правила оформления документов на технический контроль и технологические испытания.

Группа 6 «Правила оформления документов, применяемых во вспомогательном производстве» включает в себя стандарты, устанавливающие правила оформления документов, используемых в ремонтных и инструментальных цехах, и документов на процессы перемещения.

Группа 7 «Правила записи технологических операций» состоит из стандартов, определяющих правила записи технологических операций и переходов для основных видов работ машиностроительного производства.

Группа 9 «Правила подготовки нормативной и справочной информации, используемой в автоматических системах управления» содержит один стандарт — ГОСТ 3.1901 — 74 «ЕСТД. Нормативно-техническая информация общего назначения, включаемая в формы технологических документов».

Номер **в обозначении стандартов ЕСТД** состоит из цифры 3, присвоенной классу стандартов ЕСТД, первые две цифры после точки обозначают подкласс и классификационную группу стандартов соответственно, две следующие — порядковый номер стандарта в данной группе, две цифры после тире указывают год регистрации стандарта (например, ГОСТ 3.1103 — 2011 «ЕСТД. Основные надписи. Общие положения»).

Государственная система обеспечения единства измерений. Стандарты ГСИ являются нормативной базой метрологического обеспечения, основным назначением которой является достижение единства и требуемой точности измерений. В настоящее время в состав ГСИ входят более 400 стандартов разных категорий, охватывающих все этапы жизненного цикла продукции.

В нормативных документах ГСИ принято выделять основополагающие стандарты, на базе которых разрабатываются все остальные нормативные документы для конкретных областей измерений, измерительных процессов и средств измерений.

Так, основополагающим стандартом ГСИ является ГОСТ 8.417 — 2012 «ГСИ. Единицы величин».

Общие положения, классификацию и назначение эталонов, с помощью которых осуществляется воспроизведение единиц физических величин, устанавливает основополагающий стандарт ГОСТ 8.057 — 80 «ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения».

К основополагающим относятся также ГОСТ 8.372 — 80 «ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения» и ГОСТ 8.381 — 2009 «ГСИ. Эталоны. Способы выражения точности».

Передача информации о размерах единиц от эталонов к средствам измерений регламентирована шестью основополагающими стандартами. Среди них ГОСТ 8.061 — 80 «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение» устанавливает разделение поверочных схем на государственные, базирующиеся на государственных эта-

лонах, охватывающие все средства измерений данной физической величины и применяемые на территории всей страны, ведомственные, связанные с рабочим эталоном и распространяющиеся на средства измерений, находящиеся в обращении в пределах министерства (ведомства), и локальные, предназначенные для средств измерений, подлежащих поверке в определенном органе государственной или ведомственной метрологической службы. К самой процедуре передачи информации относятся ГОСТ 8.395—80 «ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования» и ГОСТ 8.513—84 «ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения».

Группа основополагающих стандартов, которые устанавливают порядок нормирования метрологических характеристик средств измерений, включает в себя ГОСТ 8.009—84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений», ГОСТ 8.401—80 «ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования» и ГОСТ 8.256—77 «ГСИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений. Основные положения».

Правила выполнения и оформления результатов измерений регламентированы основополагающим стандартом ГОСТ 8.207—76 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения».

Единообразие требований, предъявляемых к средствам измерений, обеспечивается основополагающими стандартами ГОСТ 8.001—80 «ГСИ. Организация и порядок проведения государственных испытаний средств измерений», ГОСТ 8.326—89 «ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерений», а также правилами ПР 50.2.104-09 «ГСИ. Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа», ПР 50.2.105-09 «ГСИ. Порядок утверждения типа стандартных образцов или типа измерений» и др.

Метрологический надзор за разработкой, состоянием и применением средств измерений осуществляется в соответствии с основополагающими стандартами ГОСТ 8.002—86 «ГСИ. Государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений. Основные положения» и ГОСТ 8.513—84 «ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения».

Для дальнейшего развития метрологии, повышения эффективности научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ, экономии материалов и природных ресурсов важное значение имеют достоверные данные о физических

константах, а также свойствах веществ и материалов. В этой области действуют основополагающие стандарты ГОСТ 8.310—90 «ГСИ. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения» и ГОСТ 8.315—97 «ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения».

Государственные стандарты, относящиеся к документам ГСИ, подразделяются на четыре группы:

1) стандарты государственных эталонов и государственных поверочных схем, соответствующие требованиям основополагающих стандартов ГОСТ 8.057—80 и ГОСТ 8.061—80;

2) стандарты методов и средств поверки мер и измерительных приборов, которые учитывают положения стандартов, регламентирующих технические требования к средствам измерений;

3) стандарты норм точности измерений;

4) стандарты типовых методик выполнения измерений.

Положения государственных стандартов конкретизируются для выпускаемой продукции с учетом особенностей технологических процессов и общей специфики производства в отраслевых методиках, методических указаниях, инструкциях и других рабочих документах ГСИ, входящих в систему нормативной документации по метрологическому обеспечению.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Установленная стандартами система организации технологической подготовки производства и управления ею предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов.

Данная система регламентирует общий порядок подготовки производства к выпуску изделий машино- и приборостроения, а также средств автоматизации. Специфические требования к технологической подготовке единичного, мелкосерийного, серийного, крупносерийного и массового производства устанавливаются отраслевыми стандартами, разрабатываемыми на основе государственных стандартов ЕСТПП.

Единая система технологической подготовки производства способствует решению задач, группируемых по следующим основным функциям:

- обеспечение при конструировании изделия рациональной технологии его изготовления;
- разработка технологических процессов производства;

- проектирование и изготовление средств технологического оснащения (в первую очередь унифицированных технологических приспособлений).

Технологичной называют такую конструкцию изделия, которая обеспечивает по сравнению с другими конструкциями повышение производительности труда и снижение затрат при изготовлении, проектировании, технологической подготовке производства, техническом обслуживании и ремонте изделия при соблюдении заданного уровня его качества. При технологической подготовке производства стремятся к выбору известных процессов или разработке новых, повышающих качество изделий и (или) снижающих трудоемкость их изготовления.

Единая система технологической подготовки производства создает основу для широкого использования типовых технологических процессов при изготовлении групп деталей, имеющих сходную конструкцию. На отдельных заводах с применением таких процессов выпускается до 85 % деталей, что позволяет сократить продолжительность подготовки производства изделий в 2,5 раза.

Стандарты ЕСТПП подразделяются на следующие группы:

- группа 0 — общие положения;
- группа 1 — правила организации процесса технологической подготовки производства и управления этим процессом;
- группа 2 — правила обеспечения технологичности конструкции изделий;
- группа 3 — правила разработки и использования технологических процессов и средств технологического оснащения;
- группа 4 — правила применения средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ;
- группа 5 — прочие стандарты.

Единая система технологической подготовки производства охватывает фактически и ЕСТД, но ее принципиальная особенность заключается в том, что впервые создана единая технологическая система, охватывающая следующие важнейшие этапы:

- 1) унификация изделий;
- 2) разработка типовых технологических процессов;
- 3) разработка переналаживаемых средств технологического оснащения;
- 4) автоматизация производственных процессов.

Важная роль ЕСТПП обусловлена тем, что трудоемкость технологической подготовки производства достигает 15 % суммарной трудоемкости выпускаемой продукции и ее доля постоянно возрастает. Средняя продолжительность цикла технологической

подготовки вновь осваиваемого производства изделия составляет 8—10 мес.

При использовании ЕСТПП повышение производительности труда в серийном производстве достигает 30 %, а в массовом — 15 %; затраты на подготовку выпуска новых изделий сокращаются в 2—2,5 раза.

Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК ТЭИ). В толковом словаре по информатике приведено следующее определение **классификации**: это процесс распределения объектов (предметов, явлений, процессов, понятий) по классам (группировкам, множествам, подмножествам) в соответствии с определенными признаками. В рамках классификации рассматриваются **существенные** признаки объектов.

В настоящее время в составе ЕСКК ТЭИ действуют 27 общероссийских классификаторов, в которых фигурируют продукция, услуги, основные фонды, страны, предприятия, организации, специальности, профессии, валюта, конструкторские документы и другие объекты технико-экономической и социальной информации. Значительная часть общероссийских классификаторов составлена на основе международных нормативных документов.

Перечень общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации, в частности, включает в себя:

- Общероссийский классификатор стандартов (ОКС);
- Общероссийский классификатор услуг населению (ОКУН);
- Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2);
- Общероссийский классификатор управленческой документации (ОКУД);
- Общероссийский классификатор основных фондов (ОКОФ);
- Общероссийский классификатор единиц измерения (ОКЕИ);
- Общероссийский классификатор информации населения (ОКИН);
- Общероссийский технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения (ОТКД);
- Общероссийский технологический классификатор сборочных единиц машиностроения и приборостроения (ОТКСЕ);
- Общероссийский классификатор предприятий и организаций (ОКПО);
- Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД2);
- Общероссийский классификатор специальностей по образованию (ОКСО);

- Общероссийский классификатор начального профессионального образования (ОКНПО).

Кратко рассмотрим некоторые из приведенных общероссийских классификаторов.

Объектами **общероссийского классификатора стандартов** являются стандарты и другие нормативные документы по стандартизации. Данный классификатор, имеющий обозначение ОК 001 — 2000, составлен на базе международного классификатора ИСО/ИНФО МКС 001 — 96.

Примеры записи позиций классификатора:

25	Машиностроение
25.80	Металлорежущие станки
25.80.10	Токарные станки

Объектами **Общероссийского классификатора услуг населению** являются услуги, предоставляемые населению предприятиями, организациями и гражданами в сфере бытового обслуживания, пассажирского транспорта, связи, культуры, туризма, спорта, образования и т.д. Классификатору присвоено обозначение ОК 002 — 93.

Примеры записи позиций классификатора:

0100002	Бытовые услуги
0110005	Ремонт, окраска, пошив обуви
0111009	Ремонт обуви
0111029	Изготовление и прикрепление ремешков и языков, удлинение ремешков и замена резинок

Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности построен на основе гармонизации с официальной версией классификации в ЕС и систематизирует выпускаемую в стране товарную продукцию, прежде всего по ее отраслевой принадлежности (классификационные группировки и конкретные наименования продукции, выпускаемой согласно действующим нормам). Данный документ представляет собой систематизированный свод кодов и наименований группировок продукции, составленных по иерархическому принципу.

Классификатор применяется в следующих случаях:

- решение задач каталогизации гражданской продукции, в том числе разработка каталогов и систематизация в них продукции по наиболее важным технико-экономическим признакам;
- сертификация продукции в соответствии с группами однородной продукции, составленными на основе группировок ОКПД;

- статистический анализ производства, реализации и использования продукции на государственном, региональном и отраслевом уровнях;
- структурирование промышленно-экономической информации по видам продукции, выпускаемой предприятиями в целях проведения маркетинговых исследований и осуществления снабженческо-сбытовых операций.

1.4. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И МЕТОДЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

В современных условиях национальная система стандартизации Российской Федерации выполняет три основные функции: экономическую, социальную и коммуникативную.

Экономическая функция связана с устранением технических барьеров в торговле, внедрением новой техники и технологии, повышением конкурентоспособности отечественной продукции, снижением ее себестоимости, экономией материальных и энергетических ресурсов.

Социальная функция заключается в обеспечении безопасности продукции и услуг для жизни и здоровья населения, развитии цивилизованного потребительского рынка, создании и применении социальных стандартов, в том числе по реабилитации инвалидов, содействию обороноспособности страны и занятости населения.

Коммуникативная функция состоит в обеспечении взаимопонимания специалистов за счет стандартизации терминов и определений, создания единого технического языка, информирования потребителей о свойствах продукции, правилах ее использования и т. д.

Развитие стандартизации требует формирования, применения и совершенствования ее научно-методических основ:

- управления многообразием продукции и услуг (посредством введения классификации, кодирования, каталогизации и другими методами);
- системного подхода;
- программно-целевого метода;
- современных информационных технологий.

Системный подход служит методологическим средством исследования взаимосогласованного множества объектов стандартизации с учетом причинно-следственных отношений, обратных связей и целенаправленного развития.

Программно-целевой метод заключается в разработке и практической реализации комплексных целевых программ стандартизации по наиболее важным научно-техническим, экономическим и социальным проблемам.

Управление многообразием представляет собой научно-технический метод отбора, регламентации и создания оптимальной номенклатуры продукции и процессов. Это исходный метод стандартизации. Элементы этого метода — систематизация, селекция, сокращение (симплификация), унификация и типизация являются основой для проведения работ по стандартизации на предприятии.

Современные тенденции развития средств вычислительной техники и расширения электронных форм коммуникаций требуют использования информационных технологий при создании автоматизированных баз данных по стандартизации, разработке стандартов, рассмотрении и голосовании по проектам стандартов в электронном формате через информационные сети, а также создания стандартов с применением принципиально новой формы представления информации — специализированных программ для персональных компьютеров.

Для достижения целей стандартизации пользуются несколькими методами (метод — это способ достижения какой-либо цели, или, другими словами, совокупность приемов решения конкретной задачи).

Метод *опережающей стандартизации* предусматривает разработку перспективных нормативных документов, учитывающих наиболее передовые научно-технические достижения.

Метод *комплексной стандартизации* является основой обеспечения в стандартизации принципа взаимного согласования стандартов.

Известно, что качество конечной продукции определяется качеством сырья, материалов, деталей, комплектующих изделий, совершенством методов расчета и проектирования, технологическими процессами, условиями сервисного обслуживания и многими другими факторами. Стандартизация, охватывающая все элементы жизненного цикла изделия, называется комплексной. Она обеспечивает взаимное согласование стандартов, условий и характеристик, исходя из требований, соответствующих современному уровню развития науки и техники.

При стандартизации все шире применяется метод *систематизации и классификации* с целью упорядочения содержания поставленной задачи или предпосылок для ее решения. На основе этого метода, в частности, создаются комплексы (системы) обще-

технических и организационно-методических стандартов, например ЕСТД (ГОСТ 3.1107—81 «ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения», ГОСТ 8.315—97 «ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Основные положения» и др.).

Специфическая нумерация стандартов, включающая в себя номер системы стандартов (в нашем случае — 3 или 8), позволяет без нарушения стройности системы по мере необходимости пополнять ее новыми стандартами.

Унификация — метод стандартизации, заключающийся в рациональном уменьшении типов, видов и размеров объектов одинакового назначения.

Повышение технического уровня и качества изделий машино- и приборостроения неразрывно связано с использованием новых прогрессивных комплектующих изделий и материалов, соответствующих наиболее значимым достижениям науки и техники. В связи с повышением требований к изделиям машиностроения происходит их усложнение, возрастает число входящих в них типоразмеров комплектующих изделий и материалов. В этих условиях предприятия-поставщики ежегодно разрабатывают и предлагают для поставки новые виды комплектующих изделий и материалов с улучшенными характеристиками. Наряду с применением вновь разработанных комплектующих изделий и материалов для обеспечения эксплуатации ранее спроектированных изделий производится большое число запасных частей с использованием прежней элементной базы.

Эти факторы, а также недостаточный в ряде случаев уровень межпроектной унификации готовых изделий машино- и приборостроения, обуславливают тенденцию к расширению номенклатуры применяемых комплектующих изделий и материалов.

В таких условиях одним из наиболее важных путей обеспечения все возрастающих темпов научно-технического прогресса является рациональное управление номенклатурой изделий, составных частей и материалов.

В зависимости от поставленных задач унификация изделий может осуществляться:

- по назначению (областям применения);
- средствам обеспечения и обслуживания;
- агрегатам и узлам определенного функционального назначения;
- условиям производства;
- другим признакам.

Основными целями унификации являются:

- ускорение темпов научно-технического прогресса в промышленности за счет сокращения сроков разработки, подготовки производства, изготовления, проведения технического обслуживания и ремонта изделий;
- создание условий при проектировании и производстве для обеспечения высокого качества изделий и взаимозаменяемости их составных частей при эксплуатации;
- повышение экономической эффективности создания и эксплуатации изделий посредством снижения затрат в процессе их проектирования, изготовления в условиях специализации производства и технического обслуживания;
- обеспечение требований безопасности страны.

Унификация производится по следующим основным направлениям:

- использование во вновь разрабатываемых изделиях ранее спроектированных и освоенных в производстве составных частей (заимствование);
- заблаговременная разработка унифицированных составных частей для применения в нескольких новых разработках изделий;
- разработка базовых изделий и конструкций;
- создание конструктивно-унифицированных рядов изделий;
- установление (ограничение) номенклатуры изделий и материалов, разрешаемых для использования (симплификация).

Наиболее простым подходом с точки зрения реализации в организационном плане является **заимствование** — применение при проектировании каких-либо деталей, узлов и агрегатов, ранее встречающихся в другом изделии. Заимствование может осуществляться как из предыдущих моделей данного изделия, так и из изделий другого функционального назначения в том случае, если использование их составных частей или деталей не противоречит требованиям нормативно-технической документации.

Заимствование находит широкое практическое применение, так как преемственность конструкций обеспечивает сокращение затрат на проектирование, подготовку производства и изготовление изделий.

Использование заимствованной составной части, как правило, обеспечивает необходимый уровень надежности, поскольку такая составная часть уже прошла испытания при эксплуатации в составе других изделий.

Еще одним направлением унификации, как было отмечено ранее, является заблаговременная разработка унифицированных

составных частей для применения в нескольких новых разработках изделий.

Разработка базовых изделий и конструкций является дальнейшим развитием рассмотренного направления унификации, а именно создания унифицированных составных частей.

В данном случае разрабатывается не одна унифицированная составная часть для нескольких изделий, а сразу проектируется изделие в виде набора основных составных частей — «костяка» для нескольких будущих изделий (например, разрабатывается базовое шасси для нескольких машин, на которое могут быть установлены различные модификации двигателей, кабин, навесного и другого оборудования в зависимости от конкретного назначения машины).

Отличие базовой конструкции от базового изделия связано с тем, что базовая конструкция не может выполнять задачи потребителя без ее дополнения некоторыми другими составными частями, а базовое изделие способно их выполнять (рис. 1.1).

Унификация также может осуществляться путем создания оптимальных рядов изделий, соответствующих по своему назначению заменяемым неунифицированным изделиям (их составным частям, деталям). Этот способ унификации обычно завершается разработкой нормативно-технических документов: альбомов унифицированных конструкций, ГОСТов, ОСТов или стандартов предприятий.

Ограничительная унификация (симплификация) состоит в выявлении номенклатуры типоразмеров определенных изделий, оптимальной для рассматриваемой области применения, причем замену ранее использовавшихся изделий можно выполнить с помощью всех трех рассмотренных направлений работ по унификации.

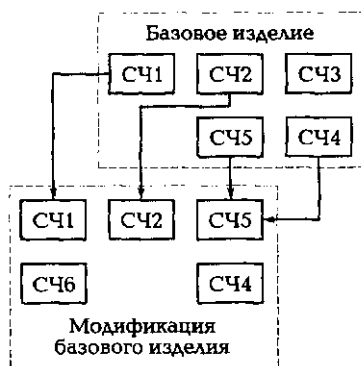


Рис. 1.1. Схемы базового изделия и его модификации:

СЧ1—СЧ6 — составные части изделий

Симплификация производится в масштабах предприятия, отрасли или нескольких отраслей промышленности на основе установления типоразмерных рядов, а также с применением альбомов типовых конструкций изделий, каталогов и ограничительных перечней.

Следует подчеркнуть, что унификация должна осуществляться таким образом, чтобы на всех этапах жизненного цикла обеспечивался заданный технический уровень и качество изделия.

Унификация изделий может быть полной и частичной. В первом случае изделие унифицировано по нескольким параметрам. Например, все изготавливаемые зубчатые колеса имеют, как правило, стандартные значения модулей. Поэтому можно говорить о том, что зубчатые колеса унифицированы по модулю, числу зубьев и их высоте.

Работы по унификации могут выполняться в рамках как одного проекта по созданию изделия, так и нескольких проектов. В этих случаях унификация называется соответственно внутри- и межпроектной.

Унификация в зависимости от масштабов ее проведения также подразделяется на следующие виды:

- межотраслевая (межведомственная);
- отраслевая (ведомственная);
- унификация на предприятии (объединении).

К межотраслевой относят унификацию изделий одинакового или близкого назначения, изготавливаемых или используемых двумя и более отраслями промышленности (ведомствами).

Отраслевой является унификация изделий одинакового или близкого назначения, выпускаемых или применяемых одной отраслью (ведомством).

Унификация на предприятии касается изделий, изготавливаемых данным предприятием.

Оценка результатов работ по унификации включает в себя определение достигнутого уровня унификации изделия и технико-экономической эффективности.

Приведем определения некоторых терминов.

Показатель унификации — количественная характеристика степени выполнения поставленной задачи по унификации.

Уровень унификации изделия — насыщенность изделия унифицированными составными частями.

Унифицированная составная часть — взаимозаменяемая составная часть двух или более изделий.

Типоразмер изделия — информационный образ изделия данного типа и исполнения с определенными значениями параметров.

Тип изделия — классификационная группировка изделий, аналогичных по назначению, принципу действия, конструктивному исполнению и составу характеристик (параметров).

Типоразмерный ряд — совокупность типоразмеров, числовые значения основных параметров которых образуют ряд.

Параметрический ряд — упорядоченная совокупность числовых значений параметра.

К объектам унификации в машиностроении относят машины, оборудование, механизмы, их составные части, технологическую оснастку, технологические процессы, виды и марки материалов, методы контроля и испытаний и т. д.

Агрегатирование — метод создания машин, приборов и оборудования путем компоновки стандартных унифицированных деталей, узлов и механизмов, имеющих одинаковые геометрические размеры и назначение.

Поясним сущность агрегатирования на следующем примере. Любой легковой автомобиль состоит из следующих основных агрегатов и систем: двигатель, шасси, кузов, трансмиссия, электрооборудование и др. Такая конструктивная общность позволяет стандартизировать и унифицировать основные узлы и детали, а также организовать массовое или серийное производство автомобилей в виде конструктивного ряда, состоящего из комбинации основных агрегатов и систем.

Агрегатирование позволяет сократить трудоемкость проектирования, изготовления и ремонта изделий, повысить качество продукции, облегчить перестройку производства при переходе на выпуск новой продукции и освоении ее изготовления.

Один из основных способов стандартизации — это использование **предпочтительных чисел**, которые являются таковыми по сравнению с другими числами при установлении значений параметров и размеров машиностроительной продукции.

Значения главных и основных параметров изделий образуют ряды, которые строятся по определенной математической зависимости. Напомним, что главным называют такой параметр из числа основных, который наиболее полно характеризует изделие, остается неизменным длительное время и может изменяться только при разработке более совершенных изделий. Например, для металлорежущих станков главными параметрами являются габаритные размеры устанавливаемых заготовок, размеры рабочей поверхности стола и усилие, развиваемое рабочими органами станка, а основными — частота вращения или число двойных ходов в минуту, масса станка и др.; у колесных и гусеничных тракторов к главным параметрам

относятся мощность, усилие, развиваемое рабочими органами, давление на грунт и удельный расход топлива, а к основным — скорость движения, масса, колея, вертикальный просвет и др.

Параметрические ряды образуют, например, размеры обуви и одежды, посадочные диаметры подшипников качения, грузоподъемность автомобилей, величины напряжения электрической сети, мощности электрических машин и т. д.

Наиболее целесообразными рядами предпочтительных чисел являются ряды, построенные по арифметической или геометрической прогрессии. Ряды, построенные по арифметической прогрессии, представляют собой последовательность чисел, в которой разность d между любыми соседними числами a_j и a_{j-1} остается постоянной

$$d = a_j - a_{j-1} = \text{const.}$$

Например, внутренние диаметры подшипников качения в интервале 20...110 мм имеют значения 20, 25, 30, 35 мм, т. е. образуют арифметическую прогрессию с разностью $d = 5$.

Ряды предпочтительных чисел, построенные по геометрической прогрессии, имеют не постоянную разность d , а постоянное отношение q каждого последующего члена a_j к предыдущему a_{j-1} :

$$q = a_j / a_{j-1}.$$

Это отношение носит название знаменателя геометрической прогрессии. Например, ряд чисел 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0; ... образует геометрическую прогрессию со знаменателем $q = 1,6$.

В 1877 г. французский инженер Ш. Ренар предложил использовать геометрическую прогрессию для установления размеров канатов воздушных шаров. Полученные им ряды чисел в дальнейшем стали называться рядами Ренара. В них предпочтительные числа образуют геометрическую прогрессию, i -й член которой определяется по формуле

$$q_i = 10R,$$

где i — целое число в интервале $0 \dots R$, $R = 5, 10, 20, 40, 80, 160$.

Различают следующие ряды предпочтительных чисел: основные, дополнительные, составные, приближенные и производные. Кроме того, устанавливаются специальные ряды.

Чаще всего используют основные и дополнительные ряды предпочтительных чисел, обозначения которых представлены в табл. 1.2.

Ряды $R5$, $R10$, $R20$ и $R40$ называют основными, а $R80$ и $R160$ — дополнительными. Они регламентированы ГОСТ 8032—84 и соответствуют рядам, установленным в международных стандартах ИСО.

Таблица 1.2. Ряды предпочтительных чисел

Обозначение ряда	Знаменатель геометрической прогрессии	Число членов в пределах ряда
R5	$\sqrt[5]{10} \approx 1,585$	5
R10	$\sqrt[10]{10} \approx 1,259$	10
R20	$\sqrt[20]{10} \approx 1,122$	20
R40	$\sqrt[40]{10} \approx 1,059$	40
R80	$\sqrt[80]{10} \approx 1,029$	80
R160	$\sqrt[160]{10} \approx 1,015$	160

Ряды предпочтительных чисел бесконечны для увеличения и уменьшения. Числа более 10 получают при умножении чисел, установленных в интервале 1 ... 10, на 10, 100, 1 000 и т. д., а числа менее 1 — при умножении на 0,1; 0,01; 0,001 и т. д. Например, ряд R5 для интервала 0,1 ... 1,0 имеет вид 0,1; 0,16; 0,25; 0,40; 0,63; 1,0, а ряд R10 для интервала 100 ... 1 000 — 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000.

В общем случае при выборе чисел следует отдавать предпочтение ряду с меньшим порядковым номером. Например, ряд R5 предпочтительнее ряда R10, ряд R20 предпочтительнее ряда R40 и т. д.

Во многих отраслях машиностроения (металлорежущие станки, кузнечно-прессовое оборудование, дизели, строительно-дорожные машины и др.) преимущественно применяют параметрические ряды, основанные на рядах R10. Параметрические ряды узлов, комплектующих изделий и деталей экономичнее строить по более высоким рядам, например R20. Арифметические прогрессии используют преимущественно для стандартизации крепежных изделий, подшипников качения, сортового проката и других деталей и узлов массового потребления.

Предпочтительные ряды чисел послужили основанием для разработки ГОСТ 6636—69 «Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры». В этом стандарте приведены ряды нормальных линейных размеров (диаметры, длины, высоты и размеры уступов), предназначенных для выбора номинальных размеров изделий.

1.5. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

В результате производственной деятельности человека создаются материальные ценности, предназначенные для удовлетворения его определенных потребностей. Эти материальные ценности принято называть продукцией. Продукция может представлять собой изделия или продукты.

Изделия — результат работы производственного предприятия, характеризуемый дискретной величиной, исчисляемой в штуках, экземплярах и других счетных единицах. К изделиям относятся машины и приборы, их элементы (детали, агрегаты), швейные изделия, обувь, ювелирные изделия и т. д.

Продукты — результат работы производственного предприятия (металлы, лес, нефтепродукты, краски, ткани, овощи, зерно и др.), характеризуемый непрерывной величиной, исчисляемой в килограммах, литрах, метрах, квадратных или кубических метрах и т. д.

По способу применения продукция может быть разделена на два класса: потребляемая и эксплуатируемая.

Потребляемая продукция при использовании расходуется сама: топливо сгорает, материалы перерабатывают в изделие, продукты питания употребляют в пищу.

У эксплуатируемой продукции расходуется ресурс, а ее масса практически не уменьшается. К этому классу относятся все машины, приборы и оборудование. Физическая сущность и закономерности процесса расходования ресурса изучаются наукой о надежности машин.

В указанных классах продукция подразделяется на пять групп:

- 1) сырье и природное топливо (полезные ископаемые, нефть, газ, уголь и строительные материалы, пищевые продукты);
- 2) материалы и продукты (искусственное топливо, пластмасы, прокат, ткани и пищевые продукты, не вошедшие в первую группу);
- 3) расходные изделия (дозированные продукты в упаковке, консервы, жидкое топливо и смазочные материалы в бочках, кабель в бобинах и др.);
- 4) неремонтируемые изделия (электровакуумные и полупроводниковые элементы приборов, клиновые ремни, крепежные изделия и др.);

5) ремонтируемые изделия (машины, механизмы, приборы и оборудование длительного использования, в том числе тракторы, автомобили, сельскохозяйственные и гидромелиоративные машины, оборудование животноводческих ферм).

Каждый вид продукции обладает рядом специфических свойств, позволяющих отличить его от любого другого.

Свойство продукции — объективная особенность продукции, проявляющаяся при ее создании и использовании.

Признак продукции — качественная или количественная характеристика ее свойств.

Качественные признаки характеризуют цвет, форму, способ крепления деталей (сварка, клепка, свинчивание), способ настройки или регулировки (ручной, полуавтоматический, автоматический) изделия.

Количественный признак, или параметр продукции, является численной характеристикой отдельных свойств (химический состав материала, угол заточки резца, грузоподъемность автомобиля и т. д.).

Не все свойства продукции характеризуются одинаковой значимостью: одни относятся к наиболее важным, другие — к второстепенным, а третьи могут не иметь никакого значения и никак не отражаться на эффективности использования данной продукции. Например, важнейшие свойства грузового автомобиля — грузоподъемность, удельный расход топлива и пробег до капитального ремонта.

Такие свойства, как электрическая проводимость или растворимость материалов в азотной кислоте, не отражают способности автомобиля выполнять его основные функции и поэтому не относятся к показателям его качества.

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

Из этой формулировки следует, что не все свойства изделия входят в понятие «качество». Качество продукции определяется потребностью общества в данном виде продукции, и если по каким-либо причинам потребность в этом виде продукции полностью исчезла, то и ее качество будет равно нулю.

Для оценки качества машин и других изделий разработана система показателей качества и методы их определения. Область практической и научной деятельности, которая занимается разработкой теоретических основ и методов количественной оценки качества продукции, называется **квалиметрией**.

Задачи квалиметрии состоят в определении номенклатуры необходимых показателей качества изделия и их оптимальных значений, разработке методов количественной оценки качества и создании методики учета изменения качества с течением времени.

Номенклатурой показателей качества промышленной продукции установлены десять групп показателей качества любых видов продукции, т. е. количественные характеристики свойств продукции, рассматриваемые применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации или потребления. Различают следующие группы показателей качества: показатели назначения, надежности, технологичности, стандартизации и унификации, транспортабельности, безопасности, патентно-правовые, эргономические, эстетические и экологические.

В каждую группу входят как единичные, так и комплексные показатели качества.

Единичный показатель качества продукции отражает одно свойство (производительность, грузоподъемность, энергоемкость, ресурс и др.).

Комплексный показатель качества продукции характеризует несколько ее свойств. Таким показателем является, например, коэффициент готовности изделия, характеризующий одновременно его безотказность и ремонтпригодность.

Обобщенные показатели качества, которые представляют собой сумму единичных показателей, имеющих одинаковую размерность, либо выраженных в относительных безразмерных единицах или баллах с учетом коэффициента значимости каждого показателя, также относят к комплексным.

Показатели качества определяются инструментальным (объективным) и экспертным (субъективным) методами.

Инструментальный метод включает в себя определение показателей качества продукции с помощью измерительных средств: весов, спидометров, расходомеров и т. д.

Разновидностью инструментального метода можно считать **расчетный** метод определения показателей качества. Он основан на вычислениях с использованием значений параметров, найденных другими методами (например, данных о расходе топлива на 1 км пробега, коэффициенте полезного действия или производительности машины).

Экспертный метод позволяет оценить показатели качества продукции на основе решения, принимаемого группой специалистов-экспертов. Этот метод часто применяют для определения комплексных показателей качества.

Разновидности экспертного метода — органолептический и социологический методы.

Органолептический метод связан с определением показателей качества продукции (в баллах) на основе анализа восприятия воздействия объекта или среды органами чувств человека — зрения, слуха, обоняния, осязания и вкуса без использования технических измерительных или регистрационных средств. Данным методом оценивают, например, эстетические показатели, оказывающие воздействие на потребителя, вкусовые качества фруктов и т.д.

Социологический метод основан на сборе и учете мнений фактических или возможных потребителей продукции. Этим методом определяют в основном показатели качества товаров широкого потребления.

По возможности следует пользоваться объективными методами определения показателей качества продукции.

Методы оценки качества продукции. Систематическое проведение мероприятий по оценке уровня качества — один из основных элементов системы управления качеством продукции.

Уровень качества продукции — относительная характеристика, основанная на сравнении совокупности показателей качества продукции с соответствующей совокупностью базовых показателей.

Базовый показатель — показатель качества продукции, принятой за исходную при сравнительных оценках качества. Базовыми считаются показатели продукции, выбранной в качестве эталона. Эталонами могут служить лучшие отечественные или зарубежные образцы (вновь проектируемые или принятые к производству).

При анализе изменения качества продукции в процессе ее производства базовыми показателями служат ранее достигнутые значения.

Уровень качества однородной продукции может быть определен дифференциальным, комплексным и смешанным методами.

Дифференциальный метод оценки уровня качества заключается в раздельном сопоставлении единичных показателей качества рассматриваемого изделия с аналогичными базовыми показателями. Этот метод не позволяет получить однозначной численной характеристики уровня качества продукции, однако благодаря простоте и доступности применяется довольно широко для определения тех показателей, увеличение которых свидетельствует о повышении качества изделия (производительность, мощность, ресурс), а также показателей, уменьшение которых связано со снижением качества изделий (себестоимость, материалоемкость, энергоемкость).

Если уровень качества рассматриваемого изделия выше, чем у эталона, или соответствует ему, то все относительные показатели больше единицы или равны ей. Если же часть относительных показателей окажется меньше единицы, то заключение об уровне качества изделия дифференциальным методом сделать нельзя и необходимо использовать комплексный метод.

Комплексный метод оценки уровня качества предусматривает использование обобщенных показателей качества и позволяет получить однозначную численную оценку уровня качества продукции.

Если единичные показатели качества рассматриваемой продукции выражаются в баллах и им присваиваются некоторые коэффициенты весомости, то обобщенный показатель качества можно определить как сумму единичных показателей качества, умноженных на соответствующие коэффициенты весомости.

Уровень качества при комплексном методе оценки равен отношению вычисленного обобщенного показателя к установленному заранее базовому обобщенному показателю.

Смешанный метод оценки уровня качества применяют в тех случаях, когда обобщенный показатель качества, используемый при комплексном методе, недостаточно полно учитывает все существенные свойства продукции, например эргономические, эстетические и патентно-правовые.

Уровень качества продукции оценивают смешанным методом следующим образом:

- единичные показатели качества объединяют в группы и для каждой из них определяют соответствующий ей комплексный показатель (наиболее важные показатели качества, как правило, не объединяют в группы и применяют как единичные);
- полученные комплексные показатели качества рассматривают по группам и выделенные единичные показатели — с помощью дифференциального метода оценки.

В том случае, когда оценивают качество разнородной продукции, что бывает необходимо при сравнении деятельности различных предприятий, применяют индексы качества.

Индекс качества продукции — комплексный показатель качества разнородной продукции. При его определении учитывают качество продукции и ее цену, причем уровни качества продукции каждого вида считают изменяющимися, а цену для базового и рассматриваемого периодов принимают неизменной.

Управление качеством. Управление качеством промышленной продукции — это установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции на всех стадиях ее жизненно-

го цикла (разработка, производство, эксплуатация или потребление и утилизация), осуществляемые путем систематического контроля за качеством и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество продукции.

В марте 1987 г. ИСО приняла пакет международных стандартов серии 9000, в которых отражен международный опыт по управлению качеством продукции. В настоящее время основными из пакета принятых международных и отечественных стандартов на системы качества (по управлению качеством) являются:

- ГОСТ Р ИСО 9000—2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»;
- ГОСТ Р ИСО 9001—2015 «Системы менеджмента качества. Требования»;
- ГОСТ Р ИСО 10006—2005 «Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании»;
- ГОСТ Р ИСО 10001—2009 «Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Рекомендации по правилам поведения для организаций»;
- ГОСТ Р ИСО 10012—2008 «Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию».

В этих стандартах задачи, стоящие перед организацией в области качества, сформулированы следующим образом. Организация должна:

- достигать намеченного качества продукции или услуги и поддерживать его на уровне, обеспечивающем постоянное удовлетворение установленным или предполагаемым требованиям;
- обеспечивать уверенность своего руководства в том, что намеченное качество достигается и поддерживается на заданном уровне;
- обеспечивать уверенность потребителя в том, что намеченное качество поставляемой продукции или предоставляемой услуги достигается или будет достигнуто.

Ориентация на удовлетворение требований потребителя является главным отличием указанных стандартов. Особенно отчетливо это отражено в стандарте ГОСТ Р ИСО 10001—2009 «Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Рекомендации по правилам поведения для организаций», где рассмотрены технические, административные и человеческие факторы, влияющие на качество продукции или услуги на всех этапах петли качества (от выявления потребности до удовлетворения потребителя).

В рекомендациях по применению стандартов рассмотрены область их распространения, сфера действия, правила выбора, основные принципы системы обеспечения качества, документация этой системы, порядок проведения на предприятии работ по применению указанных стандартов, проверка, анализ и оценка системы.

Системой обеспечения качества принято называть совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, необходимых для создания уверенности в том, что продукция (услуга) удовлетворяет определенным требованиям к качеству.

Данные стандарты действуют в условиях, когда осуществляется проверка системы обеспечения качества продукции на предприятии. Поскольку каждый стандарт содержит нормы, следование которым необходимо для обеспечения качества, цель проверки состоит в установлении соответствия фактического положения дел указанным нормам. Обязательная проверка системы обеспечения качества может быть частью более общей процедуры (например, сертификации или аттестации продукции, официальной оценки системы качества и т.д.).

Каждый государственный стандарт обеспечивает требуемое качество в определенных условиях: например, ГОСТ Р ИСО 9001 — 2015 — на всех стадиях жизненного цикла, ГОСТ Р ИСО 10006 — 2005 — в процессе проектирования, ГОСТ Р ИСО 10012 — 2008 — при измерении, контроле и испытаниях. Все указанные **критерии выбора** стандарта называют функциональными. Кроме них при выборе стандарта учитывают еще ряд факторов: сложность процесса проектирования и производственного процесса, обоснованность проекта, характеристики продукции, включая ее безопасность, и экономический фактор.

Система управления качеством (или система менеджмента качества) создается и внедряется на предприятии для того, чтобы обеспечить проведение определенной политики и достижение сформулированных целей в области качества. Из этого следует, что первичными в создании системы качества являются формирование и документальное оформление руководством предприятия политики в области качества, которая может быть сформулирована в виде принципа деятельности по поддержанию качества продукции на определенном техническом уровне либо конкретной долгосрочной цели (например, к 2020 г. за счет повышения качества продукции выйти на зарубежный рынок).

Система управления качеством разрабатывается для каждого конкретного вида продукции отдельно. По этой причине на одном

предприятия, выпускающем разные виды продукции, может быть несколько систем (подсистем) качества.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите и раскройте содержание основных функций стандартизации.
2. Какие методы используются в стандартизации?
3. Какими показателями оценивают результаты унификации?
4. По каким принципам составляют параметрические ряды?
5. Какова основная цель стандартизации?
6. Какие национальные органы по стандартизации вы знаете?
7. Каковы положительные результаты осуществления стандартизации?
8. Что является объектом стандартизации?
9. Какие законодательные акты формируют основу стандартизации в Российской Федерации?
10. Что означает принцип добровольного применения стандартов?
11. Какие требования стандартов являются обязательными?
12. Что представляет собой система стандартов?
13. Какие основные системы стандартов вы знаете?
14. Что представляет собой ЕСКД?
15. Какова структура ЕСТД?
16. Какова схема обозначения стандарта, входящего в систему стандартов?
17. Назовите известные вам группы показателей качества.

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ, УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ

2.1. СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ

Машины и механизмы состоят из большого числа деталей, узлов и механизмов, взаимодействующих в процессе эксплуатации друг с другом. Каждая деталь узла имеет свое назначение и обладает строго определенными размерами и характеристиками.

Деталь представляет собой определенные комбинации геометрических тел, ограниченных поверхностями простейших форм (рис. 2.1) — плоскими, цилиндрическими, коническими или сферическими. Таких комбинаций может быть бесконечное множество, а если учесть, что они характеризуются еще и размерами, то можно представить, сколь многообразны детали на практике (рис. 2.2).

К деталям относят изделия, которые изготовлены из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, втулка, изготовленная из одного куска металла, валик — из стального прутка, пластина — из медного листа и т. д.).

Простейшие геометрические тела, составляющие деталь, называются их **элементами** (рис. 2.3).

В соответствии с ГОСТ 31254—2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Геометрические элементы. Общие требования и определения» различают следующие понятия:

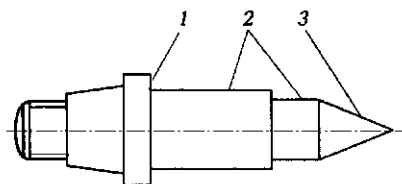


Рис. 2.1. Виды поверхностей детали:
1 — плоские; 2 — цилиндрические;
3 — коническая

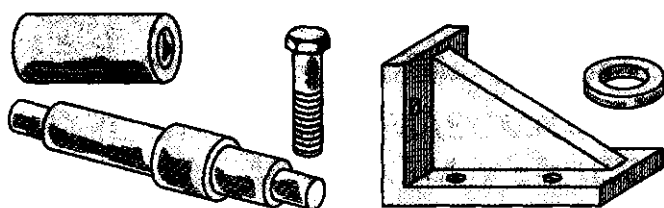


Рис. 2.2. Разновидности деталей

- **элемент, геометрический элемент** — это точка, линия или поверхность;
- **полный геометрический элемент** — это поверхность или линия на поверхности;
- **производный геометрический элемент** — средняя точка, средняя линия или средняя поверхность, которые произведены от одного или нескольких полных элементов. Например, средняя точка (центр) сферы является производным геометрическим элементом от сферы, которая является полным геометрическим элементом (рис. 2.4, а), а средняя линия (ось) цилиндра является производным геометрическим элементом от цилиндрической поверхности, которая является полным геометрическим элементом (рис. 2.4, б);
- **размерный элемент** — геометрическая форма, определяемая линейным или угловым размером. Размерными элементами могут быть цилиндр, сфера, две параллельные плоскости, конус или призма (рис. 2.4, а—г).

Для выполнения определенных функций у деталей предусматриваются различные формы **поверхностей**. Они могут быть цилиндрическими, плоскими, коническими, резьбовыми, эвольвентными, шлицевыми и др. Кроме того, поверхности бывают сопрягаемые и несопрягаемые. **Сопрягаемые** — это поверхности, по которым

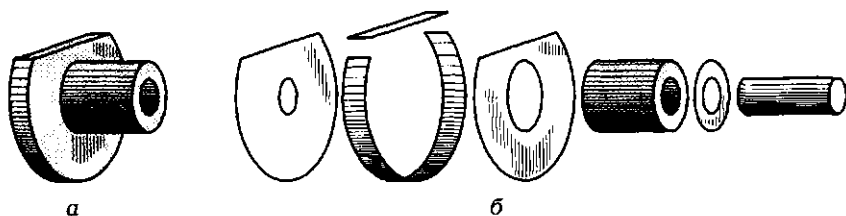


Рис. 2.3. Деталь (а) и ее элементы (б)

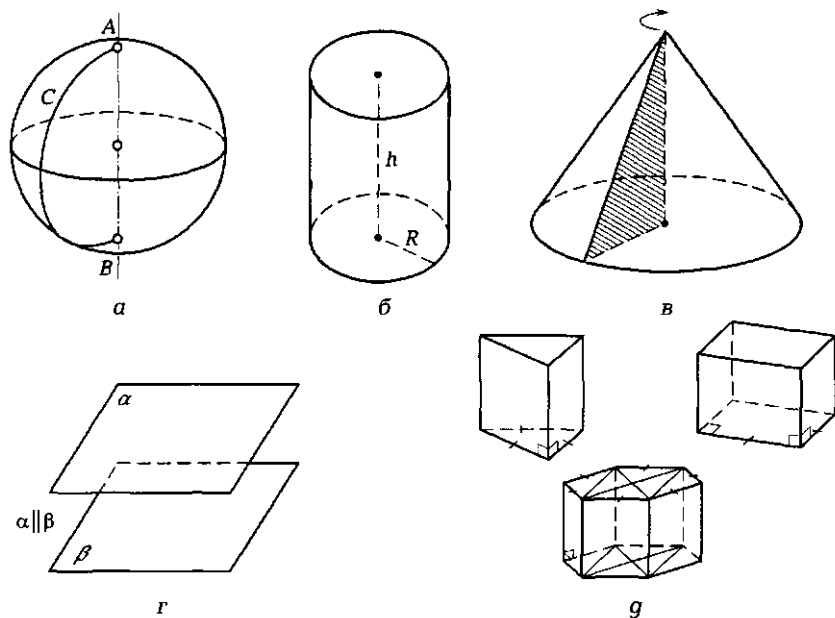


Рис. 2.4. Полные геометрические элементы:

a — сфера; *b* — цилиндр; *v* — конус; *r* — параллельные плоскости; *g* — призмы

детали соединяются в сборочные единицы, а сборочные единицы — в механизмы (поверхности 1—3 на рис. 2.5). **Несопрягаемые**, или **свободные**, — это конструктивно необходимые поверхности, не предназначенные для соединения с поверхностями других деталей (поверхности 4—6 на рис. 2.5).

При проектировании машин и механизмов конструкторы исходят из того, что каждая деталь (конкретной формы и размеров) должна занимать определенное место в узле исходя из назначения данной машины или механизма. Это так называемые номинальные значения размера, формы и расположения поверхностей детали. Поверхности, которые определяют форму детали, в этом случае также являются номинальными. Иначе говоря, номинальные поверхности, их ориентация и место расположения задаются при проектировании исходя из функционального назначения детали.

Для того чтобы систематизировать многообразие форм деталей, все возможные варианты поверхностей (цилиндрические, конические и др.) подразделены на внутренние — **охватывающие** и наружные — **охватываемые**.

В соответствии с этим введены понятия вала и отверстия.

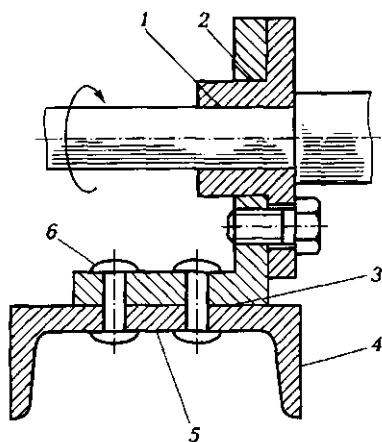


Рис. 2.5. Сопрягаемые [1–3] и несопрягаемые [4–6] поверхности

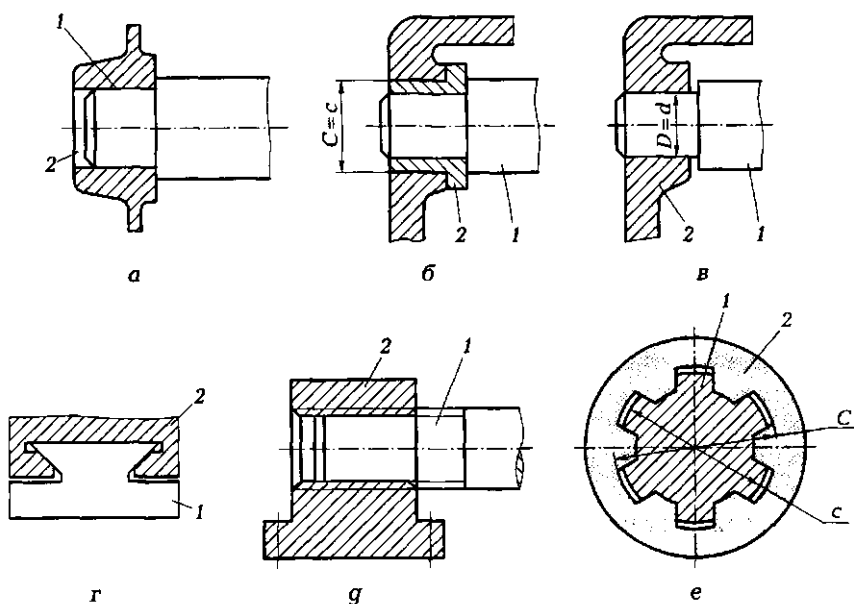


Рис. 2.6. Валы и отверстия для различных типов соединений:

a–в — цилиндрических; *г* — типа «ласточкин хвост»; *г* — резьбового; *е* — шлицевого; *1* — вал; *2* — отверстие; *c, d* — диаметры валов; *C, D* — диаметры отверстий

Вал — это наружный размерный элемент детали (включая наружные размерные элементы, не являющиеся цилиндрическими) или, другими словами, **вал** — это термин, относящийся к наружным (охватываемым) элементам деталей 1, размеры которых обозначают строчными буквами s и d на рис. 2.6.

Отверстие — это внутренний размерный элемент детали (включая внутренние размерные элементы, не являющиеся цилиндрическими) или, другими словами, **отверстие** — это термин, относящийся к внутренним (охватывающим) элементам деталей 2, размеры которых обозначают прописными буквами C и D на рис. 2.6).

Детали, из которых состоят машины и механизмы, взаимодействуют друг с другом при соприкосновении, либо соединении. Детали, элементы которых входят друг в друга, образуют **соединение**. Такие поверхности соединяемых элементов называются **сопрягаемыми**. В зависимости от формы сопрягаемых поверхностей соединения могут быть цилиндрическими (рис. 2.6, *a*), коническими, резьбовыми, заклепочными, шлицевыми, шпоночными (рис. 2.7) и др.

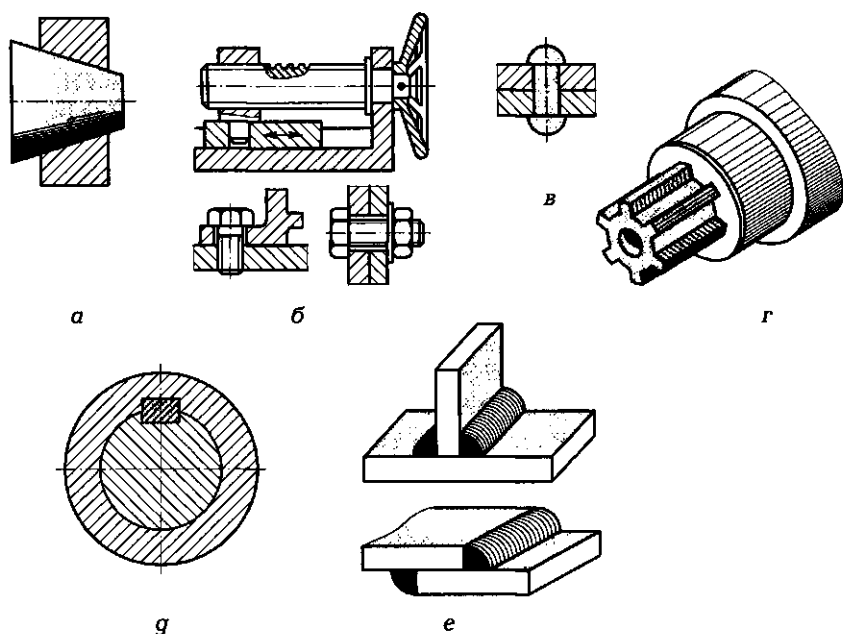


Рис. 2.7. Типы соединений деталей машин:

a — коническое; *b* — резьбовые; *v* — заклепочное; *r* — шлицевое; *g* — шпоночное; *e* — сварное

Для числовой оценки значений линейных величин (диаметры, длины, высоты и т. д.) необходимо выразить их в виде **размера** в определенных единицах измерения. В технической документации машино- и приборостроения все размеры задают и указывают в миллиметрах.

По назначению различают размеры, определяющие величину и форму детали, координирующие, сборочные, габаритные, монтажные и технологические размеры.

2.2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ, УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ

Нарушение взаимного положения поверхностей и осей, а следовательно, и деталей в машине или узле, приводит к изменению нормальных условий работы машины или агрегата, влияет на их надежность и качество. В процессе эксплуатации детали изнашиваются и выходят из строя, и время от времени необходимо удалять их из узла и ремонтировать либо на место износившихся деталей устанавливать новые. Равноценная замена деталей при ремонте возможна, если они изготовлены по единым нормативным документам и соответствуют требованиям взаимозаменяемости.

Взаимозаменяемость — это свойство изделий (машины, приборы, механизмы) и их составных частей равноценно заменять при эксплуатации любой экземпляр изделия или его составную часть другим однотипным экземпляром без предварительной подгонки. Для машино- и приборостроения общее определение может быть конкретизировано: взаимозаменяемость — это свойство деталей, узлов и агрегатов машин, изготовленных независимо, с заданной точностью, которое позволяет устанавливать эти составные части в процессе сборки в машину или заменять в случае ремонта при сохранении как функциональных характеристик машины, так и ее надежности и качества.

Различают несколько видов взаимозаменяемости: полную, неполную, внутреннюю, внешнюю и функциональную.

Полная взаимозаменяемость обеспечивает возможность беспригоночной сборки (или замены при ремонте) любых однотипных деталей, изготовленных независимо, с заданной точностью. Такой вид взаимозаменяемости возможен только в тех случаях, когда размеры, форма, механические, электрические и другие качественные

и количественные характеристики деталей и сборочных единиц после изготовления находятся в заданных пределах, а собранные изделия соответствуют техническим требованиям.

В условиях полной взаимозаменяемости существенно упрощается процесс сборки, который сводится в основном к простому соединению деталей, расширяются возможности осуществления поточного производства деталей, автоматизации процесса изготовления и сборки изделий, а также упрощения ремонта машин.

При *неполной* взаимозаменяемости для обеспечения требуемой точности изделия предусматриваются некоторые конструктивные особенности узла (регулируемые элементы, компенсаторы) или вводятся дополнительные технологические операции при сборке и ремонте (доводка, пригонка, так называемая селективная сборка или групповой подбор деталей). Неполная взаимозаменяемость возможна не по всем, а только по отдельным геометрическим или другим параметрам.

Внутренняя взаимозаменяемость — это свойство всех или отдельных деталей, составляющих сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипниках качения внутренняя взаимозаменяемость предусмотрена для кольца и тел качения (шарики, ролики, иглы).

Внешняя взаимозаменяемость — свойство, присущее эксплуатационным показателям, размерам и форме присоединительных поверхностей сборочных единиц, кооперируемых и покупных изделий (монтируемых в более сложные изделия). Для подшипников качения взаимозаменяемость обеспечивается по таким параметрам, как размеры наружного и внутреннего колец, а также точность вращения, для электродвигателей — мощность, частота вращения вала, размеры и форма присоединительных поверхностей.

Благодаря **функциональной** взаимозаменяемости существует возможность не только сборки и замены при ремонте любых деталей, узлов и механизмов, но и обеспечения у них требуемых эксплуатационных показателей и функциональных параметров. Например, взаимозаменяемое зубчатое колесо кроме способности без подгонки занять свое место в узле должно передавать заданный вращающий момент, иметь определенное передаточное отношение и обладать заданным ресурсом работы. Другой пример: функционально взаимозаменяемый бензонасос автомобиля помимо соответствующих присоединительных размеров должен обеспечивать заданную производительность, развивать необходимое давление и обладать соответствующим ресурсом.

Точность в технике — это степень приближения истинного значения рассматриваемого параметра процесса или объекта к его заданному значению.

Качество машин, их надежность и долговечность зависят в значительной мере от точности обработки деталей при изготовлении. Совершенствование и усложнение конструкций автомобилей, станков и других машин, увеличение рабочих скоростей и нагрузок требуют все более высокого качества деталей и точности обработки.

При проектировании конструктор определяет номинальные значения размеров, формы, ориентации, месторасположения и биения поверхностей каждой детали, которые обеспечивают необходимые эксплуатационные характеристики соединений деталей и в конечном счете — механизма или машины в целом. Однако при изготовлении деталей под влиянием многочисленных факторов, проявляющихся в процессе обработки, возникают отклонения от заданных номинальных значений.

Точность обработки часто бывает неодинаковой даже в пределах одной поверхности (в разных сечениях и точках).

Степень соответствия действительных размеров геометрическим параметрам, заданным чертежом, принято называть **точностью обработки**. Под **погрешностью обработки** понимают разность между приближенным и точным значениями некоторой величины.

При употреблении термина «точность» обычно имеют в виду качественный показатель, характеризующий отличие полученного значения параметра от заданного. Термин «погрешность» применяется для количественной оценки точности.

Для оценки точности обработки деталей принято следовать укрупненной классификации отклонений геометрических параметров:

- отклонения размера;
- отклонения расположения поверхностей;
- отклонения формы;
- волнистости поверхности;
- шероховатости поверхности.

Многочисленные факторы, влияющие на точность обработки, постоянно изменяются в процессе изготовления деталей.

Точность элементов станка и их **взаимное расположение** (биение шпинделя, отклонения от прямолинейности направляющих

станины и суппорта, отклонения от параллельности и перпендикулярности перемещений суппорта относительно осей шпинделя, несовпадение оси центров передней и задней бабок и т. п.) влияет на точность размеров, формы, ориентации, месторасположения и биения обрабатываемых поверхностей.

Особое значение имеет **точность элементов приспособлений**, предназначенных для установки обрабатываемой детали и определения положения режущего инструмента.

Существенное влияние на точность обработки оказывает **точность мерного инструмента** (сверла, развертки, метчики и т. д.) и **профильного (фасонного) инструмента** (резцы, фрезы и т. д.), так как точность их изготовления непосредственно влияет на форму и размер обрабатываемой поверхности.

Еще одним фактором, влияющим на точность обработки деталей любым режущим инструментом, является **износ его режущей части**.

Погрешность установки инструмента чаще всего называют **погрешностью его настройки на размер**. Она возникает при первоначальной установке режущего инструмента или его замене.

Деформации элементов станка, приспособления и инструмента возникают под действием сил резания в процессе обработки. Величины этих деформаций определяются **жесткостью системы станок — приспособление — инструмент — заготовка** и зависят в основном от конструкции станка и качества его изготовления.

Погрешность обработки может возникать в результате действия сил зажима **нежестких деталей** (тонкостенные цилиндры, длинные валы, кольца и т. д.) при их закреплении и сил резания при обработке, а также перераспределения остаточных напряжений.

Деталь, поступившая на определенную операцию, имеет погрешность, возникшую на предшествующих операциях — заготовительных, промежуточных или финишных. Она влияет на точность обработки, достигаемую на данной операции, и называется **наследственной погрешностью**.

Температура отдельных частей станка, приспособления, инструмента и заготовки в процессе обработки изменяется неодинаково. Материалы, из которых они изготовлены, имеют разные коэффициенты линейного расширения. В результате первоначальное взаимное положение поверхностей изменяется, что является причиной появления погрешностей.

Погрешности, возникающие при изготовлении и настройке средств измерений, а также под влиянием других факторов, не

позволяют определить истинные значения размеров, полученных при обработке, и вынуждают пользоваться действительными размерами.

Указанные причины непостоянны во времени. Они вызывают разные по величине отклонения геометрических параметров при обработке партии деталей. В результате их действительные размеры отличаются друг от друга — происходит так называемое **рассеяние размеров**.

2.4. РАЗМЕРЫ, ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ, ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

Основные термины и определения установлены ГОСТ 25346—2013 «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки».

Все размеры подразделяют на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер (D, d, l и *gp.*) — размер геометрического элемента идеальной формы, определенной чертежом. Он служит началом отсчета отклонений и относительно его определяют предельные размеры. Как отмечалось ранее, номинальный размер выбирают в соответствии с результатами расчета деталей при их проектировании или исходя из конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Для деталей, входящих в соединение, номинальный размер является общим.

В целях сокращения числа типоразмеров заготовок и деталей, режущего и измерительного инструмента, а также облегчения типизации технологических процессов значения размеров, полученные при расчете, округляют, как правило, в большую сторону в соответствии со значениями нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636 – 69 «Нормальные линейные размеры».

В данном стандарте представлены четыре ряда ($Ra5, Ra10, Ra20$ и $Ra40$), устанавливающих нормальные линейные размеры от 0,001 до 20 000 мм. Так, для ряда $Ra5$ предусмотрены нормальные размеры 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0 и т.д., для ряда $Ra10$ — 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 и т.д., а для ряда $Ra20$ — 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0 и т.д.

Во всех случаях необходимо стремиться применять одно из основных предпочтительных чисел, указанных в стандарте. При округлении размеров следует отдавать предпочтение значениям

рядов Ra5, Ra10 и Ra20 перед значениями рядов Ra10, Ra20 и Ra40 соответственно.

Указанный стандарт не распространяется на производные размеры, зависящие от принятых исходных размеров и параметров, в том числе на технологические межоперационные размеры, а также размеры, регламентированные в стандартах на конкретные изделия (например, средний диаметр резьбы).

Действительный размер — это размер, установленный при измерении с допустимой погрешностью. Изготовить деталь с абсолютно точными размерами и измерить без учета погрешностей практически невозможно, поэтому и введено это понятие.

Предельные размеры — предельно допустимые размеры элемента. Это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали (рис. 2.8, а). Большой из них называется **верхним предельным размером** (ULS), а меньший — **нижним предельным размером** (LLS). Эти размеры принято обозначать D_{\max} и D_{\min} — для отверстий, d_{\max} и d_{\min} — для валов (рис. 2.8, б). Если сравнить величину действительного размера (d_A , D_A) с его предельными значениями, то можно сделать заключение о годности детали.

Так, если для вала выполняется условие

$$d_{\max} \geq d_A \geq d_{\min},$$

то он считается годным.

Для отверстия условие годности детали имеет вид

$$D_{\max} \geq D_A \geq D_{\min}.$$

Проходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, т. е. верхнему пределу для вала или нижнему пределу для отверстия (рис. 2.9, а).

Непроходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, т. е. нижнему пределу для вала или верхнему пределу для отверстия (рис. 2.9, б).

В соответствии с ГОСТ 25346—2013 для упрощения чертежей введены понятия предельных отклонений от номинального размера (см. рис. 2.8, б):

- **верхнее предельное отклонение** (ES, es) — алгебраическая разность между верхним предельным и номинальным размерами:

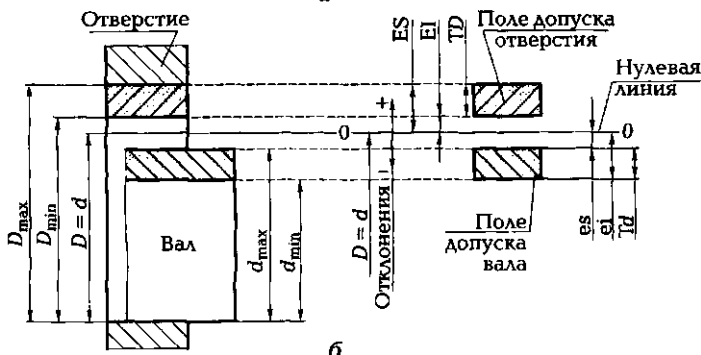
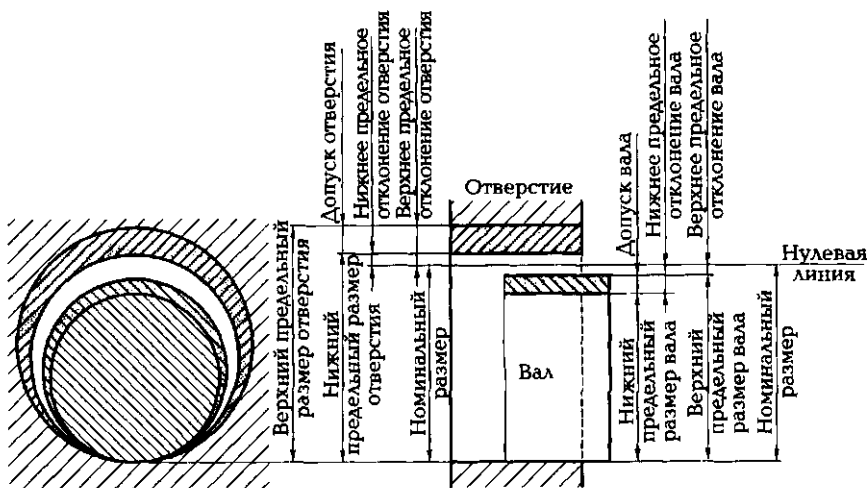


Рис. 2.8. Размеры, отклонения, допуски и посадки:

а — понятие о размерах, отклонениях и допусках; б — графическое изображение размеров, предельных отклонений, допусков и посадки

$$ES = D_{\max} - D,$$

$$es = d_{\max} - d;$$

- **нижнее предельное отклонение** (EI, ei) — алгебраическая разность между нижним предельным и номинальным размерами:

$$EI = D_{\min} - D,$$

$$ei = d_{\min} - d;$$

- **основное отклонение** — предельное отклонение, определяющее расположение интервала допуска относительно номинального размера.

Отклонения могут быть положительными, если предельный размер больше номинального, и отрицательными, если предельный размер меньше номинального.

На конструкторских и технологических чертежах номинальные и предельные размеры, а также их отклонения согласно ГОСТ 2.307—2011 «ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений» указывают в миллиметрах без обозначения единицы (например, $85_{-0,034}^{-0,012}$; $42_{-0,024}^{-0,013}$; $50_{-0,022}^{+0,025}$; $50_{-0,022}$).

Угловые размеры и их предельные отклонения выражают в градусах, минутах или секундах с указанием единицы (например, $30^{\circ}15'40''$).

При равенстве абсолютных значений отклонений они указываются один раз со знаком «±» рядом с номинальным размером (например, $85 \pm 0,02$; 90 ± 5).

Отклонение, равное нулю, на чертежах не проставляется. Наносят только одно отклонение: положительное — на месте верхнего предельного отклонения, а отрицательное — на месте нижнего предельного отклонения (например, $60_{-0,022}$; $89^{+0,02}$).

Одним из основных понятий, определяющих точность изготовления деталей, является **гоныск**. Допуском T называют разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями параметра.

Если говорят о допуске размера, то под этим понимают разность между верхним и нижним предельными размерами или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним предельными отклонениями (см. рис. 2.8, б):

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = |ES - EI|;$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = |es - ei|.$$

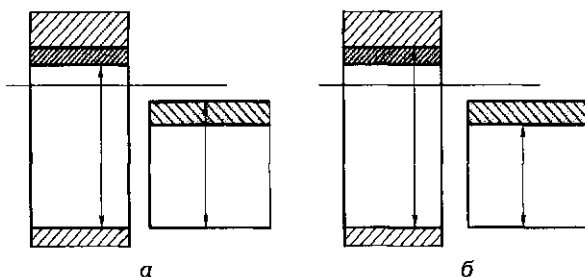


Рис. 2.9. Проходной (а) и непроходной (б) пределы

Допуск — всегда положительная величина. **Пределы допуска** — установленные значения, определяющие верхнюю и нижнюю границы допустимых значений.

Пределы допуска могут располагаться как по обе стороны (двусторонние пределы), так и по одну сторону (односторонние пределы) относительно номинального размера.

От величины допуска во многом зависит качество деталей и стоимость их изготовления. С увеличением допуска качество деталей, как правило, снижается, а стоимость изготовления уменьшается.

На рис. 2.8, б (левая часть) представлено условное изображение отверстия и вала. Заштрихованная зона между верхним и нижним предельными размерами является интервалом допуска. Такая схема хотя и достаточно наглядна, но трудновыполнима в масштабе, поскольку разница между значениями номинального размера, отклонений и допусков очень большая. Поэтому применяется графическое изображение допусков и предельных отклонений в виде интервала допуска (прежний термин «поле допуска») (правая часть рис. 2.8, б).

Интервал допуска — совокупность значений размера между пределами допуска, включая эти пределы, т. е. это поле, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями относительно номинального размера — нулевой линии.

Нулевая линия — это линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Как правило, нулевая линия располагается горизонтально, и положительные отклонения откладывают относительно нее вверх, а отрицательные — вниз.

Интервал допуска заключен между верхним и нижним предельными размерами. Он определяется значением допуска и его расположением относительно номинального размера.

Введены понятия «основной вал» и «основное отверстие»:

- **основной вал** — это вал, верхнее предельное отклонение которого равно нулю ($es = 0$);
- **основное отверстие** — это отверстие, нижнее предельное отклонение которого равно нулю ($Ei = 0$).

Допуск размеров охватывающих поверхностей принято сокращенно называть допуском отверстия и обозначать TD , а охватываемых поверхностей — допуском вала с условным обозначением Td .

Когда говорят о деталях, находящихся в соединении, применяют термин «посадка». **Посадка** — соединение наружного размерного элемента и внутреннего размерного элемента (отверстия и вала),

участвующих в сборке. Посадка характеризует свободу (степень) относительного перемещения соединяемых деталей.

Различают посадки с зазором (рис. 2.10, а), с натягом (рис. 2.10, в) и переходные (рис. 2.10, г).

Посадка с зазором — посадка, при которой в соединении отверстия и вала всегда образуется зазор, т.е. нижний предельный размер отверстия больше или равен верхнему предельному размеру вала.

Зазор S — разность размеров отверстия и вала, если размеры вала меньше размеров отверстия. Собранное с зазором соединение допускает перемещение деталей друг относительно друга. На рис. 2.10, б показана схема посадки с зазором. Интервал 1 допуска отверстия располагается над интервалом 2 допуска вала, и в любом

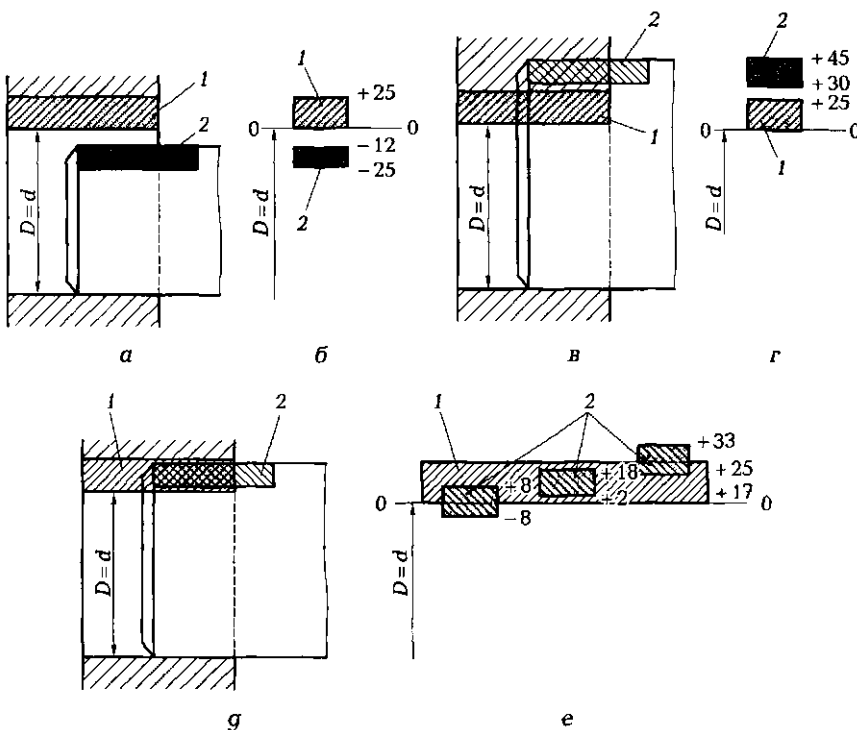


Рис. 2.10. Типы посадок и их графическое изображение:

а — посадка с зазором; б — графическое изображение посадки с зазором; в — посадка с натягом; г — графическое изображение посадки с натягом; г — переходная посадка; е — графическое изображение переходных посадок; 1 — поле допуска отверстия; 2 — интервал допуска вала

случае в данном соединении размеры вала будут меньше размеров отверстия.

Посадка с зазором характеризуется следующими основными параметрами:

- наибольшим зазором $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$;
- наименьшим зазором $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$;
- средним зазором $S_m = (S_{\max} + S_{\min})/2$;
- диапазоном посадки $TS = S_{\max} - S_{\min} = TD + Td$.

В данном случае и далее **диапазон посадки** — это арифметическая сумма допусков размеров двух размерных элементов, образующих посадку.

К посадкам с зазором относятся и такие посадки, в которых нижняя граница интервала допуска отверстия совпадает с верхней границей интервала допуска вала, т. е. $D_{\min} = d_{\max}$. В этом случае $S_{\min} = 0$.

Посадка с натягом — посадка, при которой в соединении отверстия и вала всегда образуется натяг, т. е. верхний предельный размер отверстия меньше или равен нижнему предельному размеру вала. **Натяг** — разность размеров отверстия и вала до сборки, когда диаметр вала больше диаметра отверстия. Натяг — отрицательное число. Он обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки. На рис. 2.10, г показана посадка с натягом. Интервал 1 допуска отверстия располагается под интервалом 2 допуска вала, и в любом случае в данном соединении размеры вала будут больше размеров отверстия.

Основными параметрами посадки с натягом являются:

- наибольший натяг $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$;
- наименьший натяг $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$;
- средний натяг $N_m = (N_{\max} + N_{\min})/2$;
- диапазон посадки $TN = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td$.

К посадкам с натягом также относятся такие посадки, в которых нижняя граница интервала допуска вала совпадает с верхней границей интервала допуска отверстия, т. е. $D_{\max} = d_{\min}$. В этом случае $N_{\min} = 0$.

Переходная посадка — посадка, при которой в соединении отверстия и вала возможно получение как зазора, так и натяга. В переходной посадке интервал допуска отверстия 1 и интервал допуска вала 2 перекрываются частично или полностью, поэтому наличие зазора или натяга в соединении зависит от действительных размеров отверстия и вала. На рис. 2.10, е показана схема переходной посадки, которая характеризуется следующими основными параметрами:

- наибольшим зазором $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$;
- наибольшим натягом $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$;
- диапазоном посадки $TS(N) = TD + Td$.

В качестве примеров выполним расчеты предельных размеров сопрягаемых деталей, допусков, зазоров и натягов в трех типах соединений, имеющих разные виды посадок. Предельные отклонения выбираются по ГОСТ 25346 – 2013.

Пример 2.1. Рассмотрим посадку с зазором $\varnothing 50 \text{ H7/f7}$.

Отверстие имеет номинальный диаметр 50 мм; верхнее предельное отклонение $ES = +25 \text{ мкм}$, нижнее предельное отклонение $EI = 0$.

Предельные размеры отверстия, мм:

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0,025 = 50,025;$$

$$D_{\min} = D + EI = 50 + 0 = 50.$$

Допуск отверстия, мм:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 50,025 - 50 = 0,025.$$

Вал имеет номинальный диаметр 50 мм; верхнее предельное отклонение $es = -25 \text{ мкм}$, нижнее предельное отклонение $ei = -50 \text{ мкм}$.

Предельные размеры вала, мм:

$$d_{\max} = d + es = 50 + (-0,025) = 49,975;$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + (-0,05) = 49,950.$$

Допуск вала, мм:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 49,975 - 49,95 = 0,025.$$

Зазоры в посадке этих деталей, мм:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 49,95 = 0,075;$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 50 - 49,975 = 0,025.$$

Диапазон посадки с зазором, мм:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,075 - 0,025 = 0,05,$$

или

$$TS = TD + Td = 0,025 + 0,025 = 0,05.$$

Схема расположения интервалов допусков для этой посадки представлена на рис. 2.11, а.

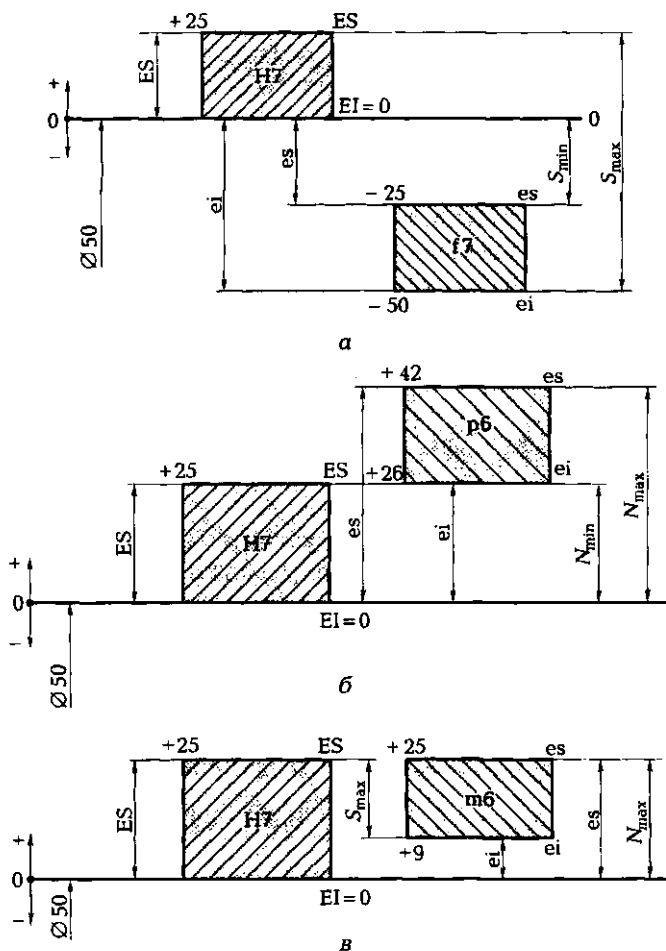


Рис. 2.11. Схемы расположения интервалов допусков:

а — посадка с зазором $\varnothing 50$ H7/f7; б — посадка с натягом $\varnothing 50$ H7/p7; в — переходная посадка $\varnothing 50$ H7/m6; ES, EI — верхнее и нижнее предельные отклонения отверстия; es, ei — верхнее и нижнее предельные отклонения вала; S_{max} , S_{min} — наибольший и наименьший предельные зазоры; N_{max} , N_{min} — наибольший и наименьший предельные натяги

Пример 2.2. Рассмотрим посадку с натягом $\varnothing 50$ H7/p6.

Отверстие имеет такие же предельные размеры и допуск, как в примере 2.1.

Вал имеет номинальный диаметр 50 мм; верхнее предельное отклонение $es = +42$ мкм, нижнее предельное отклонение $ei = +26$ мкм.

Предельные размеры вала, мм:

$$d_{\max} = d + es = 50 + 0,042 = 50,042;$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + 0,026 = 50,026.$$

Допуск вала, мм:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 50,042 - 50,026 = 0,016.$$

Натяг в посадке, мм:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 50,042 - 50 = 0,042;$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 50,026 - 50,025 = 0,001.$$

Диапазон посадки с натягом, мм:

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,042 - 0,001 = 0,041,$$

или

$$TN = TD + Td = 0,025 + 0,016 = 0,041.$$

Схема расположения интервалов допусков для этой посадки приведена на рис. 2.11, б.

Пример 2.3. Рассмотрим переходную посадку $\varnothing 50 \text{ H7/m6}$.

Отверстие имеет такие же предельные размеры и допуск, как в примере 2.1.

Вал имеет номинальный диаметр 50 мм, верхнее предельное отклонение $es = +25$ мкм, нижнее предельное отклонение $ei = +9$ мкм.

Предельные размеры вала, мм:

$$d_{\max} = d + es = 50 + 0,025 = 50,025;$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + 0,009 = 50,009.$$

Допуск вала, мм:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 50,009 = 0,016.$$

Зазор и натяг в посадке этих деталей, мм:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 50,009 = 0,016;$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 50,025 - 50 = 0,025.$$

Диапазон посадки:

$$TS(N) = TD + Td = 0,025 + 0,016 = 0,041.$$

Схема расположения интервалов допусков для этой посадки представлена на рис. 2.11, в.

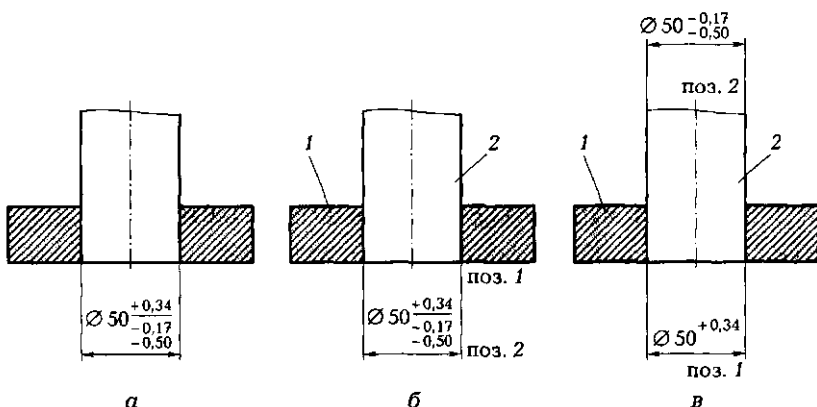


Рис. 2.12. Примеры нанесения числовых значений предельных отклонений на чертежах:

a — в виде дроби (в числителе — отклонения отверстия, в знаменателе — отклонения вала); *б, в* — с обозначениями позиций и пояснениями, к какой детали относятся отклонения; *1* — отверстие; *2* — вал

Предельные отклонения размеров деталей, находящихся в сопряжении (согласно ГОСТ 2.307 – 2011 «ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений»), записываются в виде дроби (рис. 2.12, *a*). В ее числителе указывают значения предельных отклонений отверстия, а в знаменателе — вала, например $\text{Ø}50 \frac{+0,34}{-0,17} / \frac{-0,17}{-0,34}$.

При нанесении числовых значений отклонений на сборочных чертежах в некоторых случаях допускаются надписи, поясняющие, к какой из деталей относятся эти отклонения (рис. 2.12, *б, в*).

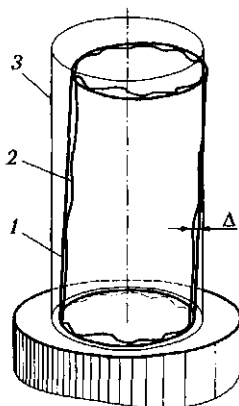
2.5. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПО ФОРМЕ И ВЗАИМНОМУ РАСПОЛОЖЕНИЮ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Точность геометрических параметров деталей характеризуется точностью не только размеров ее элементов, но и формы, ориентации, месторасположения и биения поверхностей. В результате обработки деталей и сборки изделий форма поверхностей деталей и их взаимное расположение отличаются от номинального, т. е. заданного чертежом.

Рассмотрим основные понятия в области нормирования точности деталей по форме, ориентации, месторасположению и биению поверхностей.

Рис. 2.13. Виды поверхностей детали:

1 — номинальная; 2 — реальная; 3 — прилегающая; Δ — отклонение формы



Отклонением формы Δ (рис. 2.13) называют отклонение реальной поверхности 2, ограничивающей тело, от номинальной 1.

Номинальные поверхности и их расположение — это идеальные поверхности, форма которых задана чертежом или другой технической документацией при проектировании, исходя из функционального назначения.

Реальная поверхность детали — это совокупность физически существующих геометрических элементов, которые отделяют всю деталь от окружающей среды. Реальные поверхности деталей получают в результате обработки.

Номинальное расположение поверхности определяется номинальными линейными и угловыми размерами, тогда как реальное — действительными размерами, т. е. размерами реальной детали.

База — поверхность, линия или точка детали, определяющая одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение взаимного расположения поверхностей.

Профиль поверхности — линия пересечения (или контур) поверхности с плоскостью или заданной поверхностью.

Для нормирования и количественной оценки отклонений формы и взаимного расположения поверхностей используют принцип прилегающих прямых, окружностей, поверхностей и профилей.

Прилегающая прямая — это прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, что расстояние от нее до наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение (рис. 2.14, а).

Прилегающая окружность — это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения детали (рис. 2.14, б), или окружность максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 2.14, в).

Прилегающий цилиндр представляет собой цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности,

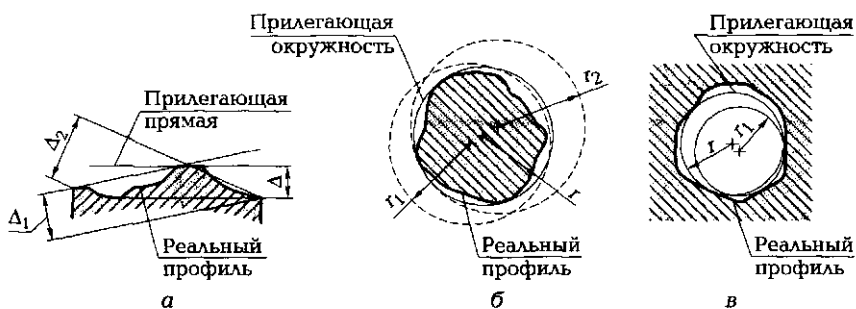


Рис. 2.14. Прилегающая прямая (а) и прилегающие окружности (б, в):

а — $\Delta < \Delta_1$, $\Delta < \Delta_2$; б — $r < r_1$, $r < r_2$; в — $r > r_1$; Δ_1 , Δ_2 — отклонения прилегающей прямой от реального профиля; Δ — разность между прилегающим и реальным профилем; r — радиус окружности реального профиля; r_1 , r_2 — радиусы окружностей прилегающего профиля

или цилиндр максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность (рис. 2.15).

Прилегающая плоскость — это плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение (рис. 2.16).

В практике оценки отклонений приняты следующие обозначения:

Δ — отклонение формы или расположения поверхностей;

T — допуск формы или расположения;

L — длина нормируемого участка.

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием Δ от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля).

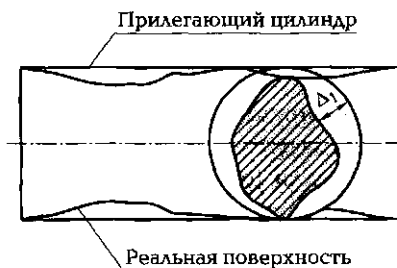
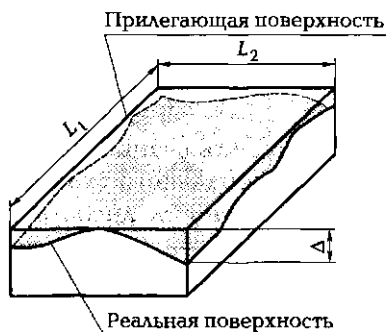


Рис. 2.15. Прилегающий цилиндр и отклонение Δ_1 от цилиндричности

Рис. 2.16. Прилегающая плоскость и отклонение Δ от плоскостности:

L_1 , L_2 — размеры нормируемого участка



Отклонения формы цилиндрических поверхностей. Рассмотрим основные виды таких отклонений.

Отклонение от круглости — комплексный показатель отклонений в плоскости поперечного сечения цилиндрической детали. Отклонением от круглости называют наибольшее расстояние $\Delta_{кр}$ от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 2.17, а). Допуск круглости T — наибольшее допустимое значение отклонения от круглости.

Частными видами отклонения от круглости являются овальность (рис. 2.17, б) и огранка (рис. 2.17, в).

Овальность — это отклонение от круглости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой фигуру, близкую по форме к овалу. Наибольший и наименьший диаметры этой фигуры взаимно-перпендикулярны (см. рис. 2.17, б).

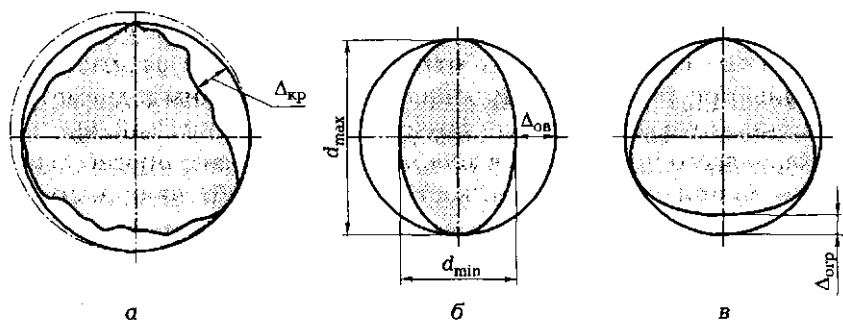


Рис. 2.17. Отклонения формы цилиндрических деталей в поперечном сечении от круглости:

а — в общем случае ($\Delta_{кр}$); б — овальность ($\Delta_{ов}$); в — огранка ($\Delta_{огр}$)

За значение овальности принимают полуразность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения:

$$\Delta_{\text{ов}} = (d_{\text{max}} - d_{\text{min}})/2.$$

Овальность возникает вследствие биения шпинделя токарного или шлифовального станка, неправильной формы поперечного сечения заготовки, дисбаланса детали и т. д.

О г р а н к а — это отклонение от круглости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой многогранную фигуру (см. рис. 2.17, в). Огранка количественно определяется так же, как и отклонение от круглости, — наибольшим отклонением $\Delta_{\text{огр}}$ точек реального профиля от прилегающей окружности.

Причиной появления огранки является изменение положения мгновенного центра вращения детали при обработке, например при бесцентровом шлифовании или резании, когда система станок — приспособление — инструмент — заготовка недостаточно жесткая.

Отклонение от цилиндричности — комплексный показатель формы цилиндрической детали. Отклонением от цилиндричности называют наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

Отклонение профиля продольного сечения — комплексный показатель формы деталей в плоскости продольного сечения. Конусообразность, бочкообразность, седлообразность, отклонение оси от прямолинейности (рис. 2.18) — частные виды отклонений профиля цилиндрических поверхностей в продольном сечении.

Конусообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (см. рис. 2.18, а). Конусообразность возникает при несовпадении осей шпинделя и пиноли задней бабки станка, отклонении от параллельности оси шпинделя направляющим станины, износе резца и т. д.

Бочкообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (см. рис. 2.18, б).

Чаще всего причиной бочкообразности является прогиб длинного вала при его малой жесткости в процессе обточки в центрах без люнета.

Седлообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (см. рис. 2.18, в). Причинами возникновения седлообразности являются несовпадение центров токарного станка в вертикальной плоскости и обработка толстых коротких валов в нежестких центрах.

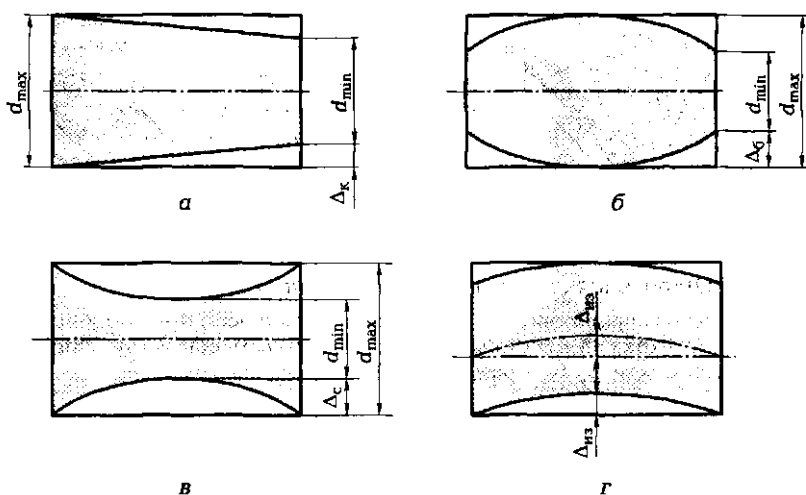


Рис. 2.18. Отклонения профиля цилиндрических деталей в продольном сечении:

а — конусообразность; *б* — бочкообразность; *в* — седлообразность; *г* — отклонение оси от прямолинейности; Δ_k — величина конусообразности, $\Delta_k = (d_{\max} - d_{\min})/2$; Δ_b , Δ_c — величины бочкообразности и седлообразности (определяются по той же формуле, что и Δ_k); $\Delta_{из}$ — изгиб оси; d_{\max} , d_{\min} — максимальный и минимальный диаметры детали

Количественно конусообразность, бочкообразность и седлообразность равны полуразности между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном и том же продольном сечении.

Зная частные показатели отклонений профиля, можно вносить коррективы в технологический процесс и устранять причины, вызывающие эти отклонения, так как любое из них снижает ресурс подвижных соединений и надежность неподвижных.

Отклонение оси от прямолинейности (см. рис. 2.18, *г*) наблюдается, как правило, вследствие действия неравномерно распределенных остаточных напряжений, возникающих после термообработки, наклепа и т.д.

Отклонения формы плоских поверхностей. Эти отклонения подразделяются на несколько видов.

Отклонение от плоскостности — комплексный показатель отклонений формы плоских поверхностей. Оно характеризуется совокупностью всех отклонений формы поверхности и численно равно наибольшему расстоянию Δ от реальной поверхности до прилегающей плоскости (рис. 2.19, *а*).

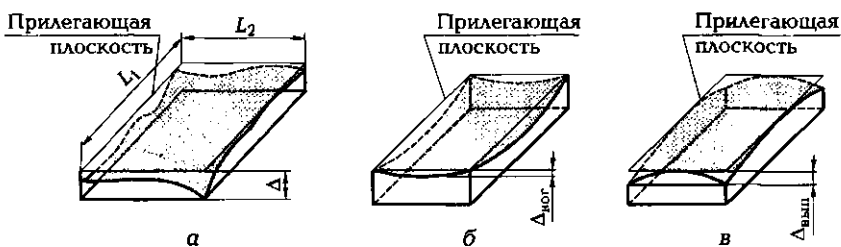


Рис. 2.19. Отклонения формы плоских поверхностей:

a — графическое определение отклонения от плоскостности; *б* — вогнутость; *в* — выпуклость; Δ — отклонение от плоскостности; $\Delta_{\text{вог}}$ — величина вогнутости; $\Delta_{\text{вып}}$ — величина выпуклости; L_1, L_2 — размеры нормируемого участка

Вогнутость (рис. 2.19, б) и выпуклость (рис. 2.19, в) — частные случаи отклонений формы плоских поверхностей.

Отклонение от прямолинейности в плоскости (рис. 2.20) — комплексный показатель отклонений профиля сечения плоских поверхностей, численно равный наибольшему расстоянию от реального профиля до прилегающей прямой.

Отклонение формы заданного профиля (поверхности) — наибольшее отклонение (рис. 2.21) точек реального профиля (поверхности) от номинального, определяемое по нормали к номинальному профилю (поверхности).

Все виды отклонений от правильной геометрической формы отрицательно сказываются на работе соединений. В подвижных соединениях отклонения формы приводят к уменьшению фактической площади контакта, увеличению удельных нагрузок, ухудшению условий смазывания и вследствие этого к значительному сокращению ресурса соединения из-за быстрого износа сопрягаемых поверхностей. В соединениях с натягом отклонения формы приводят к уменьшению реального натяга и как следствие к снижению надежности соединения. ГОСТ Р 53442—2015 (ИСО 1101:2012)

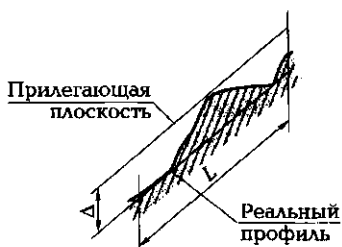
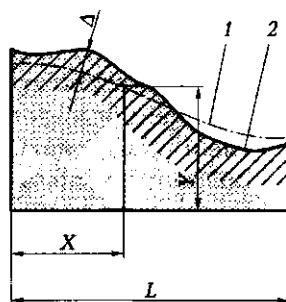


Рис. 2.20. Отклонение Δ от прямолинейности в плоскости:

L — размер нормируемого участка

Рис. 2.21. Отклонение формы заданного профиля:

1 — номинальный профиль; 2 — реальный профиль; Δ — отклонение формы заданного профиля; X, Y — номинальные значения координат; L — длина поверхности



«Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения» распространяется на нормирование геометрических характеристик изделий и устанавливает правила указания на чертежах и определения допусков формы, ориентации, месторасположения и биения.

Для каждого вида допусков формы или расположения (для которых предусмотрены степени точности) установлено 16 степеней точности.

Относительная геометрическая точность, которая характеризуется соотношением между допуском формы или расположения и допуском размера, следующая: А — нормальная — 60 %; В — повышенная — 40 %; С — высокая — 25 %.

Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням А, В и С относительной геометрической точности, составляют примерно 30, 20 и 12 % соответственно от допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера — отклонение диаметра поверхности.

Во всех остальных случаях, когда предельные отклонения формы не установлены, они должны быть ограничены допуском на размер.

Отклонения ориентации поверхностей (осей). Отклонение ориентации — это отклонение рассматриваемого элемента от его номинального расположения, определяемого номинальными линейными и угловыми размерами между ним и базами или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы.

Причинами возникновения отклонений ориентации поверхностей (осей) являются погрешности обработки деталей приспособлений, используемых для установки деталей, а также нарушение принципа единства баз при изготовлении деталей. Во время эксплуатации отклонения ориентации поверхностей в значительной

мере увеличиваются из-за неравномерного износа, пластических деформаций и старения металла корпусных деталей, сопровождающегося их короблением.

В зависимости от формы и назначения детали различают зависимые и независимые допуски ориентации поверхностей.

Значение зависимого допуска ориентации определяется не только заданным предельным отклонением ориентации, но и действительными отклонениями размеров рассматриваемых поверхностей.

Чтобы обеспечить собираемость деталей, назначают зависимые допуски. Значение независимого допуска определяется только заданным предельным отклонением ориентации и не зависит от предельных отклонений размеров рассматриваемых поверхностей.

К отклонениям Δ ориентации поверхностей (осей) относятся:

- отклонение от формы заданного профиля (см. рис. 2.21) безотносительно базы и относительно комплекта баз;
- отклонение от формы заданной поверхности безотносительно базы и относительно комплекта баз;
- отклонение наклона поверхности относительно базовой линии;
- отклонение от параллельности ($\Delta = A - B$) плоскостей (рис. 2.22, а), прямых в плоскости, осей поверхностей вращения, оси вращения и плоскости (рис. 2.22, б);
- отклонение от перпендикулярности плоскостей, осей или оси и плоскости ($\Delta = A_1 - A_2/L$) (рис. 2.22, в).

Отклонения месторасположения поверхностей (осей). К этим видам отклонений Δ относятся:

- отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности (рис. 2.22, г) и относительно общей оси (рис. 2.22, г);
- отклонение от концентричности;
- отклонение от симметричности плоскости симметрии (рис. 2.22, ж);
- позиционное отклонение (рис. 2.22, з);
- отклонение формы заданного профиля безотносительно базы и относительно комплекта баз;
- отклонение формы заданной поверхности безотносительно базы и относительно комплекта баз.

К отклонениям в виде биения (суммарным отклонениям формы и ориентации поверхностей) относятся:

- торцевое и радиальное биение (рис. 2.22, и, к) и биение в заданном направлении;
- полное торцевое и полное радиальное биение.

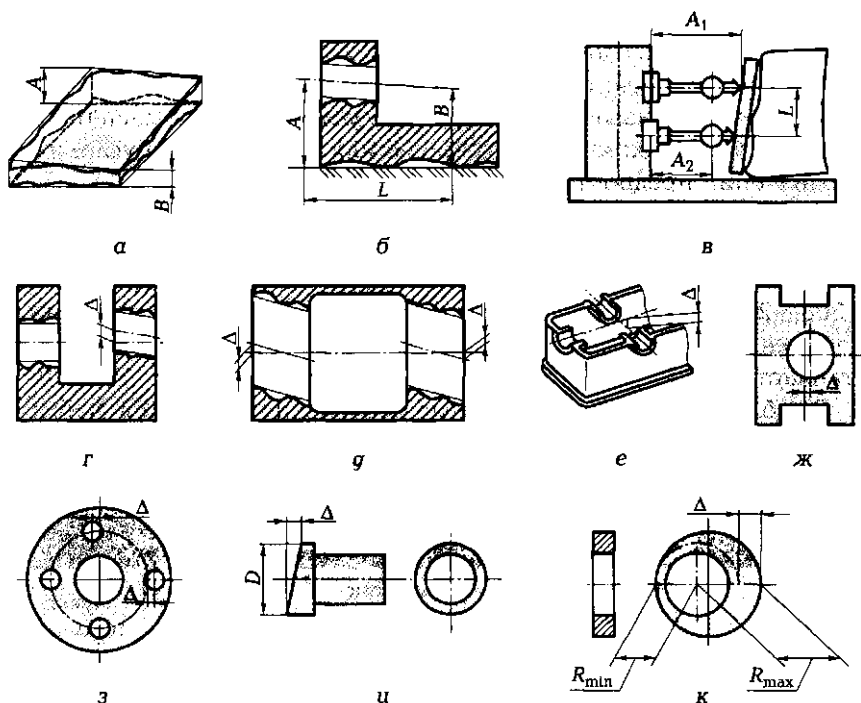


Рис. 2.22. Отклонения Δ расположения поверхностей (осей):

а, б — отклонение от параллельности; *в* — отклонение от перпендикулярности; *г, г* — отклонение от соосности; *е* — отклонение от пересечения осей; *ж* — отклонение от симметричности; *з* — позиционное; *и* — торцевое биение; *к* — радиальное биение; R_{\max} , R_{\min} — максимальный и минимальный радиусы биения; A , A_1 , A_2 , B , D , L — размеры

Отклонения ориентации, месторасположения и биения поверхностей от номинального чрезвычайно негативно сказываются на надежности и долговечности работы узлов, механизмов и машин в целом, вызывая в отдельных деталях и соединениях дополнительные статические и динамические нагрузки, что приводит к быстрому износу и усталостному разрушению деталей.

Классификация отклонений и допусков формы, ориентации, месторасположения и биения поверхностей, а также терминология приведены в ГОСТ Р 53442—2015 (ИСО 1101:2012) «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения». Знаки геометрических характеристик представлены в табл. 2.1.











Кроме основных знаков геометрических характеристик в стандарте установлены дополнительные знаки.

Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями или текстом в технических требованиях. Применение условных обозначений предпочтительно.

Правила указания допусков формы и расположения поверхностей в графических документах на изделия всех отраслей промышленности устанавливает межгосударственный стандарт ГОСТ 2.308—2011 «ЕСКД. Указания допусков формы и расположения поверхностей», введенный в действие в качестве национального стандарта РФ.

В табл. 2.1 приведены условные обозначения допусков формы, ориентации, месторасположения и биения.

Таблица 2.1. Условные знаки, используемые для обозначения допусков формы, ориентации, месторасположения и биения				
Группа допусков	Наименование геометрической характеристики	Знак геометрической характеристики	Необходимость указания базы	Пункт стандарта
Допуски формы	Прямолинейность	—	Нет	18.1
	Плоскостность		Нет	18.2
	Круглость		Нет	18.3
	Цилиндричность		Нет	18.4
	Форма заданного профиля		Нет	18.5
	Форма заданной поверхности		Нет	18.7
Допуски ориентации	Параллельность	//	Да	18.9
	Перпендикулярность		Да	18.10
	Наклон		Да	18.11

Группа допусков	Наименование геометрической характеристики	Знак геометрической характеристики	Необходимость указания базы	Пункт стандарта
	Форма заданного профиля		Да	18.6
	Форма заданной поверхности		Да	18.8
Допуски месторасположения	Позиционирование		Да или нет	18.12
	Концентричность (для точек)		Да	18.13
	Соосность (для осей)		Да	18.13
	Симметричность		Да	18.14
	Форма заданного профиля		Да	18.6
	Форма заданной поверхности		Да	18.8
Допуски биения	Биение		Да	18.15
	Полное биение		Да	18.16

Условные обозначения допусков помещают в прямоугольную рамку, разделенную на две или более части (рис. 2.23, а). В первой проставляют знак нормируемой геометрической характеристики (знак допуска), во второй — значение ширины поля допуска (числовое значение допуска) в миллиметрах, в третьей и последующих (если требуется) — буквенное обозначение базы, общей базы или комплекта баз, к которой относится это отклонение.

Примеры условных обозначений допусков формы и расположения на чертежах приведены в табл. 2.2.

Общий допуск формы, ориентации, местонахождения и биения — это допуск, указываемый на чертеже или в других техни-

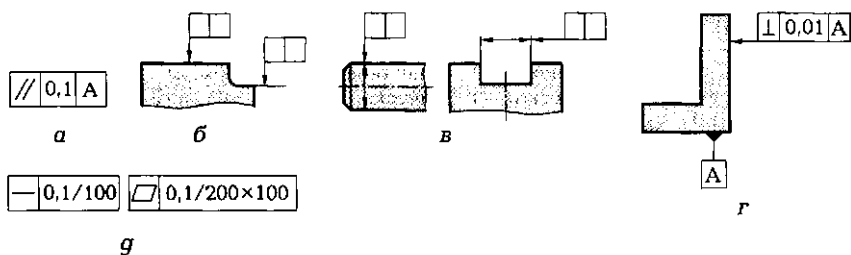


Рис. 2.23. Условные обозначения допусков формы, ориентации, месторасположения и биения на чертежах:

a — условный знак допуска ориентации; *б—г* — примеры применения знака; *г* — условный знак допуска формы

ческих документах общей записью и применяемый в тех случаях, когда допуск формы, ориентации, месторасположения и биения не указан индивидуально для соответствующего элемента детали.

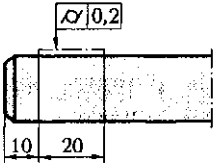
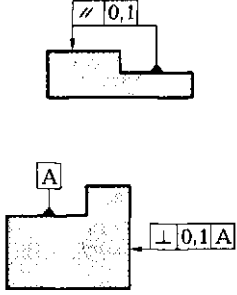
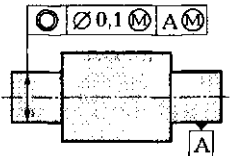
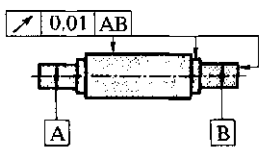
В качестве общих не устанавливаются следующие виды допусков: цилиндричности, профиля продольного сечения, наклона, пересечения осей, позиционные, полного радиального и торцового биения, формы заданного профиля и поверхности.

Общие допуски формы, ориентации, месторасположения и биения установлены по трем классам точности *H, K, L*.

Ссылка на общие допуски формы и расположения должна содержать: обозначение стандарта; класс точности общих допусков формы и расположения. Например: «Общие допуски формы и расположения — ГОСТ 30893.2—К» или «ГОСТ 30893.2—К».

Таблица 2.2. Примеры условных обозначений допусков формы, ориентации, месторасположения и биения

Элемент условного обозначения	Пример условного обозначения	Пояснение
Нормируемый участок		Допуск относится ко всей поверхности (длине) элемента.
		Допуск относится к любому участку поверхности (элемента), имеющему заданную длину (или площадь)

Элемент условного обозначения	Пример условного обозначения	Пояснение
		<p>Допуск относится к нормируемому участку, расположенному в определенном месте (участок обозначают штрихпунктирной линией и указывают размер)</p>
База		<p>Знак базы — зачерненный равнобедренный треугольник с высотой, равной размеру шрифта чисел.</p> <p>Если соединение рамки, имеющей обозначение допуска с базой, неудобно, то базу обозначают прописной буквой и указывают ее в третьем поле рамки допуска</p>
Зависимый допуск		<p>Числовое значение зависимого допуска связано с действительными размерами нормируемого и базового элементов</p>
Одинаковые условные обозначения, относящиеся к разным элементам		<p>Повторяющиеся допуски, обозначаемые одним и тем же условным знаком и имеющие одно и то же числовое значение</p>

2.6. ВОЛНИСТОСТЬ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхности деталей, обработанные различными методами (токарная обработка, шлифование, обработка методами пластического деформирования и др.), имеют микронеровности в продольном

и поперечном направлениях. Продольные неровности определяются в направлении главного рабочего движения при резании, а поперечные — в направлении, перпендикулярном к нему. Эти микронеровности, их форма, размеры и частота повторяемости зависят от вида режущего инструмента, метода и режимов обработки, материала детали, жесткости оборудования и частоты колебаний в системе станок — приспособление — инструмент — заготовка.

При оценке неровностей различают волнистость и шероховатость поверхности.

Волнистость — это совокупность периодически чередующихся возвышенностей и впадин, у которых расстояния между смежными возвышенностями или впадинами превышают базовую длину.

Нормируемыми параметрами волнистости являются ее высота и средний шаг (рис. 2.24).

Высота волнистости W_z — среднее арифметическое из пяти ее значений, определенных на длине L_w участка измерения, равной не менее пяти действительным наибольшим шагам волнистости:

$$W_z = \frac{1}{5}(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5).$$

Предельные значения волнистости W_z , мкм, необходимо выбирать из следующего ряда: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200.

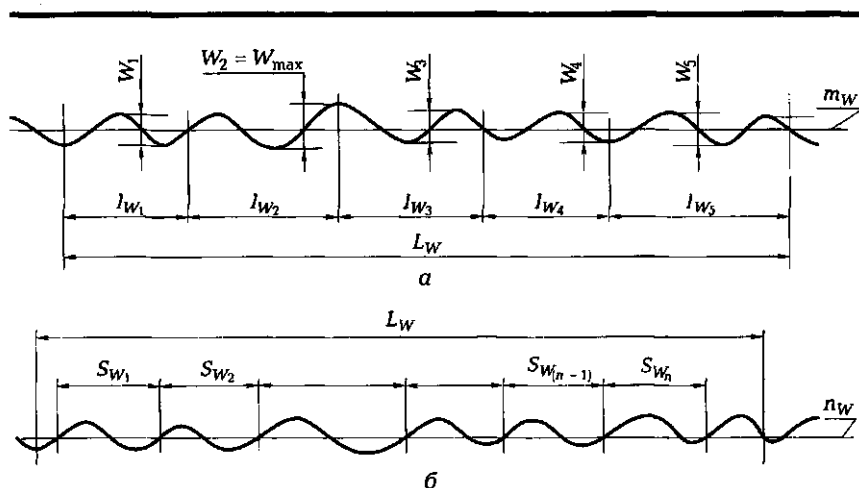


Рис. 2.24. Определение высоты (а) и шага (б) волнистости поверхности:

W_z — высота волнистости в отдельных точках; L_w — длина участка измерения; l_{wz} — одна пятая длины участка измерения; S_{wz} — шаг отдельной волны

Средний шаг волнистости S_W — среднее арифметическое значение расстояний S_{W_i} , между одноименными сторонами соседних волн, измеренных по средней линии профиля:

$$S_W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{W_i}$$

Граница между волнистостью и шероховатостью условна, так как при изменении базовой длины, которую назначают исходя из эксплуатационных соображений, числовые значения параметров волнистости и шероховатости также будут изменяться.

Высота и шаг волнистости в основном зависят от способа механической обработки деталей (табл. 2.3) и состояния оборудования.

В качестве критерия различия между волнистостью, шероховатостью и отклонением формы поверхности чаще всего используют отношение среднего шага к высоте: условие $\frac{S_W}{W_z} < 40$ соответствует

шероховатости, $40 \leq \frac{S_W}{W_z} \leq 1000$ — волнистости; $\frac{S_W}{W_z} > 1000$ — отклонению формы.

Шероховатость поверхности — это совокупность неровностей профиля поверхности с относительно малыми шагами в пределах базовой длины.

Стандартом ГОСТ 25142—82 «Шероховатость поверхности. Термины и определения» предусмотрен ряд параметров для количественной оценки шероховатости, причем отсчет значений ведется от единой базы, за которую принята средняя линия m профиля (рис. 2.25). Систему отсчета шероховатости от средней линии профиля называют системой средней линии.

Таблица 2.3. Параметры продольной волнистости при некоторых видах механической обработки

Вид механической обработки	Высота волнистости, мм	Шаг волнистости, мм
Плоское шлифование	1,1...3,8	1,1...4,8
Строгание	1,0...2,5	1,3...4,0
Точение	1,0...10,7	1,4...9,0
Скоростное фрезерование	1,4...6,0	1,6...5,2
Притирка	0,75...2,0	0,6...0,8

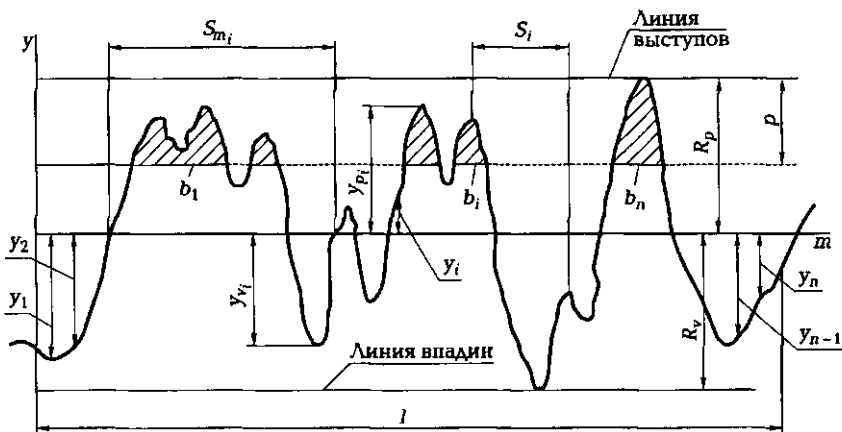


Рис. 2.25. Профилограмма и основные параметры шероховатости поверхности:

y_i — отклонения профиля; S_i — шаг неровностей профиля по вершинам; S_{m_i} — шаг неровностей профиля по средней линии; R_p — наибольшая высота выступов; R_v — наибольшая глубина впадин; l — базовая длина; b_i — длина отрезков, отсекаемых на заданном уровне p

Базовая длина l — длина участка поверхности, выбираемая для измерения шероховатости без учета других видов неровностей, имеющих шаг более l . Базовая длина выбирается из следующего ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм. При увеличении размеров неровностей базовая длина должна возрастать.

Количественную оценку шероховатости проводят по следующим основным параметрам:

- Ra — среднее арифметическое отклонение профиля;
- Rz — высота неровностей профиля по десяти точкам;
- R_{max} — наибольшая высота неровностей профиля;
- S_m — средний шаг неровностей;
- S — средний шаг неровностей по вершинам;
- t_p — относительная опорная длина профиля (p — уровень сечения профиля).

Параметр Ra характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля, Rz — среднюю высоту наибольших неровностей, а R_{max} — наибольшую высоту профиля. Шаговые параметры S_m , S и t_p введены для учета формы и взаимного расположения характерных точек неровностей. Значения параметров шероховатости Ra , Rz , R_{max} , S_m и S нормализованы и приведены в ГОСТ 2789–73 «Шероховатость

поверхности. Параметры и характеристики». Параметр Ra является предпочтительным.

Относительная опорная длина профиля t_p характеризует фактическую опорную площадь, от которой в значительной степени зависит износостойкость подвижных соединений, прочность посадок с натягом и величина пластической деформации поверхностей при их контакте.

На шероховатость поверхности существенно влияют способ, режимы и условия обработки. Шероховатость и точность обработки, оцениваемая качеством, являются взаимосвязанными параметрами.

В табл. 2.4 приведены значения параметра Ra , экономическая и достижимая точность для некоторых видов обработки деталей резанием. Здесь под экономической точностью понимают точность, оптимальную с экономической точки зрения, которая может быть обеспечена тем или иным видом обработки. Достижимая точность — это наиболее высокая точность, которая может быть получена с помощью данного вида обработки.

При выборе параметров шероховатости поверхности для их нормирования необходимо исходить из функционального назначения и конструктивных особенностей каждой поверхности и детали в целом, а также условий эксплуатации рассматриваемой поверхности. Этот выбор должен быть обоснованным и оптимальным.

На чертежах шероховатость поверхности обозначают в соответствии с ГОСТ 2.309—73 «ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей» (с изменениями 1, 2, 3) для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей детали независимо от метода их образования.

Структура условного обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 2.26, а.

Для обозначения шероховатости **без указания параметра и способа обработки** поверхности применяют знак, показанный на рис. 2.26, б, причем этот знак является предпочтительным.

Для обозначения шероховатости поверхности, **образуемой путем удаления слоя материала** (например, точением), но без указания параметра, применяют знак, показанный на рис. 2.26, в.

Для обозначения шероховатости поверхности, **образуемой без снятия слоя материала** (например, литьем, ковкой, штамповкой), или при сохранении шероховатости поверхности в состоянии поставки применяют знак, показанный на рис. 2.26, г.

Таблица 2.4. Шероховатость поверхности и качества точности при разных методах обработки деталей резанием

Вид обработки	Значения параметра R_a , мкм	Экономическая точность (качества)	Достижимая точность (качества)
Отрезка: резцом фрезой абразивом	25...100	14...17	—
	25...50	14...17	—
	3,2...6,3	12...15	—
Строгание: черновое чистовое тонкое	12,5...25	12...14	—
	3,2...6,8	10...13	—
	0,8...1,6	8...10	7
Фрезерование цилиндрической фрезой: черновое чистовое тонкое	25...50	11...14	—
	3,2...6,3	10...11	—
	1,6	8...9	6...7
Обтачивание: обдирочное получистовое чистовое	25...100	15...17	—
	6,3...12,5	12...14	—
	0,8...3,2	7...9	6
Растачивание: черновое получистовое чистовое тонкое (алмазное)	50...100	15...17	—
	12,5...25	12...14	—
	0,8...3,2	8...9	7
	0,2...0,8	7	6
Шлифование круглое: получистовое чистовое тонкое	3,2...6,3	8...11	—
	0,8...1,6	6...8	6
	0,1...0,4	5	Свыше 5
Полирование: обычное тонкое	0,2...1,6	6	—
	0,05...0,1	5	—

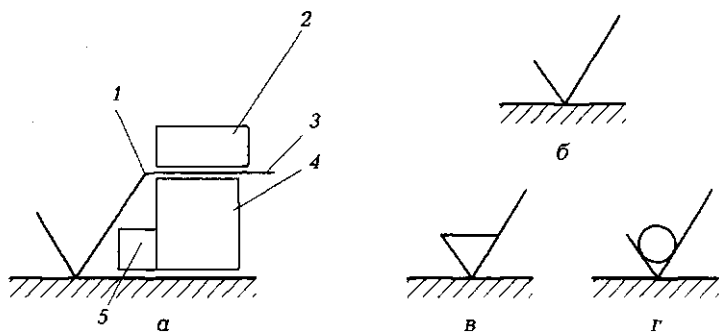


Рис. 2.26. Условное обозначение шероховатости поверхности на чертежах: а — структура условного обозначения: 1 — знак; 2 — указание способа обработки и (или) другие дополнительные указания; 3 — полка знака; 4 — указание базовой длины, значение которой отличается от стандартной; 5 — условное обозначение направления неровностей; б—г — упрощенные знаки

Значения параметров шероховатости указывают под знаком с буквенным обозначением и числовым значением (рис. 2.27, а). При указании нескольких параметров сверху ставят обозначение высоты неровностей профиля, ниже — параметр шага и еще ниже — обозначение относительной опорной длины профиля. Вид обработки указывают над полкой знака (рис. 2.27, б).

В некоторых случаях устанавливают требования к направлению неровностей и виду обработки (если он является единственным

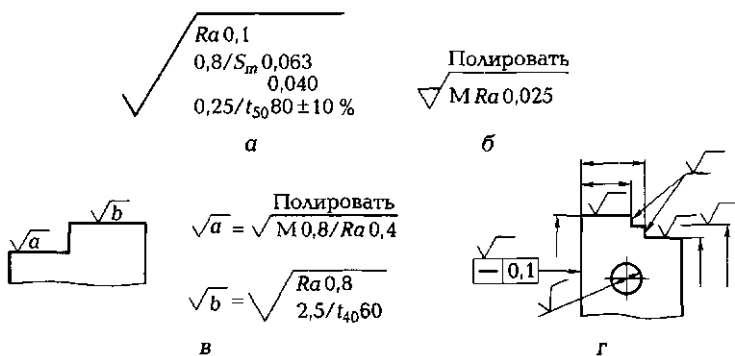


Рис. 2.27. Нанесение условных обозначений шероховатости поверхности на чертежах:

а — указываемые параметры профиля; б — обозначение вида обработки; в — упрощенное обозначение шероховатости поверхности; г — способы размещения знаков

или предпочтительным для обеспечения необходимого качества поверхности). Эти параметры проставляют в соответствующем поле 2 условного обозначения (см. рис. 2.26, а), вид обработки обозначают надписью, а направление неровностей — условным знаком в поле 5. Условные обозначения направления неровностей указывают на чертежах, используя один из знаков, приведенных в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Обозначение направления неровностей

Направление неровностей	Схема расположения	Условное обозначение
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		
Точечное		

Если необходимо ограничить не только максимальное, но и минимальное значение параметра, предельные значения располагают одно над другим: выше — максимальное, ниже — минимальное:

Ra 1,00
0,63

S_m 0,063
0,040

R_{max} 0,80
0,32

Кроме номинального значения параметра, могут быть указаны предельные отклонения в процентах, например $Ra 1 \pm 30\%$; $t_{50} 70 \pm$

$\pm 10\%$ и т. д. Допускается упрощенное обозначение шероховатости поверхности при помощи строчных букв русского алфавита с разъяснением его в технических условиях (рис. 2.27, в).

Шероховатость поверхностей зубьев колес и эвольвентных шлицов указывают на делительной окружности, если на чертежах не приводится их профиль. Волнистость и шероховатость поверхностей оказывают значительное влияние на долговечность подвижных и надежность неподвижных соединений.

В подвижных соединениях в начальный период работы из-за наличия волнистости и шероховатости фактическая площадь контакта сопрягаемых поверхностей может уменьшаться в 3—5 раз по сравнению с номинальной. В результате происходят упругая и пластическая деформации сжатия и сдвига вершин неровностей, приводящие к интенсивному изнашиванию контактирующих поверхностей в период приработки, а в некоторых случаях — к схватыванию трущихся поверхностей (катастрофическому износу).

Эти процессы сопровождаются значительным повышением температуры, что в соединениях типа «подшипник скольжения» вызывает выплавление антифрикционного слоя и разрушение подшипника. Если такого аварийного разрушения сопрягаемых поверхностей не происходит, то все равно наблюдаются ускоренный износ поверхностей и значительное увеличение зазора в сопряжении. Этот процесс продолжается до тех пор, пока высота, форма и направление неровностей не достигнут определенного значения. Такую шероховатость называют *оптимальной* для данных условий эксплуатации (давление, скорость, условия смазки и т. д.). Если размеры неровностей поверхности после обработки будут меньше оптимальных, то через определенный промежуток времени высота и форма микронеровностей опять приблизятся к оптимальным значениям. Чем существеннее первоначальная шероховатость отличается от оптимальной, тем больше изнашивается поверхность в период приработки и значительнее сокращается ресурс соединения. В неподвижных соединениях шероховатость поверхностей деталей влияет на их надежность. При напрессовке деталей соединений с натягом происходит частичное сглаживание неровностей, при этом изменяется натяг, и в собранном соединении он будет меньше расчетного, что приведет к снижению прочности соединения. С уменьшением высоты неровностей это влияние будет ослабляться.

Шероховатость поверхности влияет также на усталостную прочность деталей, так как неровности являются концентраторами напряжений. Поэтому детали, работающие в циклических условиях,

а тем более при знакопеременных нагрузках, не должны иметь грубо обработанных поверхностей с большими неровностями.

Впадины неровностей являются резервуарами, в которых скапливается вода и другие жидкости, поэтому поверхности с большими неровностями более подвержены коррозии. В местах уплотнений, где требуется герметичность, большая высота неровностей недопустима. Как правило, чем меньше допуск на обработку, тем более жесткие требования предъявляют к параметрам шероховатости поверхности. В то же время прямой зависимости между допуском и параметрами шероховатости нет.

При назначении параметра шероховатости Ra можно ориентироваться на наибольшие допустимые значения этого параметра в зависимости от допуска на размер (T) и допуска формы (T_s):

T_s	0,6T	0,4T	0,25T	0,025T
Ra	0,05T	0,025T	0,012T	0,015T _s

На практике при большом допуске на размер иногда назначают шероховатость с минимальной высотой неровностей для придания декоративного вида поверхности или в целях повышения ее коррозионной стойкости. При незначительных допусках на размер добиваются шероховатости со сравнительно большими неровностями, что позволяет лучше удерживать смазочный материал (например, поверхности поршней, направляющих станков, различных салазок). При выборе параметров шероховатости поверхности для их нормирования необходимо исходить из функционального назначения и конструктивных особенностей каждой поверхности и детали в целом, условий эксплуатации рассматриваемой поверхности. Этот выбор должен быть обоснованным и оптимальным.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляют собой вал и отверстие?
2. Что означает термин «взаимозаменяемость» и какие виды взаимозаменяемости возможны в технике?
3. Приведите определение точности. Как она оценивается?
4. Каковы особенности номинального, действительного и предельных размеров?
5. Что характеризует посадка?
6. Что называется отклонением формы?
7. Какие отклонения формы цилиндрических поверхностей предусмотрены стандартом?
8. Что представляют собой шероховатость и волнистость поверхности? Как обозначают шероховатость поверхности на чертежах?

СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

3.1. ЕДИНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Системой допусков и посадок (СДП) называют совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей. Она обеспечивает возможность стандартизации режущего инструмента и калибров, облегчает конструирование, производство и достижение взаимозаменяемости изделий и их частей, а также предопределяет их качество.

В настоящее время большинство стран мира применяет систему допусков и посадок ИСО, созданную для унификации национальных СДП в целях обеспечения международных технических связей в различных отраслях промышленности. Включение международных рекомендаций в национальные стандарты создает условия для обеспечения взаимозаменяемости однотипных деталей, составных частей и изделий, изготовленных в разных странах.

Система допусков и посадок охватывает допуски на размеры гладких элементов деталей и на посадки, которые образуются при их соединении. Принятые нормы взаимозаменяемости включают в себя также СДП резьбовых деталей, конусов и т. д.

Система допусков и посадок ИСО и национальные СДП построены по единым принципам и характеризуются следующими признаками.

Стандарты предусматривают две равноправные системы посадок: систему отверстия и систему вала.

Посадки в системе отверстия (рис. 3.1, а) — посадки, в которых различные зазоры и натяги образуются в результате соединения разных валов с основным отверстием, у которого $EI = 0$.

Посадки в системе вала (рис. 3.1, б) — посадки, в которых различные зазоры и натяги образуются в результате соединения разных отверстий с основным валом, у которого $es = 0$.

Такую систему допусков принято называть односторонней предельной. Выбор системы посадки (отверстия или вала) осуществляют исходя из конструктивных, технологических и экономических соображений.

Преимущественное распространение получила система отверстия. Это связано с тем, что отверстия обрабатывают дорогостоящим режущим инструментом (сверло, протяжка, зенкер, развертка и т.д.), предназначенным только для одного размера с определенным интервалом допуска. Вал независимо от размера обычно обрабатывают одним и тем же инструментом (резец, шлифовальный круг). Таким образом, число типоразмеров инструмента для обработки отверстий будет значительно меньше в случае назначения посадки в системе отверстия.

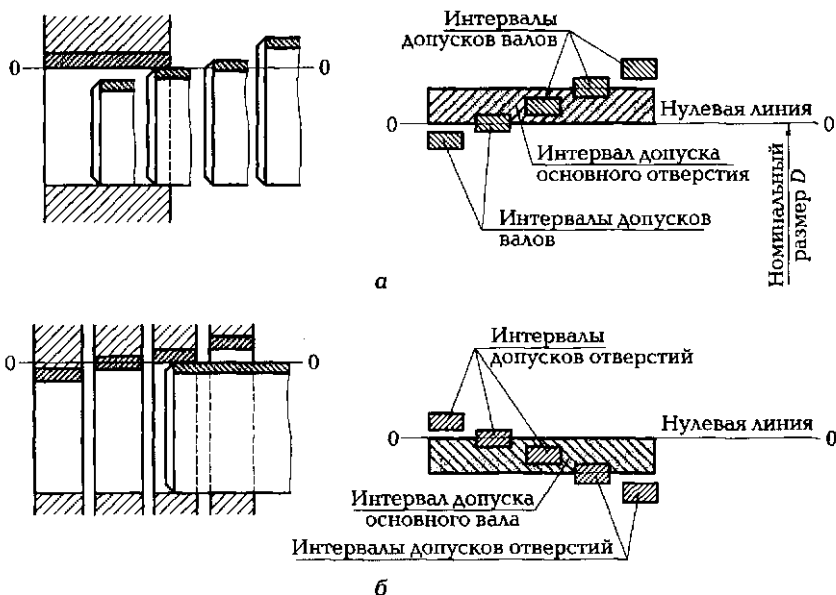


Рис. 3.1. Примеры расположения интервалов допусков для посадок в системе отверстия (а) и в системе вала (б)

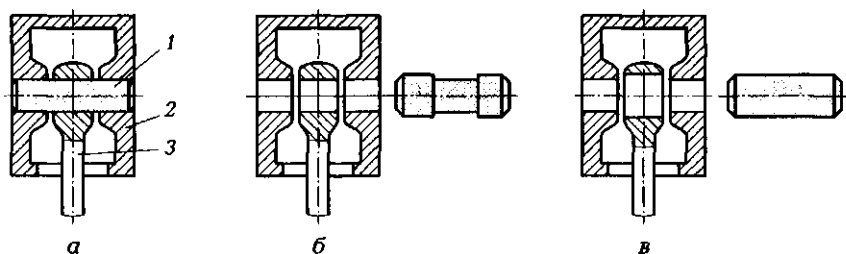


Рис. 3.2. Соединение поршневого пальца с поршнем и шатуном двигателя автомобиля:

а — общий вид соединения; 1 — поршневой палец; 2 — поршень; 3 — шатун; *б* — соединение в системе отверстия; *в* — соединение в системе вала

В некоторых случаях по конструктивным соображениям применяется система вала (например, на одном валу необходимо чередовать соединения нескольких отверстий одного номинального размера с различными посадками). На рис. 3.2, *а* представлено соединение поршневого пальца 1 с поршнем 2 и шатуном 3. Для нормальной работы этого узла соединение поршня и пальца должно быть выполнено по неподвижной посадке, а шатуна с пальцем — по подвижной. Назначение посадок в системе отверстия (рис. 3.2, *б*) привело бы к неудобствам при обработке ступенчатого пальца, и, главное, — к порче отверстия шатуна при сборке. При назначении посадок в системе вала (рис. 3.2, *в*) эти недостатки исключаются. Система вала также применяется в тех случаях, когда детали типа валиков или осей изготавливаются из калиброванных холоднотянутых прутков, дополнительная механическая обработка которых не предусматривается. И наконец, посадка в системе вала назначается в тех случаях, когда вал является стандартной деталью (штифт, шплинт, шпонка и т. д.).

При выборе системы посадок учитывается наличие стандартных деталей и их составных частей. Например, соединение внутреннего кольца подшипника качения с валом осуществляется по системе отверстия, а наружного кольца с корпусом — по системе вала.

Необходимо также знать, что возможно назначение и внесистемных посадок, образованных сочетанием стандартных полей допусков и иногда называемых комбинированными.

Для учета специфики конструирования и технологии изготовления деталей, их измерения и контроля, условий эксплуатации узлов и механизмов, удобства практического использования стандартных значений предельных отклонений и допусков, все размеры разби-

ваются на диапазоны и интервалы. Наиболее распространенные **диапазоны номинальных размеров** таковы:

- свыше 0 до 1 мм включительно;
- свыше 1 до 500 мм;
- свыше 500 до 3 150 мм;
- свыше 3 150 до 10 000 мм.

Детали, размеры которых входят в каждый из этих диапазонов, имеют свои особенности при проектировании, обработке и контроле. Так, размеры, входящие в диапазон свыше 0 до 1 мм, наиболее часто реализуются в микроэлектронике с использованием нанотехнологий, размеры свыше 1 до 500 мм — в машиностроении, а размеры свыше 500 мм — в станкостроении и тяжелом машиностроении.

Согласно ГОСТ 25346—2013, ГОСТ 25347—82 и ГОСТ 25348—82 в системе СДП и ИСО установлены допуски и посадки для размеров менее 1 и до 500 мм, свыше 500 и до 3 150 мм, а в СДП, кроме того, для размеров свыше 3 150 до 10 000 мм; поля допусков для размеров менее 1 мм выделены отдельно.

Каждый диапазон размеров разбивается на **интервалы** — основные и промежуточные. В пределах любого интервала основные отклонения и допуски неизменны. Основные интервалы используются для определения всех допусков системы. В СДП для номинальных размеров свыше 1 до 500 мм предусмотрены 13 основных интервалов размеров. Для полей допусков, образующих посадки с большими зазорами или натягами, введены дополнительные промежуточные интервалы, что позволяет уменьшить вариации зазоров и натягов и делает посадки более определенными. Некоторые интервалы номинальных размеров до 120 мм приведены в табл. 3.1.

Единица допуска применяется в системе допусков для отражения влияния технологических, конструктивных и метрологических факторов и выражает зависимость допуска от номинального размера. На основании исследований точности механической обработки установлена следующая зависимость единиц допуска для размеров до 500 мм:

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

где D — среднее геометрическое значение крайних размеров в каждом интервале, мм.

Некоторые значения единицы допуска для основных интервалов размеров приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.1. Интервалы номинальных размеров, мм

Основные интервалы		Промежуточные интервалы	
Свыше	До	Свыше	До
—	3	—	—
3	6	—	—
6	10	—	—
10	18	10	14
		14	18
18	30	18	24
		24	30
30	50	30	40
		40	50
50	80	50	65
		65	80
80	120	80	100
		100	120

Таблица 3.2. Значения единицы допуска для интервалов размеров

Интервал размеров, мм		Единица допуска i , мкм
Свыше	До	
—	3	0,63
3	6	0,83
6	10	1,00
10	18	1,21
18	30	1,44
30	50	1,71
50	80	1,90
80	120	2,20

Так как зависимость между допуском и номинальным размером установлена, можно было бы определять допуск для любого размера в заданном диапазоне. Однако в этом нет необходимости, поскольку при небольших отличиях номинальных размеров допуски на них будут отличаться незначительно. Технологическая трудность

изготовления деталей в определенном диапазоне размеров будет одинаковой, причем этот диапазон тем уже, чем меньше размеры. С увеличением размеров диапазон расширяется.

Детали разного назначения в различных машинах и механизмах должны быть изготовлены с неодинаковой точностью. Нормирование требуемых уровней точности осуществляется с помощью квалитетов. **Квалитет** — это группа допусков на линейные размеры, характеризующаяся общим обозначением. Каждый конкретный квалитет соответствует одному уровню точности для любых номинальных размеров.

В СДП установлены 20 квалитетов. Их условные обозначения — IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, ..., IT16, IT17 и IT18. Наиболее точные квалитеты — IT01 и IT0, а наиболее грубые — IT17 и IT18.

Значение допуска в каждом квалитете характеризуется постоянным коэффициентом k , который называется **числом единиц допуска**. Это число определяется квалитетом и не зависит от номинального размера:

Квалитет	k	Квалитет	k
IT5.....	7	IT12.....	160
IT6.....	10	IT13.....	250
IT7.....	16	IT14.....	400
IT8.....	25	IT15.....	640
IT9.....	40	IT16.....	1 000
IT10.....	64	IT17.....	1 600
IT11.....	100	IT18.....	2 500

Допуск для любого квалитета

$$T = ki.$$

Число единиц допуска, а следовательно, и допуски на размеры увеличиваются при переходе от одного квалитета к другому по геометрической прогрессии со знаменателем 1,6. Через каждые 5 квалитетов, начиная с 6-го, допуски увеличиваются в 10 раз.

Строгого разграничения областей применения различных квалитетов не предусмотрено, но преимущественно используются следующие квалитеты:

- для концевых мер длины — IT01 — IT1;
- калибров и особо точных изделий — IT2 — IT5;
- сопряжений — IT6 — IT12 (в машиностроении для окончательной обработки наиболее широко распространены квалитеты IT6 и IT7);
- наиболее распространенных свободных размеров — IT13 — IT18.

Такая система построения рядов допусков позволяет по известным номинальному размеру и допуску определить качество.

Например, шейка коленчатого вала шлифуется под размер $85_{-0,034}^{-0,012}$ мм. Допуск составляет 22 мкм, а единица допуска для диаметра 85 мм равна 2,20. Определим число единиц допуска:

$$k = IT/i = 22/2,20 = 10,$$

что соответствует качеству IT6.

Стандарты системы СДП содержат числовые значения допусков в виде таблиц. Эти данные позволяют применять СДП, не прибегая к формулам и правилам, по которым они определены.

Допуски и отклонения, установленные стандартами, относятся к деталям, размеры которых определены при **нормальной температуре**. В большинстве стран мира за нормальную принята температура 20 °С. Она близка к температуре рабочих помещений машино- и приборостроительных заводов. Градуировку и аттестацию всех линейных и угловых мер и измерительных приборов, а также точные измерения необходимо выполнять при нормальной температуре. Температура детали и измерительного средства в момент контроля должна быть одинаковой. Отклонения от нормальной температуры не должны превышать допустимых значений, установленных ГОСТ 8.050—73 «ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений».

3.2. ПОСАДКИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Гладкие цилиндрические соединения по назначению подразделяют на подвижные и неподвижные.

Основное требование, предъявляемое к ответственным подвижным соединениям, — создание между валом и отверстием наименьшего гарантированного зазора, а для прецизионных соединений, кроме того, — точное центрирование и равномерное вращение вала.

Основное требование, предъявляемое к неподвижным соединениям (разъемным и неразъемным), — обеспечение точного центрирования деталей и передача в процессе длительной эксплуатации заданного вращающего момента или осевой силы благодаря гарантированному натягу или дополнительному креплению деталей шпонками, стопорными винтами и т. д.

Обеспечение наибольшей долговечности — общее требование ко всем соединениям деталей машин и приборов.

Чтобы обеспечить минимально необходимое, но достаточное число посадок в соответствии с эксплуатационными требованиями, разработана СДП.

В нашей стране действует единая СДП (ЕСДП), разработанная в соответствии с рекомендациями ИСО и оформленная в виде стандартов, основными из которых являются ГОСТ 25346—2013 и ГОСТ 25347—82.

Для образования посадок с различными зазорами и натягами в системе ИСО и СДП для размеров до 500 мм предусмотрены 27 вариантов основных отклонений валов и отверстий (рис. 3.3).

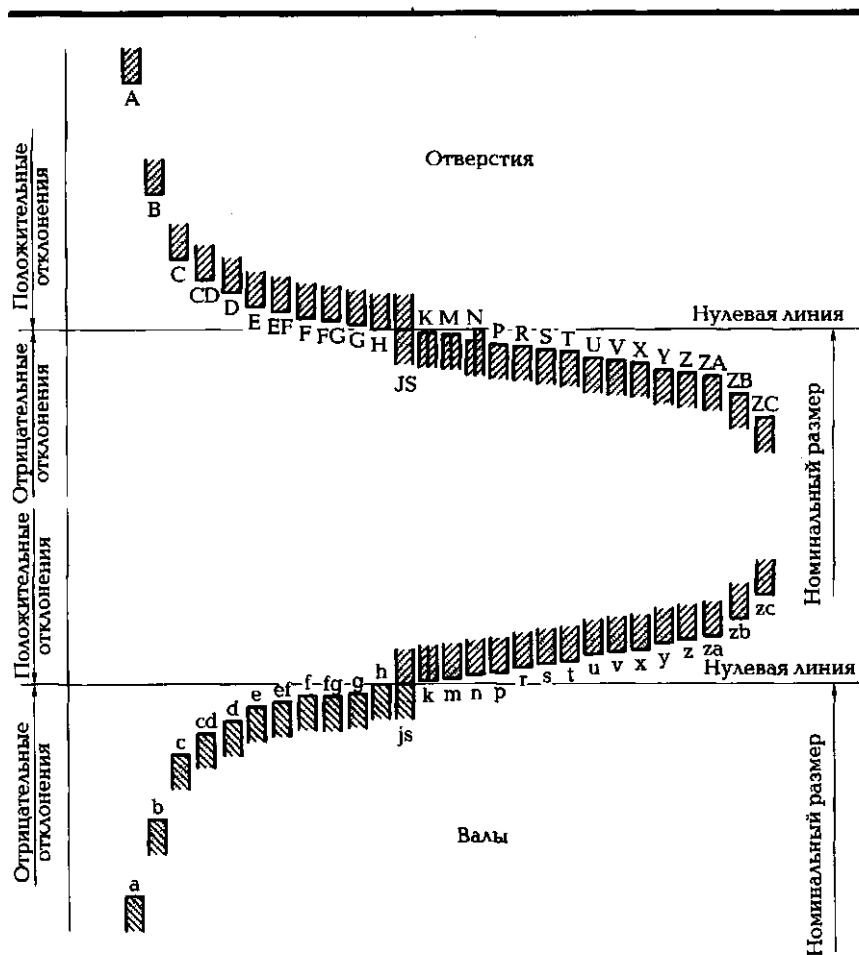


Рис. 3.3. Схема основных отклонений отверстий и валов

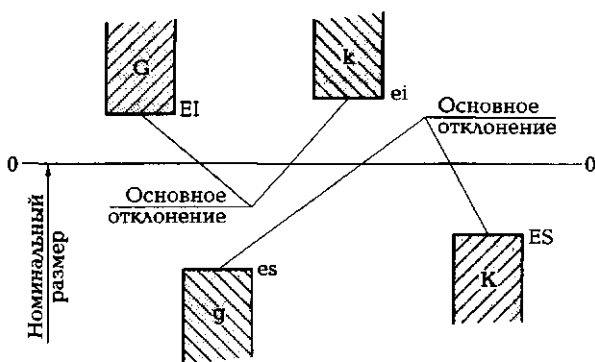


Рис. 3.4. Схема определения основных отклонений

Основное отклонение — это одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения интервала допуска относительно нулевой линии (линии номинального размера). Таковым является отклонение, ближайшее к нулевой линии (рис. 3.4).

Основные отклонения отверстий обозначают прописными буквами латинского алфавита, валов — строчными; основное отверстие обозначают буквой H, а основной вал — буквой h.

Отклонения A—H (a—h) предназначены для образования интервалов допусков в посадках с зазорами; отклонения JS—N (js—n) — в переходных посадках; отклонения P—ZC (p—zc) — в посадках с натягом.

Каждая буква обозначает ряд основных отклонений, значение которых зависит от номинального размера.

Основные отклонения для валов определяются по эмпирическим формулам, а для отверстий — по следующему правилу:

$EI = -es$ — для основных отклонений A—H;

$ES = -ei$ — для основных отклонений P—ZC.

Данное правило формулируется следующим образом: основное отклонение отверстия должно быть симметрично относительно нулевой линии основному отклонению вала, обозначенному той же (но строчной) буквой.

Из этого правила сделаны исключения для отверстий диаметром более 3 мм с отклонениями JS—N до 8-го качества точности и отклонениями P—ZC до 7-го качества точности включительно. Для них установлено специальное правило:

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

где Δ — разность между допуском рассматриваемого качества и допуском ближайшего точного качества, $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$.

Для валов с отклонениями js и отверстий с отклонениями JS основных отклонений не установлено. Оба предельных отклонения определяют исходя исключительно из допуска IT соответствующего качества. Для js и JS поле допуска симметрично относительно нулевой линии, а предельные отклонения равны по значениям и противоположны по знакам: $ES (es) = +IT/2$; $EI (ei) = -IT/2$ (рис. 3.5).

Значения основных отклонений валов и отверстий приведены в таблицах ГОСТ 25346—2013.

Интервал допуска образуется сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из классов. В соответствии с этим правилом интервал допуска обозначают буквой (иногда двумя) основным отклонением и номером качества, например: для вала — h6, d11, f9, а для отверстия — H6, D10, Js10.

ГОСТ 25346—2013 вводит понятие **класса допуска** — это сочетание основного отклонения и качества. В системе допусков ИСО и СДП на линейные размеры класс допуска указывают комбинацией символов, состоящей из обозначения основного отклонения и следующего за ним номера качества (например, D10, h9 и т.д.).

В принципе допускаются любые сочетания основных отклонений и классов, что обеспечивает широкий выбор различных интервалов допусков.

Интервал допуска ограничен горизонтальной линией, определяемой основным отклонением (рис. 3.6, а). Второе предельное отклонение, ограничивающее данный интервал допуска, можно

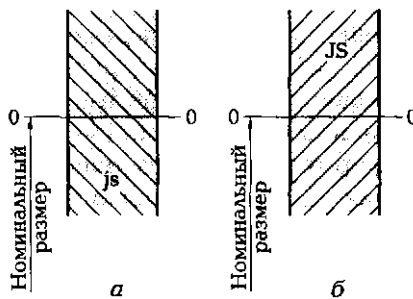


Рис. 3.5. Расположение интервалов допусков, не имеющих основных отклонений:

а — для валов; б — для отверстий

Рис. 3.6. Определение предельных отклонений отверстия (а) и вала (б)

определить по основному отклонению и допуску принятого качества (рис. 3.6, б). Если основным отклонением является верхнее, то нижнее отклонение для вала

$$ei = es - IT;$$

для отверстия

$$EI = ES - IT.$$

Если основное отклонение нижнее, то верхнее отклонение для вала

$$es = ei + IT;$$

для отверстия

$$ES = EI + IT$$

(отклонения ei , es , EI и ES берут с учетом знака).

Для повышения уровня унификации изделий, сокращения номенклатуры режущих инструментов и калибров, создания благоприятных условий для кооперирования и организации централизованного производства стандартного режущего инструмента и калибров на специализированных предприятиях в соответствии с рекомендацией ИСО в ГОСТ 25346—2013 для размеров 1... 500 мм выделены предпочтительные классы допусков (табл. 3.3 и 3.4). Они позволяют получить 90... 95 % посадок общего назначения.

В отдельных технически обоснованных случаях может возникнуть необходимость в использовании классов допусков, не вошедших в основные ряды. В целях упорядочения выбора таких классов допусков и соответствующих им числовых значений предельных отклонений установлены дополнительные классы допусков валов и отверстий для размеров 1... 500 мм.

Посадки образуются сочетанием интервалов допусков отверстия и вала. Для сопрягаемых деталей (отверстия и вала) установлены значения только основных отклонений, т. е. расстояния от ближайшей границы интервалы допуска до нулевой линии (рис. 3.7).

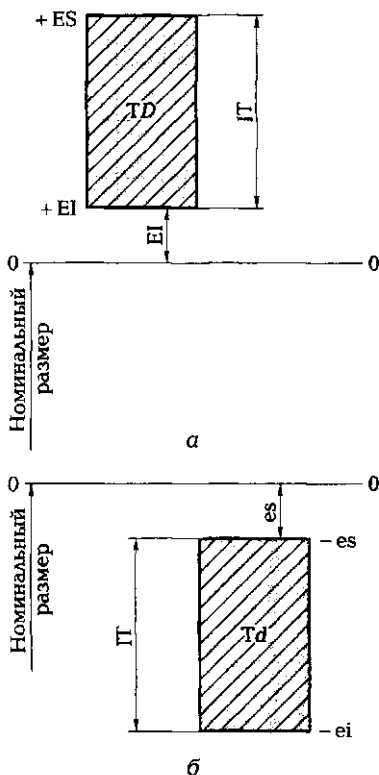


Таблица 3.3. Предпочтительные классы допусков отверстий для номинальных размеров 1 ... 500 мм (квалитеты 4—12)

Квалитет	Основные отклонения отверстий																					
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	
4								H4	JS4													
5							G5	H5	JS5	K5	M5	N5										
6							G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6									
7						F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7						
8				D8	E8	F8		H8	JS8	K8	M8	N8					U8					
9				D9	E9	F9		H9	JS9													
10				D10				H10	JS10													
11	A11	B11	C11	D11				H11	JS11													
12		B12						H12	JS12													

Примечание. Здесь и в табл. 3.4—3.6 рамками выделены предпочтительные классы допусков.

Таблица 3.4. Предпочтительные классы допусков валов для номинальных размеров 1...500 мм (квалитеты 4—12)

Ква-литет	Основные отклонения валов																					
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	
4							g4	h4	js4	k4	m4	n4										
5							g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5							
6						f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6						
7					e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7			s7		u7					
8			c8	d8	e8	f8		h8	js8								u8		x8			z8
9				d9	e9	f9		h9	js9													
10				d10				h10	js10													
11	a11	b11	c11	d11				h11	js11													
12		b12						h12	js12													

Таблица 3.5. Рекомендуемые посадки в системе отверстия

Основное отверстие	Основные							
	a	b	c	d	e	f	g	h
H5							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$
H6						$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}; \frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$ $\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e8}$ $\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f7}; \frac{H8}{f8}$ $\frac{H8}{f9}$		$\frac{H8}{h7}; \frac{H8}{h8}$ $\frac{H8}{h9}$
H9				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e8}; \frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}; \frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h8}; \frac{H9}{h9}$
H10		$\frac{H11}{b11}$		$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h9}; \frac{H10}{h10}$
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$

Таблица 3.6. Рекомендуемые посадки в системе вала

Основной вал	Основные						
	A	B	C	D	E	F	G
h4							$\frac{G5}{h4}$
h5						$\frac{F7}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$
h6				$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F7}{h6}; \frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$

при номинальных размерах 1...500 мм

ОТКЛОНЕНИЯ ВАЛОВ

js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z
$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$								
$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$					
$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$		
$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{u8}$		$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$

при номинальных размерах 1...500 мм вала

отклонения отверстий

H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U
$\frac{H5}{h4}$	$\frac{JS5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h4}$					
$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS5}{h4}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$				
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	

Основной вал	ОСНОВНЫЕ						
	A	B	C	D	E	F	G
h7				$\frac{D8}{h7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$	
h8				$\frac{D8}{h8}; \frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}; \frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h8}; \frac{F9}{h8}$	
h9				$\frac{D9}{h8}; \frac{D10}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$	
h10				$\frac{D10}{h10}$			
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$			
h12		$\frac{B12}{h12}$					

Верхнее (если интервал допуска расположен выше нулевой линии) или нижнее (если интервал допуска расположен ниже нулевой линии) предельное отклонение определяют по основному отклонению и допуску выбранного качества.

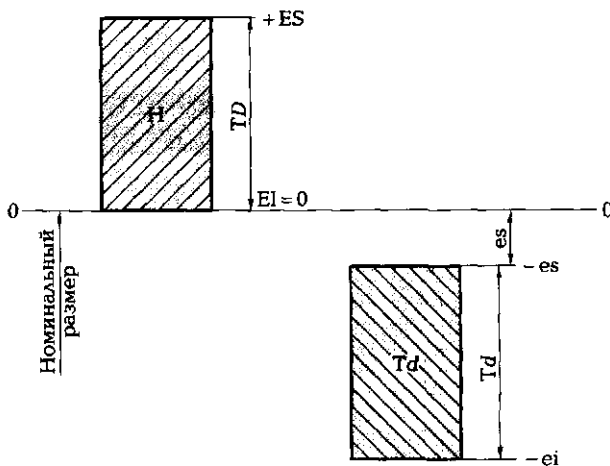


Рис. 3.7. Определение предельных отклонений в посадках

отклонения отверстий									
H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U
$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$					$\frac{U8}{h7}$
$\frac{H8}{h8}$; $\frac{H9}{h8}$									
$\frac{H8}{h9}$; $\frac{H9}{h9}$; $\frac{H10}{h9}$									
$\frac{H10}{h10}$									
$\frac{H11}{h11}$									
$\frac{H12}{h12}$									

Например, для вала $\varnothing 16n5$ по табл. 5 ГОСТ 25346—2013 основное отклонение составляет +12 мкм, а допуск 5-го качества по табл. 6 того же стандарта — 8 мкм. Следовательно, нижнее предельное отклонение вала $e_i = +12$ мкм, а верхнее предельное отклонение $e_s = 12 + 8 = +20$ мкм (рис. 3.8).

Верхние предельные отклонения интервалов допусков валов (a—g) и нижние предельные отклонения отверстий, обозначаемые теми же буквами (A—G) и используемые для образования посадок с зазором, приняты одинаковыми по абсолютному значению. Следовательно, зазоры в одноименных посадках в системах отверстия и вала одинаковы.

В СДП для всех диапазонов размеров установлены **рекомендуемые посадки**, причем для размеров 1 ... 500 мм (табл. 3.5 и 3.6) из них выделены **предпочтительные** (например, H7/n6, H7/g6 и т.д.).

Унификация посадок позволяет обеспечить однородность конструктивных требований к соединениям и облегчить работу конструкторов по назначению посадок. Комбинируя различные варианты предпочтительных интервалов допусков валов и отверстий, можно значительно расширить возможности системы по созданию различных посадок без увеличения набора инструментов, калибров и другой технологической оснастки. В каждой отрасли можно со-

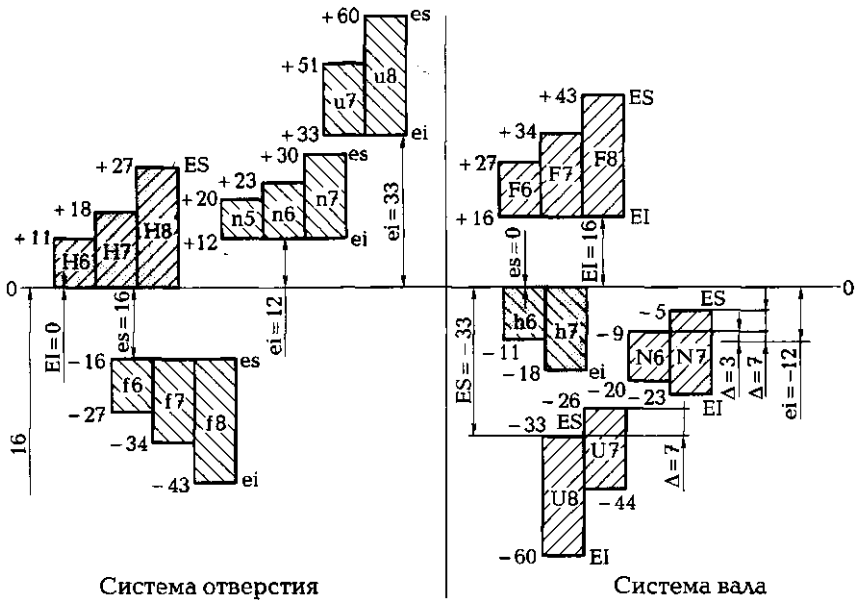


Рис. 3.8. Схема пояснения к расчету основных отклонений

кратить число классов допусков и посадок, введя ограничительный стандарт (стандарт организации). Рекомендуемые посадки приведены в разделе 5 к ГОСТ 25346—2013.

Поскольку, как отмечалось ранее, по экономическим соображениям посадки следует назначать главным образом в системе отверстия и реже в системе вала, в ГОСТ 25346—2013 предпочтительных посадок (образованных из предпочтительных классов допусков) в системе отверстия приведено больше, чем в системе вала.

При назначении квалитетов точности пользуются следующими рекомендациями. Так, в рекомендуемых и предпочтительных посадках точных квалитетов для размеров 1...3150 мм допуск отверстия, как правило, на 1—2 квалитета больше допуска вала. Это объясняется тем, что точное отверстие технологически получить труднее, чем точный вал, вследствие худших условий отвода теплоты, недостаточной жесткости, повышенной изнашиваемости и сложности направления режущего инструмента для обработки отверстий. Увеличение допуска отверстия при сохранении допуска посадки увеличивает срок службы разверток и протяжек, так как при этом допускается их больший износ по диаметру и большее число заточек.

При малых диаметрах иногда технологически труднее обработать точный вал, чем точное отверстие, поэтому в рекомендуемых посадках для размеров менее 1 мм допуски отверстия и вала приняты одинаковыми (то же касается посадок при размерах 3 150... 10 000 мм).

Согласно ГОСТ 25346—2013 в технически обоснованных случаях допускается применение посадок, отличающихся от рекомендуемых, но образованных из числа интервалов допусков валов и отверстий, предусмотренных этим стандартом.

3.3. ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК НА ЧЕРТЕЖАХ

Интервалы допусков линейных размеров указывают на чертежах либо условными (буквенными) обозначениями, например $\varnothing 50H6$, $\varnothing 32f7$, $\varnothing 10g6$, либо числовыми значениями предельных отклонений, например $\varnothing 12_{-0,059}^{-0,032}$, либо буквенными обозначениями интервалов допусков с одновременным указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений (рис. 3.9, а, б).

Посадки сопрягаемых деталей и предельные отклонения размеров деталей, изображенных на сборочных чертежах, указывают дробью, в числителе которой приводится буквенное обозначение или числовое значение предельного отклонения отверстия либо буквенное обозначение с указанием справа в скобках его числового значения, а в знаменателе — аналогичное обозначение класса допуска вала (рис. 3.9, в, г).

В условных обозначениях интервалов допусков необходимо указывать числовые значения предельных отклонений в следующих случаях:

- для размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров, например $\varnothing 41,5 H7 (+0,021)$;
- при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены ГОСТ 25346—2013, например для пластмассовой детали (рис. 3.9, г) с предельными отклонениями по ГОСТ 25349—88 «Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков деталей из пластмасс».

Предельные отклонения могут назначаться для размеров, не указанных на чертеже детали, включая несопрягаемые и неответственные размеры. Допустим, в технических требованиях содержится указание: «Неуказанные предельные отклонения размеров:

отверстий H14, валов h14, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ » или «Неуказанные

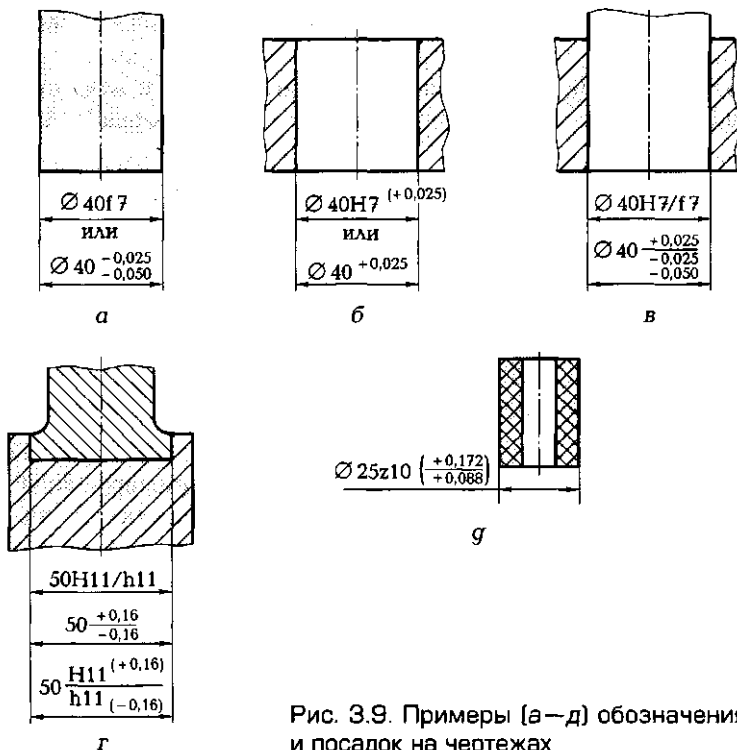


Рис. 3.9. Примеры (а–д) обозначения допусков и посадок на чертежах

предельные отклонения размеров: диаметров H12, h12, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ ». В первом случае отклонения H14 относятся к размерам всех внутренних (охватываемых) элементов, а отклонения h14 —

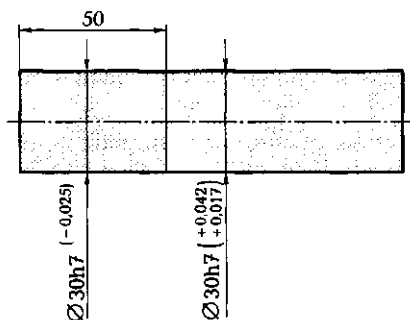


Рис. 3.10. Примеры обозначения предельных отклонений

к размерам всех наружных (охватываемых) элементов. Во втором случае отклонения H12 относятся только к диаметрам отверстий детали или сборочной единицы, на которые не указаны отклонения на чертеже, а отклонения h12 — к диаметрам валов сборочной единицы, на которые также не указаны отклонения. Обозначение $\pm \frac{IT14}{2}$ рекомендуется для симметричных отклонений, таких, как межцентровые расстояния, высоты или глубины.

Для поверхности, состоящей из участков с одинаковым номинальным размером, но разными предельными отклонениями, границу между этими участками наносят тонкой сплошной линией и номинальный размер с соответствующими предельными отклонениями указывают для каждого участка отдельно (рис. 3.10).

3.4. ПОРЯДОК ВЫБОРА И НАЗНАЧЕНИЯ КВАЛИТЕТОВ ТОЧНОСТИ И ПОСАДОК

Определение оптимальной точности обработки и **выбор качества точности** зачастую представляют собой сложную задачу. При произвольном назначении необоснованно высокого качества с малыми допусками увеличивается стоимость изготовления деталей. При выборе более грубого качества точности стоимость изготовления уменьшается, но снижается надежность и долговечность работы деталей в узле. Для решения этой задачи необходимо учесть не только характер посадки конкретного соединения, условия его работы, но и рекомендации, принимающие во внимание целесообразность назначения того или иного качества и возможность изготовления деталей необходимой точности.

Общее представление о применении качеств в соединениях машин и механизмов можно получить из следующих примеров.

Качества 5 и 6 используются в особо точных соединениях, таких, как поршневой палец — втулка верхней головки шатуна двигателя автомобиля, шейка коленчатого вала — вкладыш подшипника и т. д.

Качества 7 и 8 применяются для соединений зубчатых колес с валом, установки подшипников качения в корпус, фрез — на оправки и т. д.

Качества 9 и 10 используются в соединениях, где требования к точности понижены, но предъявляются сравнительно высокие требования к соосности и центрированию (например, поршневое

кольцо — канавка поршня по высоте, посадка звездочек на вал и т. д.).

Квалитеты 11 и 12 распространены в подвижных соединениях сельскохозяйственных машин, посадках часто снимаемых деталей, не требующих высокой точности центрирования, сварных соединениях.

Посадки с зазором. Характер и условия работы подвижных соединений отличаются разнообразием. Например, соединения поршень — гильза, шейка коленчатого вала — вкладыш, поршневой палец — втулка верхней головки шатуна одного и того же двигателя отличаются друг от друга характером взаимного перемещения деталей, температурным режимом, действующими нагрузками и т. д. Поэтому применять единую методику расчета зазоров подвижных соединений для конкретного случая практически невозможно. Для каждого типа соединений существует своя методика расчета зазоров. Так как подбирать специальную методику в большинстве случаев нецелесообразно, часто используют установленные практическим опытом примерные области применения рекомендуемых посадок.

Посадки группы H/h отличаются тем, что минимальный зазор в них равен нулю. Они предназначены для пар с высокими требованиями к центрированию отверстия и вала, когда взаимное перемещение вала и отверстия предусматривается при регулировании, а также при малых скоростях и нагрузках.

Посадку H5/h4 назначают для соединений с высокими требованиями к точности центрирования и направлению, в котором допускается поворот и продольное перемещение деталей при регулировании. Эту посадку используют 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 в пиноли задней бабки токарного станка, при установке измерительных зубчатых колес на шпинделях зубоизмерительных приборов.

Посадку H7/h6 (предпочтительную) назначают при менее жестких требованиях к точности центрирования (например, для сменных зубчатых колес в станках, в корпусах под подшипники качения в станках, автомобилях и других технических системах).

Посадку H8/h7 (предпочтительную) назначают для центрирующих поверхностей, когда можно расширить допуски на изготовление при несколько пониженных требованиях к соосности деталей.

В СДП допускается использование посадок группы H/h, образованных из полей допусков квалитетов 9—12 для соединений с низкими требованиями к точности центрирования (например, для посадки шкивов зубчатых колес, муфт и других деталей на вал с креплением шпонкой для передачи вращающего момента при невысоких требованиях к точности механизма в целом и небольших нагрузках).

Посадки группы H/g (H5/g4, H6/g5 и H7/g6 (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 пневматических устройствах, шпинделя в опорах делительной головки, в плунжерных парах и т. д.

Посадки группы H/f наиболее широко распространены для всех подвижных соединений (H8/f7 (предпочтительная), H8/18 и подобные им посадки, образованные из полей допусков квалитетов 6 и 9). Например, посадку H7/f7 применяют в подшипниках скольжения малых и средних по мощности электродвигателей, поршневых компрессорах, коробках скоростей станков, центробежных насосах, двигателях внутреннего сгорания и других технических системах.

Посадки группы H/e (H7/e8, H8/e8 (предпочтительная), H7/e7 и посадки, подобные им, образованные из полей допусков квалитетов 8 и 9) обеспечивают легкоподвижное соединение при жидкостном трении. Их используют для быстровращающихся валов. Например, первые две посадки применяют для валов турбогенераторов и электромоторов, работающих с большими нагрузками. Посадки H9/e9 и H8/e8 используют для крупных подшипников в тяжелом машиностроении, свободно вращающихся на валах зубчатых колес, и других деталей, включаемых муфтами сцепления, для центрирования крышек цилиндров.

Посадки группы H/d (H8/d9, H10/d9 (предпочтительная) 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 относительно малом давлении в крупных подшипниках, а также в сопряжении поршень — цилиндр в компрессорах, а посадку H9/d9 — при невысокой точности механизмов.

Посадки группы H/c (H7/c8 и H8/c9) характеризуются значительными гарантированными зазорами, и их применяют для соединений с невысокими требованиями к точности центрирования. Наи-

более 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 и других технических системах, при работе которых зазоры значительно уменьшаются вследствие того, что вал нагревается и расширяется больше, чем вкладыш подшипника).

Переходные посадки. Переходные посадки групп H/js, H/k, H/m и H/n используют для неподвижных разъемных соединений, в которых требуется обеспечить центрирование сменных деталей или, при необходимости, их взаимное перемещение. Посадки характеризуются возможностью появления в сопряжении как зазоров, так и натягов. Неподвижность соединения достигается дополнительным креплением с помощью шпонок, штифтов и других средств крепления.

Переходные посадки предусмотрены только в квалитетах 4—8, причем точность вала в них предусматривается на один квалитет выше точности отверстия.

В переходных посадках наибольший натяг получается при сочетании верхнего предельного размера вала (d_{\max}) и нижнего предельного размера отверстия (D_{\min}), а наибольший зазор — при сочетании верхнего предельного размера отверстия (D_{\max}) и нижнего предельного размера вала (d_{\min}).

Примерное соотношение натягов и зазоров в различных переходных посадках представлено в табл. 3.7.

Из табл. 3.7 видно, что при посадке H7/k6 большая часть сопряжений имеет натяги, а средние зазоры близки к нулю. Поэтому эта посадка получила наиболее широкое распространение для центрирования деталей. Посадку H7/p6 рекомендуется применять в тех случаях, когда кроме центрирования необходимо обеспечить натяг для предотвращения осевых перемещений. При частой разборке и сборке соединений, как правило, рекомендуется посадка H7/js6.

Таблица 3.7. Соотношение зазоров и натягов в переходных посадках, %

Вид соединения	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{js6}$
С натягом	99	80	37	1
С зазором	1	20	63	99

Примеры использования переходных посадок показаны на рис. 3.11.

Посадки с гарантированным натягом. Посадки с натягом применяют для получения неподвижных неразъемных соединений, причем относительная неподвижность сопрягаемых деталей обеспечивается за счет упругих деформаций, возникающих при соединении вала с отверстием. Предельные размеры вала больше

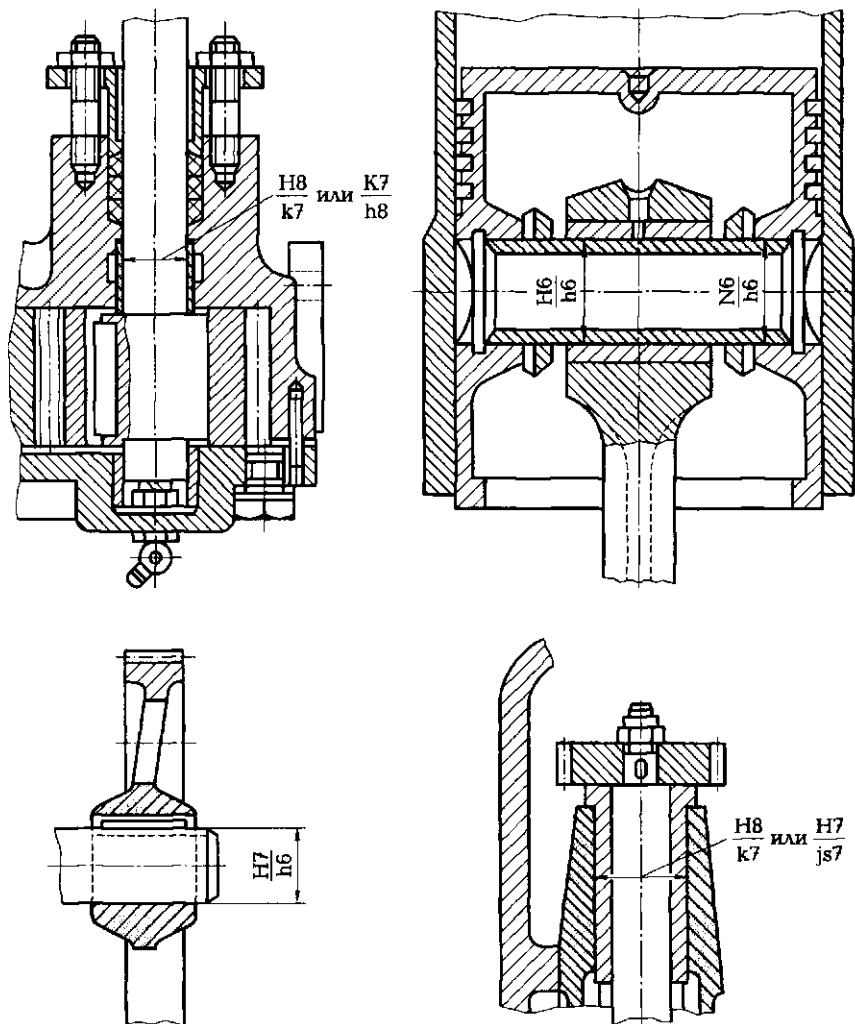


Рис. 3.11. Примеры использования переходных посадок

предельных размеров отверстия. В некоторых случаях для повышения надежности соединения дополнительно используют штифты или другие средства крепления, при этом вращающий момент передается штифтом, а удерживаются детали от осевых перемещений посредством натяга.

Благодаря надежности и простоте конструкции и сборки узлов, включающих в себя соединения с натягом, эти посадки применяются во всех отраслях машиностроения (например, при сборке оси с колесом для железнодорожного транспорта, втулки с валом, ступицы червячного колеса с венцом и т.д.).

Выбор способа получения соединения (под прессом, с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали и т.д.) определяется конструкцией деталей, их размерами, требуемой величиной натяга и другими факторами.

Надежность посадок с натягом зависит от многих составляющих: физико-механических свойств материалов соединяемых поверхностей, шероховатости и геометрии поверхностей, конструктивных факторов, величины натяга, метода сборки и т.д. Некоторые из этих факторов учитываются при расчете посадки с натягом, тогда как другие учесть в расчетах трудно или невозможно. Поэтому в ответственных случаях выбранную в соответствии с расчетом посадку рекомендуется проверять экспериментально.

Предпочтительные посадки с натягом по применяемости можно представить в порядке увеличения гарантированного натяга.

Для соединений тонкостенных деталей и деталей, испытывающих небольшие нагрузки, предпочтительной является посадка H7/p6. Для соединений кондукторных втулок с корпусом кондуктора, запорных втулок с дополнительным креплением и подобных соединений предпочтительными являются посадки H7/g6 и H7/s6. Посадка H7/u7 используется для соединений втулок подшипников скольжения в тяжелом машиностроении, венцов червячных колес, маховиков и других подобных соединений. Посадки H8/x8 и H8/z8, характеризующиеся самыми большими величинами гарантированного натяга, применяются для тяжело нагруженных соединений, воспринимающих большие вращающие моменты и осевые силы.

3.5

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Подшипники качения (рис. 3.12) относятся к наиболее распространенным стандартным сборочным единицам, которые изго-

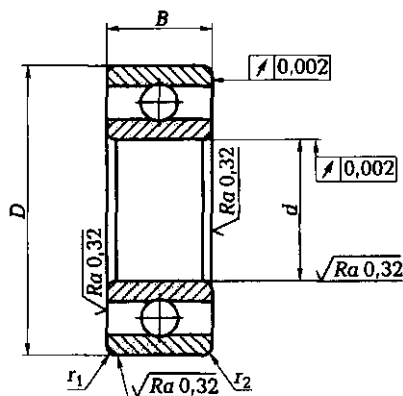


Рис. 3.12. Схема подшипника качения:

D , d — наружный и внутренний диаметры подшипника; B — ширина подшипника; r_1 , r_2 — радиусы закруглений

тавливаются на специализированных заводах и обладают полной внешней взаимозаменяемостью. ГОСТ 520—2011 «Подшипники качения. Общие технические условия» устанавливает классы точности подшипников: 8, 7, 0, нормальный, 6х, 6, 5, 4, Т, 2 (в порядке повышения точности).

Качество подшипников определяется:

- точностью выполнения присоединительных размеров D , d и B , шероховатостью рабочих поверхностей и отклонениями их формы;
- точностью вращения дорожек качения и торцов подшипника (радиальное и торцевое биение).

В зависимости от требований, связанных с условиями работы подшипников качения (допускаемого уровня вибраций, момента трения), а также дополнительных технических требований, связанных с отклонениями формы и расположения, волнистостью поверхностей подшипника, погрешностями монтажа и других, установлены три категории подшипников (А, В, С).

Отклонения наружного и внутреннего колец подшипников не зависят от посадки, по которой они будут устанавливаться на валы и в корпусе. Это значительно сокращает номенклатуру выпускаемых подшипников.

Для всех классов подшипников верхнее отклонение присоединительных размеров равно нулю.

Наружное кольцо подшипника играет роль основного вала и сопряжения с ним образуются в системе вала.

Внутреннее кольцо является основным отверстием, но его интервал допуска в отличие от обычного основного отверстия расположено в области отрицательных значений.

На схемах интервалы допусков колец подшипников обозначают буквами L и l (соответственно внутреннего и наружного кольца) и цифрами соответствующего класса точности. Рекомендуемые посадки для различных видов соединений указаны на рис. 3.13.

Необходимо отметить, что интервал допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца расположен не в «тело», как у основного отверстия, а наоборот, т. е. вниз от нулевой линии. Расположение интервала допуска отверстия внутреннего кольца с таким основным отклонением позволяет получать оптимальные натяги в соединениях колец с валами. При этом валы выполняются по стандартным интервалам допусков. Интервалы допусков вращающихся валов в подшипниковых посадках, как правило, образуются в качествах точности IT4, IT5, IT6 с основными отклонениями p, m, k, js.

На чертежах сопряжений подшипников указываются только обозначения классов допусков валов и отверстий корпусов, которые сопрягаются с подшипниками (рис. 3.14).

Посадки подшипников 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 «Подшипники качения».

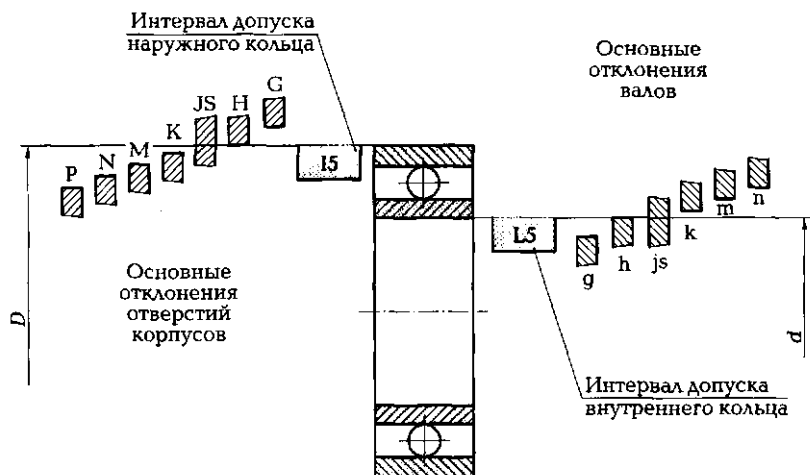
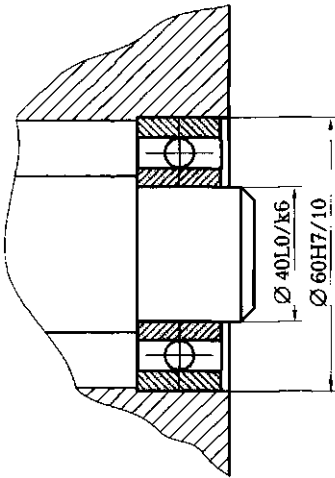


Рис. 3.13. Рекомендуемые посадки для различных видов сопряжений

Рис. 3.14. Пример обозначения сопряжения подшипника на чертежах



Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки различают три основных вида нагружения колец: местное, циркуляционное и колебательное.

При **местном** нагружении результирующая радиальная нагрузка воспринимается ограниченным участком окружности дорожки качения, а при **циркуляционном** — последовательно всей окружностью дорожки качения.

При **колебательном** нагружении равнодействующая нагрузка не совершает полного оборота, а колеблется на отдельном участке.

При выборе посадок для подшипников качения следует соблюдать определенные правила.

Когда **вращается вал**, необходимо обеспечить неподвижное соединение внутреннего кольца с валом. Наружное кольцо устанавливается в корпус с небольшим зазором.

Когда **вращается корпус**, посадка наружного кольца осуществляется с натягом, а внутреннее кольцо устанавливается на вал с зазором.

С зазором монтируют то кольцо, которое испытывает местное нагружение, так как в этом случае улучшаются условия работы тел качения.

При циркуляционном нагружении кольца посадку для него определяют расчетом по интенсивности радиальной нагрузки:

$$P_r = \frac{F_r}{b} K_1 K_2 K_3,$$

где F_r — результирующая радиальная и осевая нагрузка на опору; b — рабочая ширина подшипника с учетом фасок, $b = B - (r_1 + r_2)$; K_1 — динамический коэффициент посадок, зависящий от нагрузки: при перегрузке до 150 % $K_1 = 1$, при перегрузке до 300 % $K_1 = 1,8$ и т.д.; K_2 — коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе (при сплошном вале $K_2 = 1$); K_3 — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения радиальной нагрузки между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки на опору (для однорядных несдвоенных подшипников $K_3 = 1$).

Для расчетной интенсивности нагрузки по табл. 3.8 и 3.9 определяется класс допуска вала или отверстия корпуса для рассматриваемого кольца.

Таблица 3.8. Зависимость вида сопряжения внутреннего кольца с валом от допустимых нагрузок

Диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника, мм		Допустимые значения P_r , кН/м, при классе допуска вала			
Свыше	До	js5; js6	k5; k6	m5; m6	n5; n6
18	80	До 300	300...1 400	1 400...1 600	1 600...3 000
80	180	До 600	600...2 000	2 000...2 500	2 500...4 000
180	360	До 700	600...3 000	3 000...3 500	3 500...6 000
360	630	До 900	900...3 500	3 500...4 500	4 500...8 000

Таблица 3.9. Зависимость вида сопряжения наружного кольца с корпусом от допустимых нагрузок

Диаметр наружного кольца подшипника, мм		Допустимые значения P_r , кН/м, при классе допуска отверстия			
Свыше	До	K6; K7	M6; M7	N6; N7	P7
50	180	До 800	800...1 000	1 000...1 300	1 300...2 500
180	360	До 1 000	1 000...1 500	1 500...2 000	2 000...3 300
360	630	До 1 200	1 200...2 000	2 000...2 600	2 600...4 000
630	1600	До 1 600	1 600...2 500	2 500...3 500	3 500...5 500

Сопряжения подшипников осуществляют при соблюдении следующих соотношений между качествами (валов и отверстий) и классами точности подшипников:

Квалитеты валов и отверстий.....	4	5	6	7
Классы точности подшипников.....	2	4	5	6

Если подшипники предназначены для работы при повышенных температурах, то необходимо учитывать неравномерность нагрева их колец, и чем выше температура, тем больший натяг нужно использовать для сопряжения внутреннего кольца.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляют собой посадки в системах вала и отверстия?
2. Что называют основными отклонениями? Как они располагаются на схемах?
3. Приведите определение понятия «посадка в системе вала».
4. Что называют посадкой в системе отверстия?
5. Как обозначают посадки на чертежах?
6. Как выбрать квалитет точности?
7. В зависимости от каких параметров выбирают и назначают посадки?
8. Сколько классов точности установлено для подшипников?
9. Какую роль играют наружное и внутреннее кольца подшипника при обеспечении сопряжений?
10. Как рассчитать интенсивность радиальной нагрузки?

СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

4.1. ХАРАКТЕРИСТИКА КРЕПЕЖНЫХ РЕЗЬБ

Резьба — поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура определенного профиля по цилиндрической или конической поверхности.

В зависимости от эксплуатационного назначения резьбы подразделяются на две группы:

- крепежные общего применения;
- специальные с узкой областью применения (прямоугольные, конические, трапециевидные и др.).

В свою очередь резьбы первой группы можно подразделить на следующие категории:

- **крепежные** (метрические и дюймовые), используемые в разборных соединениях деталей машин и обеспечивающие герметичность соединений и неподвижность стыков;
- **кинематические**, применяемые для обеспечения точного взаимного перемещения деталей машин при наименьшем трении (ходовые винты, винты суппортов станков и измерительных приборов) или для преобразования вращательного движения в прямолинейное (например, в домкратах, прессах и т.д.);
- **трубные**, предназначенные для обеспечения герметичности соединений трубопроводов с их арматурой.

Кроме того, резьбы можно классифицировать:

- по форме профиля (треугольные, трапециевидные, прямоугольные);
- числу заходов (одно- и многозаходные);
- форме винтовой поверхности (цилиндрические и конические);
- направлению винтовой линии (правые и левые).

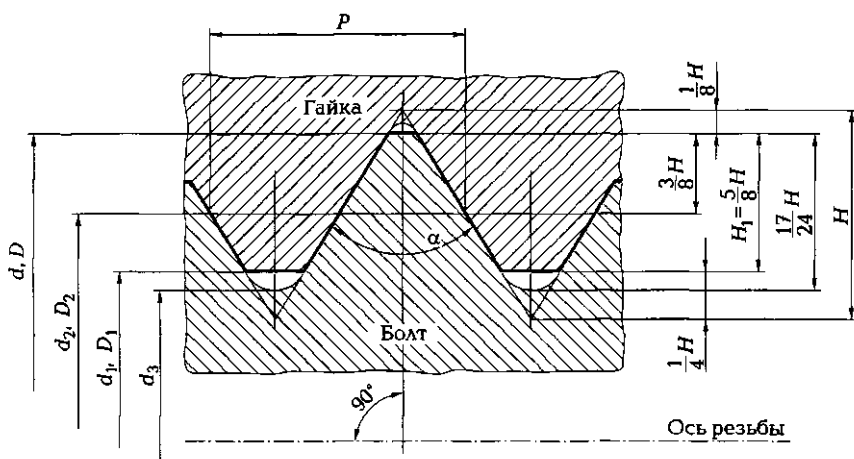


Рис. 4.1. Основные параметры резьбы

Основными требованиями ко всем резьбам независимо от их назначения являются долговечность и возможность свинчивания без дополнительной пригонки.

Стандарты ГОСТ 9150—2002 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль» и ГОСТ 24705—2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры» регламентируют основные параметры и размеры метрической резьбы общего назначения с диаметрами и шагами, соответствующими ГОСТ 8724—2002 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» (рис. 4.1):

- d — наружный диаметр наружной резьбы (болт);
- D — наружный диаметр внутренней резьбы (гайка);
- d_2 — средний диаметр болта;
- D_2 — средний диаметр гайки;
- d_1 — внутренний диаметр болта;
- D_1 — внутренний диаметр гайки;
- d_3 — внутренний диаметр болта по дну впадины;
- P — шаг резьбы;
- H — высота исходного треугольника;
- α — угол профиля резьбы.

Кроме того, установлены такие параметры, как:

- β, γ — углы наклона сторон профиля;
- φ — угол подъема резьбы;
- H_1 — рабочая высота профиля;
- l — длина свинчивания.

В ГОСТ 24705—2004 предусмотрены общий для болта и гайки основной профиль и номинальные наружный, средний и внутренний диаметры. Этим же стандартом установлены плоские срезы на расстоянии $H/8$ от вершины теоретического профиля наружного диаметра болта и на расстоянии $H/4$ — по внутреннему диаметру гайки. Такой профиль болта и гайки в резьбовом соединении позволяет повысить его прочность, увеличить самоторможение резьбы и упростить технологию ее нарезания.

Широкое распространение резьбовых соединений вызывает особые требования к их взаимозаменяемости. Взаимозаменяемость и точность резьбовых соединений обеспечиваются точностью наружного, внутреннего и среднего диаметров резьбы болта и гайки, шага и половины угла профиля резьбы.

Болт и гайка сопрягаются между собой по боковым сторонам профиля, поэтому предельные контуры резьбовых изделий должны иметь четкие ограничения.

Свинчиваемость резьбы обеспечивается в том случае, если действительный контур каждой детали не выходит за предельный, соответствующий максимальной толщине слоя металла, снимаемого при обработке.

Отклонения размеров в резьбовой детали на чертежах и схемах откладывают перпендикулярно оси резьбы.

Основным посадочным размером резьбы является средний диаметр, который определяет характер соединений. При сопряжении наружных диаметров болта и гайки, т. е. по впадинам и выступам резьбы, для исключения заклинивания резьбы предусматривают зазоры. Стандартом установлены следующие ограничения резьбового профиля (рис. 4.2):

- допуски на средние диаметры болта и гайки — Td_2 и TD_2 ;
- допуск на наружный диаметр болта — Td ;
- допуск на внутренний диаметр гайки — TD_1 .

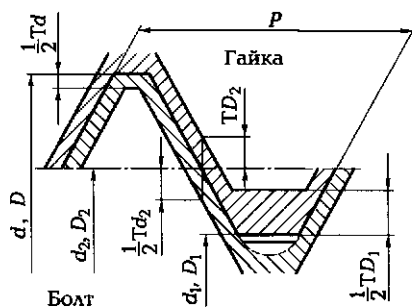


Рис. 4.2. Допуски отдельных параметров резьбового профиля

Нижнее отклонение e_i внутреннего диаметра d_1 наружной резьбы (болта) не устанавливается.

Диаметр d_1 косвенно ограничивается геометрической формой резбонарезного инструмента и должен быть равен номинальному значению или быть меньше него.

Верхнее отклонение ES наружного диаметра D внутренней резьбы (гайки) также не устанавливается и косвенно ограничивается геометрической формой профиля. Диаметр D должен быть равен номинальному значению или быть больше него.

Таким образом, допуски на наружный диаметр D гайки (TD) и внутренний диаметр d_1 болта (Td_1) не устанавливаются.

На шаг P и половину угла α профиля резьбы допуски для резьбовых соединений с зазором отдельно не устанавливаются, так как погрешность их изготовления определяется действительным средним диаметром.

При изготовлении резьбовых изделий неизбежно появление погрешности резьбового профиля, его размеров и формы (отклонения от круглости и цилиндричности болта и гайки и т. д.).

В процессе нарезания резьбы возникают погрешности шага, которые могут быть разделены на прогрессивные и местные.

Прогрессивные погрешности возрастают пропорционально числу витков и появляются из-за кинематической погрешности элементов станка.

Местные погрешности возникают вследствие местного износа резьбы ходового винта станка, неоднородности материала заготовки, погрешностей шага резбонарезного инструмента и других причин.

На рис. 4.3 представлены прогрессивные погрешности ΔP_n шага резьбы при ее нарезании, которые могут быть компенсированы

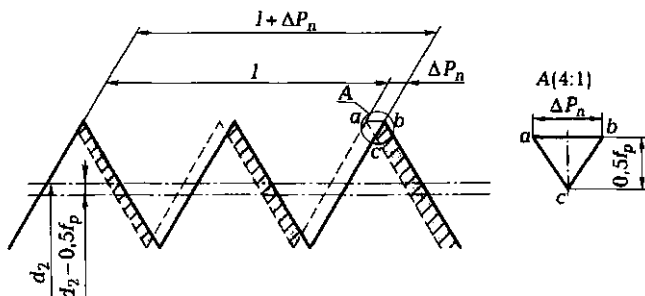
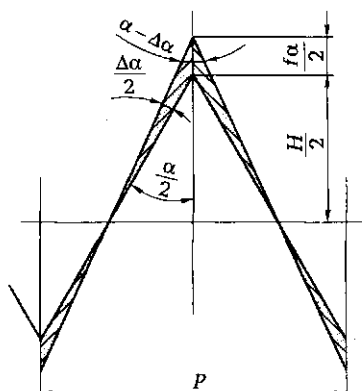


Рис. 4.3. Схема компенсации погрешностей шага резьбы

Рис. 4.4. Схема диаметальной компенсации погрешности половины угла профиля:

P — шаг резьбы



соответствующим изменением среднего диаметра резьбы. При наличии такой погрешности для свинчивания болта с гайкой необходимо уменьшить средний диаметр болта d_2 или увеличить средний диаметр гайки D_2 на величину f_p — диаметральную компенсацию погрешности шага.

Необходимое изменение диаметров можно рассчитать из треугольника abc :

$$f_p = \Delta P_n \operatorname{ctg}(\alpha/2),$$

где ΔP_n — накопленная погрешность n шагов.

Диаметральная компенсация погрешности шага, характеризующая изменение средних диаметров резьбы болта и гайки и численно равная разности их значений, зависит от накопленной погрешности шага.

Погрешность угла профиля может быть вызвана погрешностями профиля резбонарезного инструмента, его установки, перекосом оси детали и другими причинами. Анализируя погрешность угла профиля, обычно рассматривают половину угла (для метрической резьбы $\alpha/2 = 30^\circ$). Эту погрешность также можно компенсировать изменением средних диаметров болта и гайки.

На рис. 4.4 представлена схема диаметальной компенсации погрешности половины угла профиля для метрической резьбы. Эту погрешность можно определить по формуле

$$f_\alpha = 0,36P\Delta\alpha/2,$$

где $\Delta\alpha/2$ — отклонение половины угла профиля резьбы болта или гайки (т. е. разность между действительным и номинальным значениями $\alpha/2$).

Таким образом, при наличии погрешностей шага и угла профиля резьбы ее свинчиваемость обеспечивается только в том случае, если зазор между средними диаметрами болта и гайки больше суммарной диаметральной компенсации этих погрешностей.

Для упрощения контроля и расчета допусков резьб введено понятие **приведенного среднего диаметра**.

Для внутренней резьбы приведенный средний диаметр

$$D_{2\text{ пр}} = D_{2\text{ изм}} - (f_p + f_a);$$

для наружной —

$$d_{2\text{ пр}} = d_{2\text{ изм}} + (f_p + f_a),$$

где $d_{2\text{ изм}}$, $D_{2\text{ изм}}$ — измеренные (действительные) средние диаметры болта и гайки.

Как уже отмечалось, основными параметрами, характеризующими тип резьбового сопряжения, его точность и прочность, являются средний диаметр, шаг и угол профиля резьбы. Поскольку эти параметры связаны друг с другом, отдельно их не нормируют (за исключением резьб с натягом, резьбовых калибров и резьбонарезного инструмента). Устанавливают суммарный допуск на средний диаметр болта (Td_2) и гайки (TD_2):

$$Td_2 (TD_2) = \Delta d_2 (\Delta D_2) + f_p + f_a,$$

где Δd_2 (ΔD_2) — допустимые отклонения собственно среднего диаметра.

Следовательно, приведенный средний диаметр резьбы равен номинальному, если $f_p + f_a = 0$. Исходя из этого можно считать, что номинальный средний диаметр является наибольшим приведенным для болта и наименьшим приведенным для гайки.

Таким образом, суммарный допуск для наружной резьбы Td_2 ограничивает наибольший приведенный средний диаметр (верхний предел) и наименьший собственно средний диаметр (нижний предел), а для внутренней резьбы TD_2 — наименьший приведенный средний диаметр (нижний предел) и наибольший собственно средний диаметр (верхний предел).

При контроле резьбовое изделие считается годным, если приведенный средний диаметр не выходит за указанные пределы.

Система допусков и посадок метрической резьбы регламентирована ГОСТ 16093—2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором», ГОСТ 4608—81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Посадки с натягом» и ГОСТ 24834—81 «Основные нормы взаимоза-

меняемости. Резьба метрическая. Переходные посадки», которые обеспечивают широкое распространение резьб, облегчающих сборку соединений.

В зависимости от характера соединений по боковым сторонам (по среднему диаметру) посадки резьбовых соединений могут быть с зазором, натягом и переходные.

Допуски диаметров резьбы установлены десятью степенями точности, которые обозначают цифрами от 1 до 10 (десятая степень наиболее низкая).

4.2. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ

Соединения с зазором выполняют как в системе вала, так и в системе отверстия, которая предпочтительнее. При изготовлении используют следующие степени точности:

- для наружной резьбы по d — 4; 6; по d_2 — 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10*;
- для внутренней резьбы по D_1 — 4; 5; 6; 7; 8; по D_2 — 4; 5; 6; 7; 8; 9* (степени точности 9* и 10* применяют для изделий из пластмасс).

Для получения посадок резьбовых изделий с зазором в ГОСТ 16093—2004 предусмотрены пять основных отклонений (d , e , f , g , h) для наружной резьбы и четыре (E , F , G , H) — для внутренней (рис. 4.5).

Поле допуска диаметра резьбы образуют сочетанием основного отклонения, обозначаемого буквой, с допуском по принятой степени точности. В отличие от гладких цилиндрических сопряжений цифра степени точности пишется на первом месте, например 5H, 6G, 6e, 6f.

Выбор степени точности зависит от длины свинчивания и условий эксплуатации резьбового соединения. Длины свинчивания разбиты на три группы: S — короткие, N — нормальные и L — длинные. Группа длин свинчивания N в обозначении резьбы не указывается.

Существуют таблицы соответствия длины свинчивания и допустимой точности. Если длина свинчивания отличается от одной из указанных групп, ее указывают в обозначении резьбового изделия.

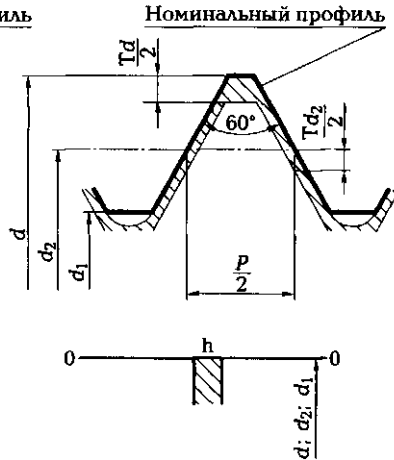
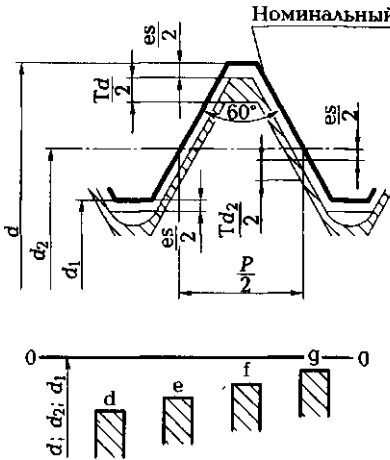
Поля допусков болтов и гаек установлены для трех классов точности: точного, среднего и грубого (табл. 4.1).

Следует иметь в виду, что понятие класса точности — условное. Оно применяется для сравнительной оценки точности резьбы. Кро-

Поля допусков наружной резьбы

С основными отклонениями d, e, f, g

С основным отклонением h



Поля допусков внутренней резьбы

С основными отклонениями E, F, G

С основным отклонением H

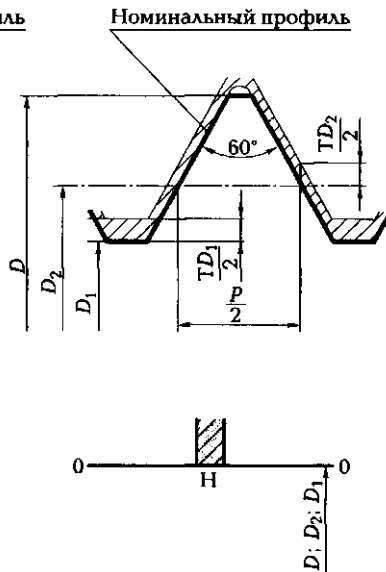
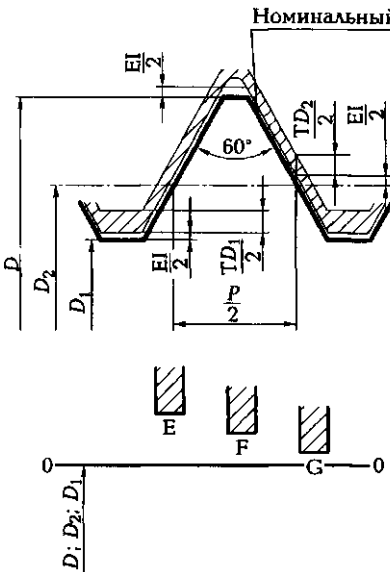


Рис. 4.5. Схемы расположения полей допусков посадок с зазором

Таблица 4.1. Поля допусков d болтов и гаек

Де- таль	Класс точно- сти	Поле допуска при длине свинчивания									
		S		N				L			
Болт	Точ- ный	—	(3h4h)	—	—	—	(4g)	4h	—	—	(5h4h)
	Сред- ний	5g6g	(5h6h)	(6d)	6e	6f	6g	6h	(7e6e)	7g6g	(7h6h)
	Гру- бый	—	—	—	(8e)	—	8g	—	9e8e	(9g8g)	—
Гайка	Точ- ный	—	4H	—			5H		—	6H	
	Сред- ний	(5G)	5H	6G			6H		(7G)	7H	
	Гру- бый	—	—	(7G)			7H		(8G)	8H	

ме того, при одном и том же классе точности допуск среднего диаметра следует увеличивать при длине свинчивания L и уменьшать при длине свинчивания S на одну степень по сравнению с допусками, принятыми для нормальной длины свинчивания N .

Отметим, что допуск среднего диаметра является суммарным, а основным рядом допусков для всего диапазона размеров резьбы принят ряд степени точности 6. Допуски остальных степеней точности определяются умножением на соответствующие коэффициенты, приведенные в ГОСТ 16093—2004. При этом допуск T_{D_2} на средний диаметр гайки больше допуска T_{d_2} среднего диаметра болта на $1/3$.

На сборочных чертежах и в технической документации посадки резьбовых сопряжений обозначают дробью, где в числителе указывают поля допусков гайки, а в знаменателе — поля допусков болта, а само обозначение поля допуска резьбы следует за обозначением ее размера, например:

$$M10 \times 1 - \frac{5H6H}{5g6g} - 30,$$

где M — метрическая резьба; 10 — наружный диаметр резьбы; 1 — шаг резьбы (мелкий); 5H — допуск среднего диаметра гайки (T_{D_2});

6H — допуск внутреннего диаметра гайки (TD_1); 5g — допуск среднего диаметра болта (Td_2); 6g — допуск наружного диаметра болта (Td); 30 — длина свинчивания (если она отличается от N , S и L).

Эти же требования для внутренней резьбы выглядят следующим образом:

$$M10 \times 1 - 5H6H - 30,$$

а для болта $M10 \times 1 - 5g6g - 30$.

Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, например 5H5H — для гайки или 5g5g — для болта, то в обозначении поля допуска резьбы 5H5H и 5g5g не повторяют, а записывают

$$M10 \times 1 - \frac{5H}{5g} - 30.$$

Если шаг резьбы крупный, то его можно не указывать, например

$$M10 - \frac{5H}{5g} - 30.$$

4.3. РЕЗЬБЫ С НАТЯГОМ

В технике широко используются резьбовые соединения с натягом по среднему диаметру. Их применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить герметичность и не допустить самоотвинчивания шпилек под действием резких перепадов температуры, вибрации и т.д. Например, шпильку вворачивают в корпус двигателя (в гнездо) так туго, чтобы она не проворачивалась при затяжке и отвинчивании гайки, накрунутой на другой конец шпильки.

Соединения с натягом выполняют в системе отверстия, что вызвано технологическими особенностями обработки и преимуществами системы отверстия перед системой вала.

Для посадок с натягом необходимо устанавливать более жесткие допуски, чем для соединений с зазором, поэтому для резьб с натягом допуск на собственно средний диаметр резьбы (TD_2 , Td_2) установлен для гнезд — по степени точности 2, а для шпилек — по степеням точности 2 и 3 (рис. 4.6). Для получения стабильного натяга резьбовые изделия сортируют на группы, и на сборку поступают

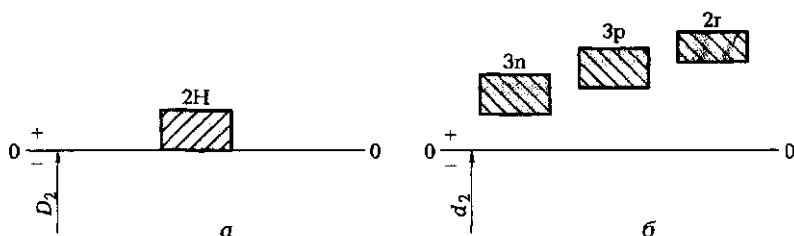


Рис. 4.6. Расположение полей допусков резьбы с натягом для гнезд (а) и шпилек (б):

D_2, d_2 — средний диаметр внутренней и наружной резьбы

детали из одноименных групп. Маркировка числа групп сортировки предусмотрена после указания допусков элементов резьбы (в скобках), например

$$M12 - \frac{2H5C(2)}{5p(2)}.$$

Допускается применение посадок без сортировки деталей на группы.

Выбор посадок в сопряжениях с натягом зависит от материала, из которого изготовлен корпус, т. е. гнездо. Так, корпуса из чугуна или алюминиевых сплавов предполагают использование следующих посадок:

$$\frac{2H5D}{2r} \text{ или } \frac{2H5C}{2r};$$

корпуса из магниевых сплавов —

$$\frac{2H5D}{3p} \text{ или } \frac{2H5C}{3p};$$

корпуса из стали или титановых сплавов —

$$\frac{2H4D}{3n} \text{ или } \frac{2H4C}{3n}.$$

Допуск среднего диаметра таких резьб не является суммарным, а представляет собой допуск на собственно средний диаметр. Отклонения половины угла профиля и шага нормируют отдельно.

По наружному и внутреннему диаметрам предусмотрены зазоры, предотвращающие заклинивание резьбы. При назначении этих

зазоров следует учитывать, что после свинчивания гнезда и шпильки вследствие остаточной деформации витков диаметр шпильки увеличивается, а внутренний диаметр резьбы гнезда уменьшается пропорционально увеличению натяга. В результате действительные зазоры по наружному и внутреннему диаметрам оказываются меньше нормируемых. Для повышения циклической прочности шпилек необходимо, чтобы зазор по внутреннему диаметру был обеспечен и после свинчивания деталей.

Переходные посадки резьбовых соединений установлены ГОСТ 24834—81.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие группы можно разделить резьбы по эксплуатационному признаку?
2. Какие основные параметры резьбы регламентированы ГОСТ 9150—2002?
3. Какие элементы резьбы ограничиваются допусками?
4. Что представляет собой приведенный средний диаметр?
5. Какие посадки используют в резьбовых соединениях?
6. Каковы основные степени точности, применяемые в соединениях с зазором?
7. Где и как используются резьбовые соединения с натягом?
8. На какие группы подразделяются длины свинчивания?
9. Как обозначают резьбовые соединения на чертежах?

СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

5.1. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Для передачи вращающих моментов при соединении различных шкивов, рукояток, зубчатых колес, втулок и других деталей или устройств в машиностроении часто используют шпоночные и шлицевые соединения. **Шпоночные соединения** применяют также для фиксации определенного положения деталей в сборочном узле или машине. **Шлицевые соединения**, в отличие от шпоночных, обеспечивают более точное центрирование деталей и передают более значительные вращающие моменты.

Шпоночные соединения отличаются простотой, компактностью, удобством разборки и сборки. Шпонки могут быть призматическими, сегментными, клиновыми и тангенциальными.

Наибольшее распространение получили призматические шпонки, которые могут быть трех исполнений (рис. 5.1): закрытыми по обоим концам (исполнение А); прямоугольными (исполнение В); с закруглением на одном конце (исполнение С).

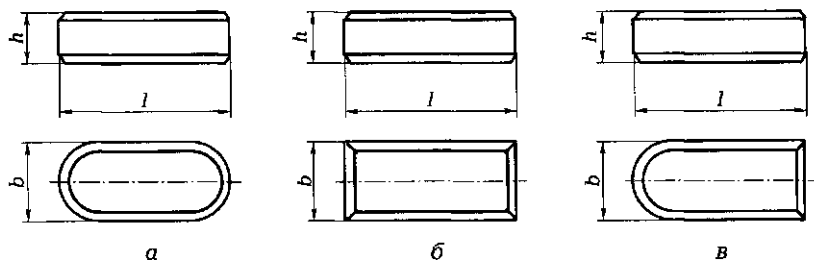


Рис. 5.1. Виды призматических шпонок:

а — исполнение А; б — исполнение В; в — исполнение С; b — ширина шпонки; h — высота шпонки; l — длина шпонки

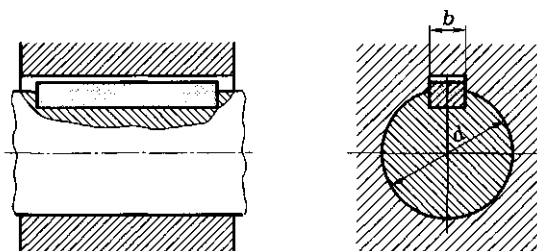


Рис. 5.2. Основные элементы шпоночного соединения:

b — ширина шпонки; d — диаметр вала и втулки

Следует иметь в виду, что призматические и сегментные шпонки передают рабочие усилия боковыми сторонами, а по высоте между пазом втулки и самой шпонкой предусматривается гарантированный зазор. Шпонки должны надежно крепиться в пазу вала и не выпадать из него, а сам паз при этом должен располагаться симметрично оси вала (рис. 5.2).

Шпоночные соединения выполняют в системе вала, что позволяет изготавливать шпонки централизованно.

Предельные отклонения размеров шпонок установлены в ГОСТ 23360 — 78 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и се-

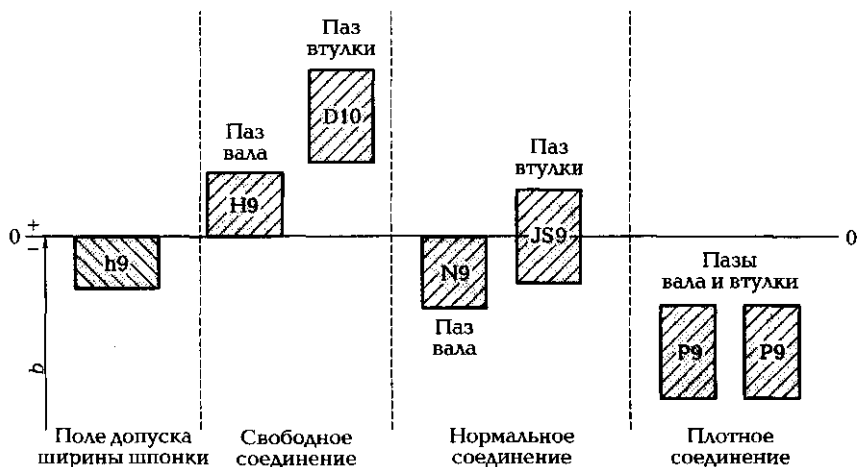


Рис. 5.3. Схема расположения полей допусков по ширине шпонки:

b — ширина шпонки

чений пазов. Допуски и посадки». Предельные отклонения для ширины b шпонки приняты по $h9$, а для высоты h — по $h11$. На длину l шпонки и глубину пазов отклонения назначаются по $h14$.

Выбор посадок для деталей шпоночного соединения производится в соответствии с эксплуатационным назначением узла. Стандартом установлены три вида соединений (рис. 5.3): свободное, нормальное и плотное.

Предельные отклонения ширины шпонки пазов вала и втулки установлены для всех видов соединений. При **свободном** соединении они приняты для ширины шпонки — по $h9$, ширины паза вала — по $H9$, ширины паза втулки — по $\Delta10$; при **нормальном** соединении они определены для ширины шпонки — по $h9$, ширины паза вала — по $N9$, ширины паза втулки — по $JS9$; при **плотном** соединении они установлены для ширины шпонки — по $h9$, ширины паза вала — по $P9$, ширины паза втулки — по $P9$.

Выбирая вид соединения, следует иметь в виду следующее:

- **свободное** соединение обеспечивает подвижность сопряженных деталей при условиях затрудненной сборки;
- **нормальное** соединение обеспечивает неподвижность разъемных соединений при хороших условиях сборки;
- **плотное** соединение целесообразно использовать при реверсивных нагрузках с напрессовкой деталей при сборке.

Шпоночные соединения имеют и ряд недостатков: они не могут передавать большие вращающие моменты, обеспечивают центрирование хуже, чем шлицевые соединения, а нагрузка между шпонками распределяется неравномерно. Кроме того, возможны смятие и срез шпонок, вызывающие перекося и смещение втулок или другие неблагоприятные последствия.

5.2. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В связи с ростом требований к качеству изделий, их долговечности и обеспечению высокой точности центрирования и передачи больших вращающих моментов все более широкое применение находят шлицевые соединения.

По профилю зуба шлицевые соединения подразделяют на прямобочные, эвольвентные и треугольные.

Прямобочные шлицевые соединения распространены наиболее широко, однако **эвольвентные** соединения имеют перед ними ряд преимуществ: они могут передавать большие вращающие моменты,

имеют меньшую концентрацию напряжений, проще в изготовлении, лучше центрируют сопрягаемые детали и более долговечны.

Треугольные шлицевые соединения используют для передачи небольших вращающих моментов при тонкостенных втулках и посадках с натягом.

Для прямобочных шлицевых соединений в зависимости от передаваемых нагрузок при одном и том же номинальном диаметре сопряжений предусмотрены три серии соединений: легкая, средняя и тяжелая (при этом средний диаметр остается постоянным, а меняются только число и высота зубьев). Число зубьев у прямобочных соединений бывает четным, причем у *легкой* и *средней* серий оно может составлять 6, 8 или 10, а у *тяжелой* — 10, 16 или 20.

Согласно ГОСТ 1139—80 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски» и ГОСТ 25346—2013 в зависимости от эксплуатационных требований и технологии изготовления шлицов возможны три способа центрирования (рис. 5.4): по наружному и внутреннему диаметрам, а также по боковым сторонам зубьев.

Центрирование по **внутреннему диаметру** обеспечивает точное центрирование и подвижность соединений при высокой твердости материала, из которого изготовлена втулка.

При центрировании по **наружному диаметру** подвижность соединений не предусматривается, а сопрягаемые детали термически не обрабатываются.

Способ центрирования по **боковым сторонам зубьев** применяется редко, в основном при передаче больших вращающих моментов и действии знакопеременных нагрузок (реверсивное вращение).

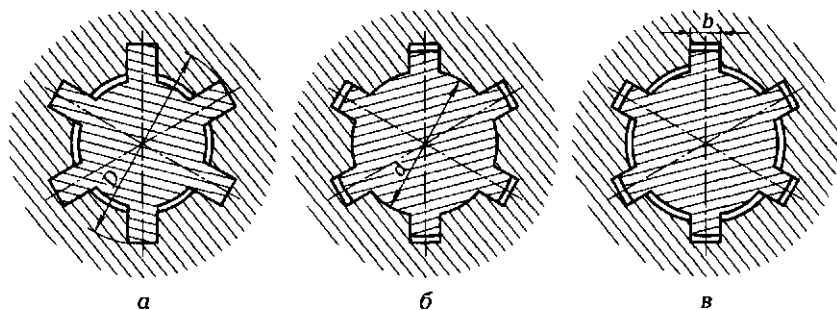


Рис. 5.4. Виды центрирования прямобочных шлицевых соединений:

а — по наружному диаметру D ; б — по внутреннему диаметру d ; в — по боковым сторонам зубьев шириной b

Этот способ позволяет равномерно распределить нагрузки между зубьями, но не обеспечивает высокой точности центрирования.

Посадки строятся в системе отверстия и позволяют получить соединения одновременно по двум поверхностям: цилиндрической диаметром d или D и боковым сторонам зубьев или только по боковым сторонам зубьев.

Предпочтение отдано системе отверстия, при использовании которой существенно сокращается номенклатура дорогостоящих протяжек, предназначенных для обработки шлицевых втулок.

Стандартom установлено значительное число посадок для сопряжения вала и втулки. Рассмотрим наиболее предпочтительные из них.

При центрировании по **внутреннему диаметру** d следует применять посадки $\frac{H7}{f7}$; $\frac{H7}{g6}$ — по d и $\frac{D9}{h8}$; $\frac{D9}{h9}$; $\frac{D9}{js7}$; $\frac{D9}{k7}$; $\frac{F10}{e8}$; $\frac{F10}{f9}$; $\frac{F10}{h7}$; $\frac{E10}{js7}$ — по ширине зуба b .

При центрировании по **наружному диаметру** D необходимо выбирать посадки $\frac{H7}{f7}$; $\frac{H7}{js6}$ — по D и $\frac{F8}{f7}$; $\frac{F8}{f8}$; $\frac{F8}{js7}$; $\frac{D9}{js7}$ — по b .

При центрировании по **боковым поверхностям зубьев** используют посадки $\frac{F8}{js7}$; $\frac{D9}{e8}$; $\frac{D9}{f8}$; $\frac{F10}{d9}$; $\frac{F10}{f8}$; $\frac{F10}{k7}$ по b .

Для нецентрирующих диаметров установлены следующие поля допусков:

- при центрировании по d или b

$$D_{\text{вала}} — a11 \text{ и } D_{\text{втулки}} — H12;$$

- при центрировании по D или b

$$d_{\text{вала}} — a11 \text{ и } d_{\text{втулки}} — H11.$$

Необходимо научиться расшифровывать условные обозначения шлицевых соединений, в которых содержатся сведения о виде центрирования, числе зубьев и параметры d , D или b .

Например, в обозначении

$$d — 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8}$$

d определяет вид центрирования (по внутреннему диаметру), 8 — число шлицов, $36 \frac{H7}{e8}$ — внутренний диаметр 36 мм и посадку $\frac{H7}{e8}$

по этому диаметру, $40 \frac{H12}{a11}$ — наружный диаметр 40 мм и посадку

$\frac{H12}{a11}$ по этому диаметру, $7 \frac{D9}{f8}$ — ширину шлица 7 мм и посадку

$\frac{D9}{f8}$ по этому размеру.

При этом условное обозначение шлицевого вала имеет вид

$$d — 8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8,$$

а шлицевой втулки —

$$d — 8 \times 36H7 \times 40H12 \times 7D9.$$

В другом примере обозначения

$$D — 8 \times 36 \frac{H11}{a11} \times 40 \frac{H7}{f7} \times 7 \frac{D9}{js7}$$

D определяет вид центрирования (по наружному диаметру), 8 —

число шлицов, $36 \frac{H11}{a11}$ — внутренний диаметр 36 мм и посадку

$36 \frac{H11}{a11}$ по этому диаметру, $40 \frac{H7}{f7}$ — наружный диаметр 40 мм

и посадку $\frac{H7}{f7}$ по этому диаметру, $7 \frac{D9}{js7}$ — ширина шлица 7 мм

и посадку $\frac{D9}{js7}$ по этому размеру.

В следующем примере условного обозначения центрирование осуществляется по b :

$$b — 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{js7}.$$

Широкое распространение в технике получили шлицевые соединения с эвольвентными профилями по ГОСТ 6033—80* «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°. Размеры, допуски и измеряемые величины», в котором рассмотрены соединения с модулем, составляющим 0,5...3,0 мм, и числом зубьев 8—65.

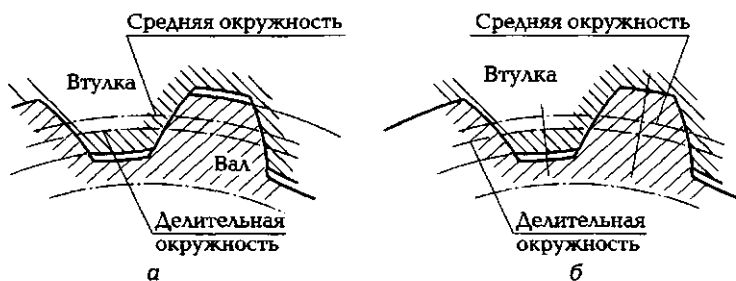


Рис. 5.5. Виды центрирования эвольвентных шлицевых соединений:
 а — по боковым поверхностям зубьев; б — по наружному диаметру

Особая форма зуба (шлица) предполагает и другие способы центрирования, например по боковым поверхностям зубьев (рис. 5.5, а) или наружному диаметру (рис. 5.5, б).

При центрировании по боковым поверхностям установлены допуски на ширину e впадины втулки и толщину s зуба вала, которые имеют общий номинальный размер по дуге делительной окружности.

Для размера e установлено одно основное отклонение Н с выполнением по 7, 9 или 11-й степени точности, т. е. 7Н, 9Н, 11Н.

Для параметра s (толщина зуба вала) установлено десять основных отклонений — а, с, d, f, g, h, k, n, p, r и допуски по 7, 8, 9, 10 и 11-й степеням точности. Соединения с центрированием по боковым сторонам зуба выполняются в системе отверстия.

Возможно центрирование и по наружному диаметру D . При этом посадки выбираются так же, как и для гладких цилиндрических соединений. Окружности впадин втулки D_i имеют допуск по Н7 или Н8, а окружности вершин зубьев вала выполняются с допусками п6, js6, h6 или f7.

В обозначениях шлицевых соединений с эвольвентным профилем указывается номинальный диаметр D соединения, его модуль m , посадка соединения (после размеров центрирующих элементов) и номер стандарта.

Например, в обозначении

$$50 \times 2 \times \frac{9H}{9g} \quad (\text{ГОСТ } 6033 - 80)$$

50 — номинальный диаметр соединения, мм, 2 — модуль зуба,

$\frac{9H}{9g}$ — центрирование по боковым сторонам с посадкой $\frac{9H}{9g}$;

в обозначении

$$50 \times \frac{H7}{g6} \times 2 \text{ (ГОСТ 6033 — 80)}$$

50 — номинальный диаметр соединения, мм, $\frac{H7}{g6}$ — центрирование по D с посадкой $\frac{H7}{g6}$, 2 — модуль зуба.

Шлицевые соединения контролируются калибрами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение шпоночных и шлицевых соединений?
2. Перечислите виды шпонок.
3. Как нормируют допуски элементов шпоночного соединения?
4. В какой системе выполняют шпоночные соединения? Назовите возможные виды соединений.
5. Какими преимуществами обладают прямобочные шлицевые соединения по сравнению с эвольвентными?
6. Какие основные способы центрирования прямобочных соединений вы знаете?
7. В какой системе и какие предпочтительные посадки используют в прямобочных шлицевых соединениях?
8. Какие виды центрирования применяют при изготовлении эвольвентных шлицевых соединений?

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И КОНТРОЛЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

6.1. РАЗНОВИДНОСТИ ПЕРЕДАЧ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

В промышленности наиболее широко используются зубчатые колеса с эвольвентным профилем зуба, который получают при механической обработке заготовок методом обкатывания (без скольжения) зуборезного инструмента.

По назначению зубчатые передачи можно разделить на следующие группы:

- отсчетные;
- силовые;
- скоростные;
- общего назначения.

Отсчетные (кинематические) передачи чаще всего применяются в измерительных приборах, часах, счетно-решающих машинах, различных делительных механизмах, т. е. там, где требуется высокая согласованность углов поворота ведомого и ведущего колес, и основным показателем является высокая кинематическая точность.

Силовые передачи передают значительные усилия при малых скоростях вращения. Зубчатые колеса изготавливают с зубьями большой длины и большим модулем. При работе таких колес должна максимально использоваться площадь контакта зубьев, что и является основным эксплуатационным требованием к этим передачам.

Скоростные передачи применяются при больших окружных скоростях (более 100 м/с). Такие передачи должны работать без вибраций и бесшумно. Основное требование к ним — плавность работы, что достигается высокой точностью изготовления формы и взаимного расположения зубьев колеса.

Передачи **общего назначения** передают малые нагрузки при невысоких окружных скоростях (до 10 м/с). К их точности не предъявляют высоких требований.

6.2. ДОПУСКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

Профиль зубчатого колеса соответствует требованиям ГОСТ 13755—81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходный контур», который устанавливает форму и размер исходного контура зубчатого колеса (рис. 6.1), основные параметры и коэффициенты этого контура:

- угол α главного профиля, $\alpha = 20^\circ$;
- коэффициент h_a высоты головки, $h_a = 1$;
- коэффициент h_f высоты ножки, $h_f = 1,25$;
- коэффициент h_f граничной высоты, $h_f = 2$;
- коэффициент ρ_f радиуса кривизны переходной кривой, $\rho_f = 0,38$;
- коэффициент h_w глубины захода зубьев в паре исходных контуров, $h_w = 2$;
- коэффициент c радиального зазора в паре исходных контуров $c = 0,25$.

Исходя из назначения колес и их основных эксплуатационных показателей выбирают точностные требования к ним, регламентируемые ГОСТ 1643—81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски». Систему допусков для различных видов передач строят на основе одних и тех же принципов.

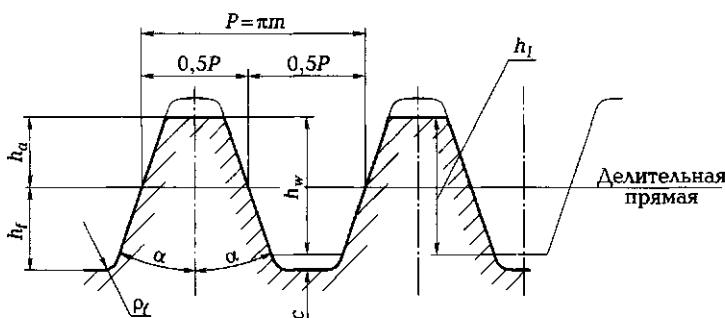


Рис. 6.1. Схема исходного контура зубчатого колеса:

P — шаг зубьев; m — модуль

По точности изготовления все зубчатые колеса разделены на 12 степеней: 1, 2, 3, ..., 12-ю (в порядке понижения точности). Для 1-й и 2-й степеней точности допуски не предусмотрены. Они предназначены для будущего развития техники.

Колеса 3—5-й степеней точности предназначены, в основном, для измерительных колес, используемых для проверки контролируемых зубчатых колес. Самыми распространенными колесами являются колеса 6—9-й степеней точности (в металлорежущих станках — 3—7-й, автомобилях — 5—8-й, авиационных двигателях — 4—7-й, различных редукторах — 6—8-й, тракторах и строительной технике — 7—9-й степеней точности).

Для каждой степени точности установлены независимые нормы допустимых отклонений различных параметров:

- кинематической точности;
- плавности работы;
- контакта зубьев зубчатых колес в передаче.

Независимо от норм и степеней точности предусматривается и норма бокового зазора, характеризующая вид зубчатого соединения.

Нормами *кинематической точности* колес лимитируют несогласованность поворота ведомого колеса при его зацеплении с точно изготовленным ведущим колесом. Эти требования особо важны в различных следящих системах, делительных механизмах.

Нормы *плавности* определяют равномерность хода зубчатого колеса. Они имеют важное значение в скоростных передачах автомобилей, когда предъявляются жесткие требования к бесшумности передачи, отсутствию вибрации и т. д. Нормы контакта зубьев очень важны в тяжелонагруженных передачах (в частности, в прессах и прокатных станах) и определяют величину и место расположения пятна контакта сопряженных колес в зубчатой передаче.

К параметрам кинематических норм точности относятся:

- кинематическая погрешность передачи;
- кинематическая погрешность зубчатого колеса;
- накопленная погрешность шага зубчатого колеса;
- радиальное биение зубчатого венца;
- колебание длины общей нормали;
- колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса;
- колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе.

При проектировании зубчатых колес и передач нормируются лишь некоторые из этих параметров, но не все.

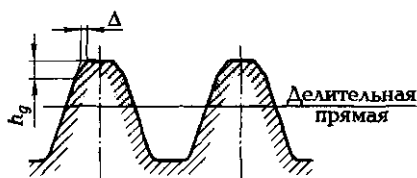


Рис. 6.2. Схема исходного контура зубчатого колеса с модификацией профиля головки зуба:

h_g — коэффициент модификации; Δ — коэффициент глубины модификации

К параметрам норм плавности относятся:

- циклическая погрешность колеса и передачи;
- местные кинематические погрешности зубчатого колеса и передачи;
- отклонение шага зацепления;
- погрешность профиля зуба.

Для улучшения плавности работы передачи зачастую используют зубчатые колеса с модифицированным профилем головки зуба (рис. 6.2), при этом линия модификации представляет собой прямую, коэффициент модификации h_g должен составлять не более 0,45, а коэффициент глубины модификации Δ — не более 0,02. В этом случае обеспечивается плавное вхождение зубьев в зацепление, улучшаются условия смазки передачи, снижается шум.

Для тяжелонагруженных передач, работающих с невысокими скоростями, с точки зрения повышения долговечности колес и их износостойкости важным фактором является норма контакта зубьев в передаче. Нормируются величина и расположение области прилегания боковых поверхностей зубьев сопряженных колес. Неполное или неравномерное прилегание поверхностей зубчатых колес приводит к их интенсивному износу.

Полнота контакта нормируется комплексным показателем — площадью суммарного пятна контакта (рис. 6.3), которое задается как по длине зуба, так и по его высоте:

по **длине зуба** — отношением суммарной длины пятна b (за вычетом расстояния c между пятнами) к общей длине зуба a , %:

$$\frac{b-c}{a} 100;$$

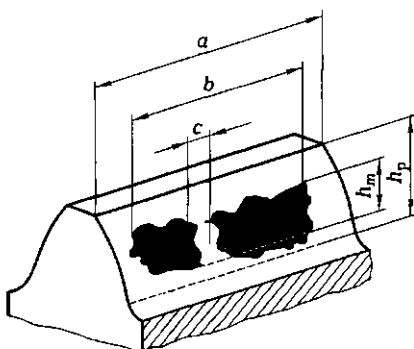


Рис. 6.3. Схема пятна контакта зубьев в передаче

по **высоте зуба** — отношением высоты следов прилегания h_m к общей высоте зуба h_p , %:

$$\frac{h_m}{h_p} 100.$$

На полноту контакта зубьев влияют следующие погрешности формы зубьев и их взаимного расположения в передаче:

- отклонение осевых шагов по нормали;
- суммарная погрешность контактной линии;
- погрешность направления зубьев;
- отклонение от параллельности осей зубчатых колес в передаче и их перекос.

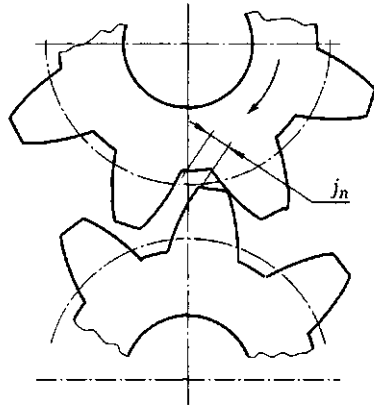
Для нормальной работы зубчатой передачи между активными боковыми поверхностями сопряженных колес должен быть зазор. Он необходим:

- для компенсации погрешностей изготовления и монтажа колес (эти погрешности могут быть вызваны неточностью подшипников, посадочных мест и т. д.);
- исключения заклинивания передачи в результате тепловых деформаций;
- обеспечения смазки, без которой невозможно нормальное функционирование передачи.

Боковой зазор j_n определяют в сечении, перпендикулярном направлению зубьев, в плоскости, касательной к основным цилиндрам (рис. 6.4).

Стандартом установлен наименьший гарантированный зазор — $j_{n \min}$. Величина $j_{n \min}$ не зависит от степени точности колеса, а определяется условиями работы передачи (скорость, нагрев, смазка).

Рис. 6.4. Схема бокового зазора j_n в передаче



Предусмотрены шесть видов сопряжений с разной величиной $j_{n\min}$: А, В, С, D, Е, Н (рис. 6.5).

Как правило, определенным видам сопряжения соответствует и определенный вид допуска. Например, при 3—12-й степенях точности используют вид сопряжения А, при 3—11-й — В, при 3—9-й — С, при 3—8-й — D, при 3—7-й — Е и Н.

На боковой зазор установлен допуск T_{jn} , величина которого зависит от вида сопряжения и точности передачи и возрастает с увеличением бокового зазора.

Существуют восемь видов допуска T_{jn} на боковой зазор: х, у, z, а, b, с, d, h. Определенным видам сопряжений соответствуют и определенные виды допуска. Например, Н и Е соответствует вид допуска h; D, С, В, А соответствуют виды допусков — d, с, b, а.

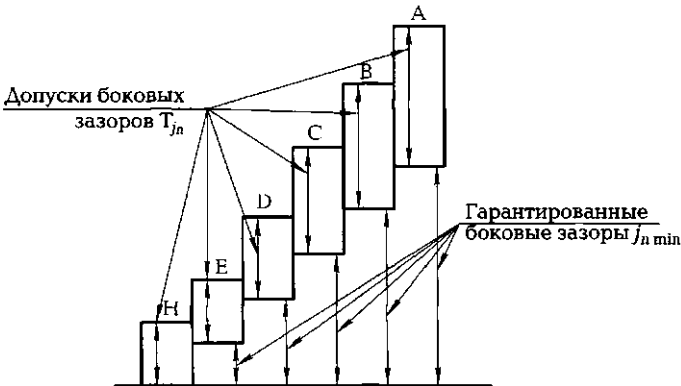


Рис. 6.5. Виды сопряжений и допусков на боковой зазор

Однако можно изменять это соответствие, используя допуски x , y и z . Стандартами установлены шесть классов отклонений межосевого расстояния, которые обозначаются римскими цифрами от I до VI. Класс VI означает самую низкую точность).

Сопряжениям H и E соответствует II класс отклонений межосевого расстояния; сопряжениям D, C, B и A — III, IV, V, VI классы; а I класс зарезервирован для очень точных колес, получение которых пока технологически невозможно.

Гарантированный боковой зазор в передаче обеспечивается при изготовлении зубчатых колес путем дополнительного смещения профиля зуборезного инструмента к центру нарезаемого колеса на величину E_{HS} относительно номинального положения исходного контура (рис. 6.6). На величину E_{HS} установлен допуск T_H , величина которого зависит от допусков на радиальное биение. Кроме того, установлены допуски T_{W_m} на длину общей нормали (рис. 6.7, а), а также установлены верхнее ($+E_{a'_{cs}}$) и нижнее ($-E_{a'_{ci}}$) предельные отклонения измерительного межосевого расстояния (рис. 6.7, б).

Условное обозначение зубчатых колес на чертежах должно включать в себя степень точности по нормам кинематической точности, нормам плавности, нормам контакта зубьев, а также вид сопряжения и вид допуска на боковой зазор. Например: в обозначении 8—7—6—C_b—II (ГОСТ 1643—81) 8 означает степень точности по нормам кинематической точности, 7 — степень точности по нормам плавности, 6 — степень точности по нормам контакта, C — вид сопряжения, b — вид допуска на боковой зазор, II — класс отклонения межосевого расстояния. Если на чертеже встретится более короткая запись условного обозначения, например 7—B (ГОСТ

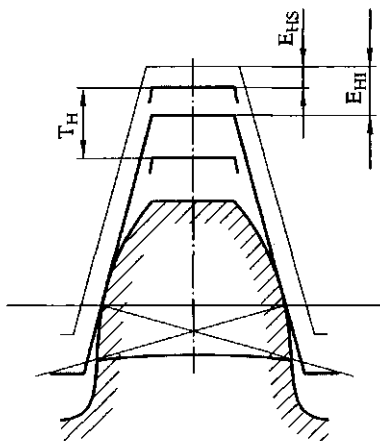


Рис. 6.6. Схема исходного контура после дополнительного смещения

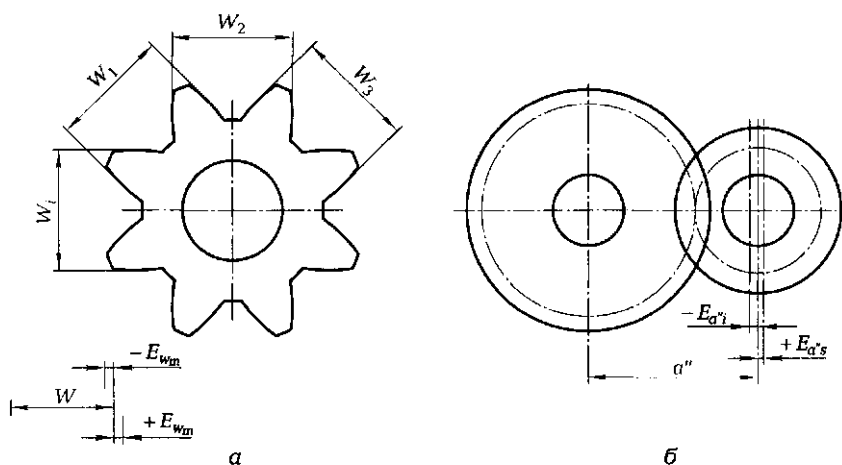


Рис. 6.7. Схема предельных отклонений длины общей нормали W (а) и измерительного межосевого расстояния a'' (б):

W_i — действительные размеры

1643—81), то она означает, что данная передача имеет одинаковую степень точности по нормам кинематической точности, плавности и контакта — 7, вид сопряжения В, вид допуска на боковой зазор b и класс отклонений межосевого расстояния V.

Таким образом, вид допуска на боковой зазор и класс отклонений межосевого расстояния проставляют только в том случае, если они не соответствуют виду сопряжения. При контроле зубчатых колес следует отдавать предпочтение тем нормам, которые определяют назначение передачи. В процессе изготовления зубчатых колес используют приборы и оборудование для непосредственного контроля, а также для настройки зубообрабатывающего оборудования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие группы можно подразделить зубчатые передачи в зависимости от их назначения?
2. Каковы особенности отсчетных и силовых передач?
3. Сколько степеней точности установлено стандартом?
4. Сколько видов сопряжений и видов допусков на боковой зазор установлено стандартами?
5. Покажите на примерах способы обозначения на чертежах точностных требований к зубчатым колесам.

ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

7.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Рассматривая различные машины и механизмы, окружающие нас, мы видим сложные соединения, в состав которых входит множество взаимосвязанных деталей, имеющих определенные размеры. Чтобы обеспечить правильную работу всей машины или какого-либо ее узла, необходимо выдержать эти размеры в рационально подобранных пределах, так как изменение размеров любой из множества деталей вызовет нарушение положения других деталей (рис. 7.1).

Для определения оптимального соотношения предельных, взаимосвязанных размеров одной или нескольких деталей, входящих в сборочный узел, проводят **размерный анализ**, предварительно построив размерные цепи.

Согласно методическим указаниям РД 50—635—85 «Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей» **размерной цепью** называют совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Цепь, в которую входят размеры одной детали, называют **по-детальной размерной** (рис. 7.2), а цепь, содержащую размеры нескольких деталей, — **сборочной размерной** (рис. 7.3, см. также рис. 7.1).

Для анализа размерной цепи необходимым условием является замкнутость размерного контура.

В зависимости от расположения размеров размерные цепи подразделяют на линейные, угловые, плоские и пространственные.

Размерные цепи с линейными размерами в качестве звеньев называются **линейными**.

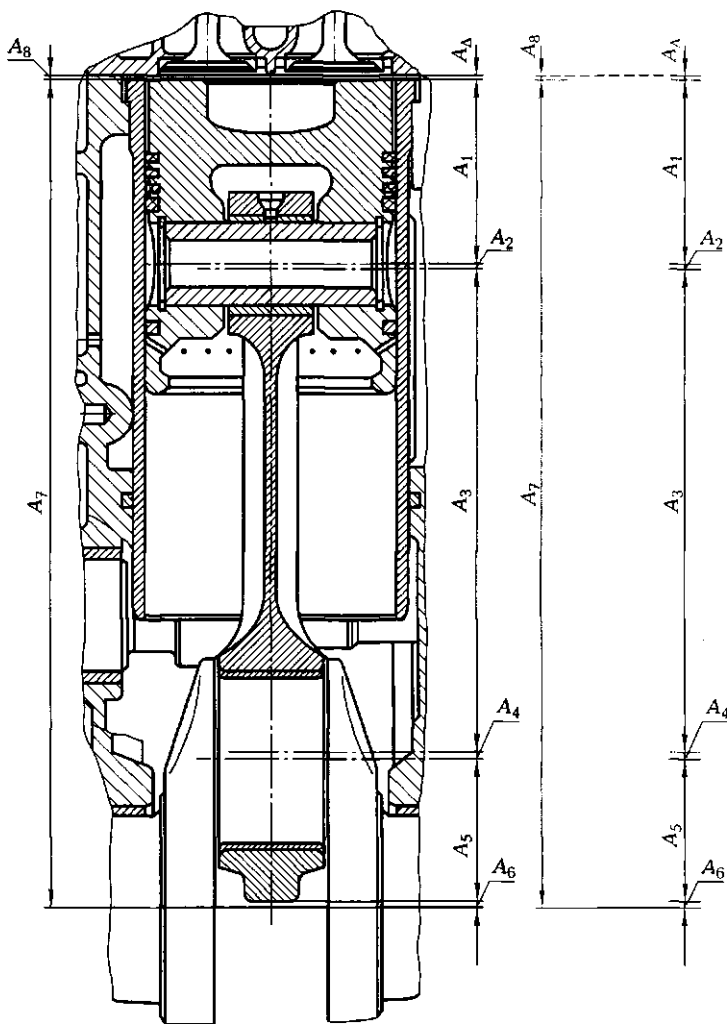


Рис. 7.1. Пример нанесения размеров A_1 — A_8 шатунно-поршневого узла двигателя внутреннего сгорания

Размерные цепи, звеньями которых являются угловые размеры, называются **угловыми**.

Если все звенья цепи лежат в одной или нескольких параллельных плоскостях, то такая цепь называется **плоской**, а если звенья цепи непараллельны друг другу и лежат в непараллельных плоскостях, то она называется **пространственной**.

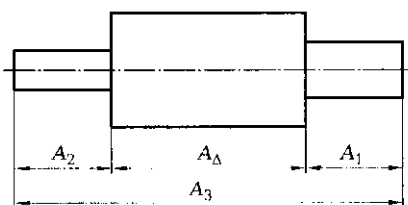


Рис. 7.2. Подетальная размерная цепь

По назначению размерные цепи можно подразделить:

- на **конструкторские**, обеспечивающие точность изделия на этапе его проектирования;
- **технологические**, выражающие связь размеров обрабатываемой детали с технологическим процессом;
- **измерительные**, решающие задачу измерения определенных звеньев, характеризующих точность изделия.

Размеры, составляющие размерную цепь, называются **звеньями**.

Звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения, называется **замыкающим**. (На рис. 7.3 замыкающим звеном является зазор S .)

Замыкающим может быть такое звено, точность которого определяет точность изготовления детали или всего узла в целом.

Номинальный размер и точность замыкающего звена зависят от точности всех остальных звеньев цепи, которые называются **составляющими**. Изменение их размеров приводит к изменению размеров замыкающего звена (но не должно вызывать изменения размеров исходного звена).

Исходное звено — замыкающее звено, размер которого задан и его нужно обеспечить соответствующим исполнением составляющих звеньев.

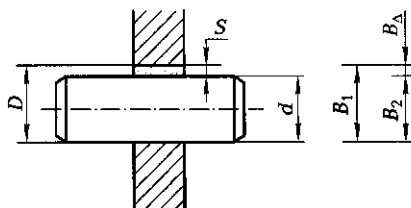
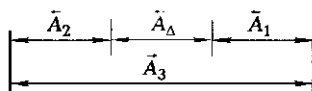


Рис. 7.3. Пример сборочной размерной цепи:

D, d — диаметры отверстия и вала; S — зазор; B_1, B_2, B_Δ — размеры

Рис. 7.4. Схема размерной цепи



Составляющие звенья обозначают на схемах или чертежах прописными буквами русского алфавита (А, Б, В и т.д.) или строчными буквами греческого алфавита (кроме букв α , β , ω , ξ и λ) с соответствующим порядковым номером (1, 2, 3, ..., m). Замыкающее звено обозначается соответствующей буквой с индексом Δ (например, A_Δ).

Составляющие звенья могут быть увеличивающими и уменьшающими.

Увеличивающее звено — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается. На рис. 7.2 таким звеном будет A_3 .

Уменьшающее звено — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается. На рис. 7.2 к таким звеньям относятся A_1 и A_2 .

Размерную цепь удобно представлять в виде замкнутого векторного контура, в котором векторы направлены либо по часовой стрелке, либо против нее (рис. 7.4).

Уменьшающие звенья имеют такое же направление, как у замыкающего звена (\leftarrow), а увеличивающие — противоположное (\rightarrow).

Анализ размерных цепей и их расчет проводят с целью определения:

- числовой взаимосвязи размеров, обеспечивающих эксплуатационные требования и экономически целесообразную точность соблюдения этих размеров;
- экономически оправданного вида взаимозаменяемости (полной или неполной);
- допусков размеров и рационального порядка их простановки на чертежах.

При расчете размерных цепей решают прямую и обратную задачи.

Прямая задача решается для определения допусков и предельных отклонений составляющих звеньев по заданным номинальным размерам всех звеньев цепи и заданным предельным размерам исходного звена.

Решение **обратной задачи** позволяет определить номинальный размер, предельные отклонения и допуск замыкающего или исходного звена по заданным номинальным размерам и предельным отклонениям составляющих звеньев.

7.2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Существует несколько методов решения прямой и обратной задач в условиях полной и неполной взаимозаменяемости. Наиболее распространенными из них являются следующие методы:

- расчета на максимум — минимум (обеспечивает полную взаимозаменяемость);
- теоретико-вероятностный (обеспечивает неполную или частичную взаимозаменяемость);
- групповой взаимозаменяемости;
- одинаковой точности;
- равных допусков;
- регулирования;
- пригонки.

Рассмотрим некоторые из этих методов на примере расчета размерной цепи подшипникового узла (рис. 7.5).

Для решения обратной задачи используем *метод расчета на максимум — минимум*.

Известны: A_i, ESA_i, EIA_i, TA_i .

Определить: $A_\Delta, ESA_\Delta, EIA_\Delta, TA_\Delta$.

Расчет выполняем в следующем порядке.

Составляем схему размерной цепи и определяем общее число n звеньев в ней (рис. 7.6).

Определяем характер звеньев: A_Δ — замыкающее звено; A_1 — увеличивающее звено; A_2, A_3, A_4 — уменьшающие звенья.

Если n — число увеличивающих звеньев (для нашего случая $n = 1$), а p — число уменьшающих звеньев ($p = 3$), то

$$n + p = m - 1.$$

Составляем уравнение номинальных размеров в частном случае:

$$A_\Delta = A_1 - (A_2 + A_3 + A_4);$$

в общем случае

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^n A_{i\text{ув}} - \sum_{i=1}^p A_{i\text{ум}}.$$

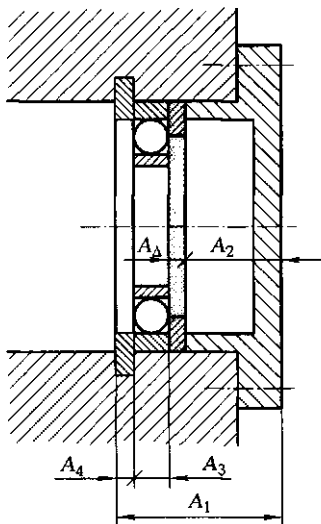
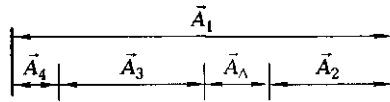


Рис. 7.5. Размерная цепь подшипникового узла

Рис. 7.6. Схема размерной цепи подшипникового узла с числом звеньев $m = 5$



Определяем допуск замыкающего звена, для чего составляем уравнение допусков

$$TA_{\Delta} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min}$$

Предельные размеры замыкающего звена могут быть определены по следующим формулам:

$$A_{\Delta \max} = \sum_{i=1}^n A_{i_{\text{ув max}}} - \sum_{i=1}^p A_{i_{\text{ум min}}} \quad (7.1)$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^n A_{i_{\text{ув min}}} - \sum_{i=1}^p A_{i_{\text{ум max}}} \quad (7.2)$$

Поскольку разность между предельными размерами звеньев представляет собой допуск, получим

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n TA_{i_{\text{ув}}} + \sum_{i=1}^p TA_{i_{\text{ум}}}$$

Так как сумма увеличивающих и уменьшающих звеньев равна $(n + p = m - 1)$, то

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i \quad (7.3)$$

т. е. допуск замыкающего или исходного звена равен сумме допусков составляющих звеньев.

Находим предельные размеры замыкающего звена (определяем его верхнее и нижнее отклонения). С учетом формулы (7.1), или

$$A_{\Delta \max} = A_{\Delta} + ES A_{\Delta}$$

получим

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n ESA_{i_{\text{ув}}} - \sum_{i=1}^p EIA_{i_{\text{ум}}}$$

с учетом формулы (7.2), или

$$A_{\Delta \min} = A_{\Delta} + EI A_{\Delta},$$

$$EI A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n EI A_{i_{\text{гв}}} - \sum_{i=1}^p ESA_{i_{\text{ум}}}.$$

Таким образом находятся предельные размеры замыкающего или исходного звена.

Согласно формуле (7.3) допуск замыкающего звена равен сумме допусков всех составляющих звеньев.

При проектировании и изготовлении деталей необходимо стремиться к минимальному числу звеньев цепи, т. е. должен соблюдаться **принцип кратчайшей цепи**.

При решении прямой задачи размерного анализа можно воспользоваться **методом равных допусков**, который удобно применять, если составляющие размеры цепи входят в один размерный интервал или в крайнем случае в соседние интервалы. Метод основан на предположении о том, что допуски всех составляющих звеньев равны:

$$TA_1 = TA_2 = \dots = TA_{m-1} = T_{\text{cp}} A_i. \quad (7.4)$$

Согласно формуле (7.3)

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i,$$

или с учетом формулы (7.4)

$$TA_{\Delta} = (m - 1) T_{\text{cp}} A_i.$$

Тогда допуск любого звена размерной цепи можно определить по формуле

$$T_{\text{cp}} A_i = TA_{\Delta} / m - 1.$$

Найденный допуск желательно скорректировать до значения ближайшего стандартного поля допуска.

Этот метод назначения полей допусков составляющих звеньев достаточно прост, но не совсем точен, поэтому его обычно применяют для предварительного назначения допусков.

Прямую задачу можно решить и **методом одинаковой точности** (методом допуска одного качества точности). В этом случае условно принимается, что все составляющие звенья цепи выполнены с допуском по одинаковому качеству точности.

Из подразд. 3.1 мы знаем, что

$$TA = ki,$$

где k — число единиц допуска, зависящее от качества точности;
 i — единица допуска, зависящая от номинального размера,
 $i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D$.

Используя формулу (7.3), получим

$$TA_{\Delta} = k_1 i_1 + k_2 i_2 + k_3 i_3 + \dots + k_{m-1} i_{m-1}.$$

Квалитеты точности у всех звеньев приняты одинаковыми:

$$k_1 = k_2 = k_3 = \dots = k_{m-1} = k_{\text{ср}},$$

поэтому

$$TA_{\Delta} = k_{\text{ср}} \sum_{i=1}^{m-1} i_i,$$

откуда

$$k_{\text{ср}} = TA_{\Delta} / \sum_{i=1}^{m-1} i_i.$$

Ранее мы уже определяли i для каждого интервала размеров и параметр k для каждого качества.

Полученное значение $k_{\text{ср}}$ редко бывает абсолютно точно равно какому-либо значению k для конкретного качества, поэтому мы выбираем ближайший к этому значению качество и по таблицам ГОСТ 25347—82 определяем допуски составляющих звеньев, обращая внимание на то, что допуски охватываемых размеров рассчитываем, как для основного вала, а допуски охватывающих размеров — как для основного отверстия.

В условиях массового и крупносерийного производства, когда расчет размерных цепей вышеизложенными методами часто не позволяет получить экономически выгодный результат, целесообразно использовать **теоретико-вероятностные методы** расчета, основанные на суммировании средних размеров, определенных с учетом случайных погрешностей.

При этом замыкающее звено размерной цепи рассматривается как случайная величина, являющаяся суммой независимых случайных переменных размеров составляющих звеньев. Вместо алгебраического суммирования допусков теперь осуществляется квадратическое суммирование:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} (TA_i)^2}.$$

Погрешности изготовления или сборки деталей различных размеров могут подчиняться различным математическим законам (закону нормального распределения, равной вероятности, закону треугольника и др.). Чаще всего они подчиняются закону нормального распределения. Поэтому в расчеты вводят соответствующие коэффициенты, связывающие законы равной вероятности и треугольника с законом нормального распределения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой размерная цепь? Назовите виды размерных цепей.
2. Как можно классифицировать размерные цепи по их назначению?
3. Какие звенья цепи называются составляющими, увеличивающими и уменьшающими?
4. Какое звено называют замыкающим, а какое — исходным?
5. Каковы особенности решения прямой и обратной задач размерного анализа?
6. Какими методами решаются задачи размерного анализа?
7. В какой последовательности проводят размерный анализ методом расчета на максимум—минимум?
8. В чем заключаются особенности решения размерных цепей методом равных допусков?
9. Как провести размерный анализ методом одинаковой точности (одного качества)?

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

8.1. ПОНЯТИЕ О МЕТРОЛОГИИ

В течение тысячелетий люди применяли в своей деятельности только меры длины, площади, объема, массы (веса) и времени. Поэтому область метрологии ограничивалась описанием и рассмотрением этих мер. Нередко в нее включались также монеты как меры ценности. В дальнейшем в связи с усложнением задач понятие «метрология» изменилось. К 1949 г. под метрологией понимали учение о единицах, эталонах и измерениях, приводимых к эталонам. С введением документа государственного уровня РМГ 29 – 2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» за термином «**метрология**» было закреплено следующее определение: это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. В этом определении сделан определенный шаг в сторону практического приложения — обеспечение единства измерений в стране. В соответствии с Федеральным законом от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» под **единством измерений** понимается такое состояние измерений в стране, при котором все величины выражены только в узаконенных единицах, а погрешности измерений находятся в заданных пределах с известной доверительной вероятностью.

На важность измерений указывали многие крупнейшие ученые. Так, основоположник отечественной метрологии Д. И. Менделеев считал, что «в природе мера и вес — главные орудия познания, и нет столь малого, от которого не зависело бы все крупнейшее». Он справедливо полагал, что «наука начинается с тех пор, как начинают измерять» и «точная наука немыслима без меры».

В настоящее время объектами метрологии являются все единицы измерения величин (механических, электрических, тепловых и др.),

все средства измерений, виды и методы измерений, т. е. все то, что необходимо для обеспечения единства измерений и достижения требуемого уровня качества продукции.

Измерения являются основой научных знаний. Они служат для учета материальных ресурсов, совершенствования технологий, автоматизации производства, стандартизации, охраны здоровья и обеспечения безопасности людей и их имущества.

8.2. ВЕЛИЧИНА. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Величина (*V*) — одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но индивидуальное в количественном отношении для каждого объекта.

Термин «величина» обычно применяется в отношении тех свойств или характеристик, которые могут быть оценены количественно, т. е. измерены. Существуют такие свойства и характеристики, которые в настоящее время наука и техника еще не позволяют оценивать количественно, например запах, вкус, цвет. Поэтому эти характеристики обычно избегают называть величинами и именуют свойствами.

В широком смысле «величина» — понятие многовидовое. Это можно продемонстрировать на примере трех величин.

Первый пример — это цена — стоимость товаров, выраженная в денежных единицах. Раньше системы денежных единиц были составной частью метрологии. В настоящее время это самостоятельная область.

Вторым примером разновидности величин можно назвать биологическую активность лекарственных веществ. Биологическая активность ряда витаминов, антибиотиков, гормональных препаратов выражается в Международных единицах (МЕ) биологической активности (например, в рецептах пишут «количество пеницилина — 300 тыс. МЕ»).

Третий пример — физические величины (ФВ), т. е. свойства, присущие физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам). Современная метрология занимается главным образом этими величинами.

Размер (величины) — количественная определенность, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу (например, размер длины, массы, силы тока и т. д.).

Термин «размер» следует употреблять в тех случаях, когда необходимо подчеркнуть, что речь идет о количественной оценке физической величины.

Размерность величин — это такое ее выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных величин в различных степенях, отражающее связь данной величины с основными величинами системы, в которой коэффициент пропорциональности равен единице. Размерность величины представляет собой произведение основных величин, возведенных в соответствующие степени.

Основная величина — это величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы.

Количественная оценка конкретной физической величины, выраженная в виде некоторого числа единиц данной величины, называется **значением этой величины**. Отвлеченное число, входящее в значение физической величины, называется **числовым значением**. Между значением и размером величины имеется принципиальное различие. Размер величины существует реально, независимо от того, знаем ли мы его или нет. Выразить размер величины можно при помощи любой единицы.

Истинное значение величины — значение, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую величину. Например, скорость света в вакууме или плотность дистиллированной воды при температуре 4 °С имеют вполне определенное значение — идеальное, которое мы не знаем.

Поскольку истинное значение величины измерить невозможно, то на практике используется понятие «**действительное значение**». Оно может быть получено экспериментально.

Действительное значение величины — это ее значение, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

Размер величины, обозначаемый Q , не зависит от выбранной единицы, однако числовое значение целиком зависит от нее. Если размер величины Q в некоторой системе единиц величины определяется как

$$Q = n_1 [Q_1],$$

где n_1 — числовое значение размера величины в этой системе; $[Q_1]$ — единица величины в той же системе; то в другой системе

единиц ФВ, в которой $[Q_2] \neq [Q_1]$, не изменившийся размер Q будет выражен другим соотношением:

$$Q = n_2[Q_2],$$

но при этом $n_2 \neq n_1$.

Так, например, масса одного и того же батона хлеба может быть равна 1 кг или 2,5 фунта, диаметр одной и той же трубы — 20" или 50,8 см.

Поскольку размерность величины представляет собой выражение, отражающее связь с основными величинами системы, в которой коэффициент пропорциональности равен единице, то размерность равна произведению основных величин, возведенных в соответствующие степени.

В общем случае формула размерности для единиц величин имеет вид

$$[Q] = K[A]^{\alpha}[B]^{\beta}[C]^{\gamma},$$

где $[Q]$ — размерность производной единицы; K — некоторое постоянное число; $[A]$, $[B]$, $[C]$ — размерность основных единиц.

При $K = 1$ производные единицы определяются следующим образом:

$$[Q] = [A]^{\alpha}[B]^{\beta}[C]^{\gamma}.$$

Если в системе в качестве основных единиц приняты длина (L), масса (M) и время (T), то в данной системе размерность производной единицы Q определяется по формуле

$$Q = L^{\alpha}M^{\beta}T^{\gamma}.$$

Системы единиц, производные единицы которых образуются по этой формуле, называются **согласованными** или **когерентными**.

Понятие размерности широко используется в физике, технике и метрологической практике при проверке правильности сложных расчетных формул и выяснении зависимости между величинами.

На практике часто бывает необходимо применять безразмерные величины.

Безразмерная величина — это величина, в размерность которой основные величины входят в степени, равной нулю. Однако следует обратить внимание на то, что величины, безразмерные в одной системе единиц, могут иметь размерность в другой системе.

Единицы той или иной физической величины, как правило связаны с мерами. Размер единицы измеряемой величины принимается равным размеру величины, воспроизводимому мерой

Но на практике одна единица оказывается неудобной для измерения больших и малых размеров данной величины. Поэтому применяется несколько единиц, находящихся в кратных и дольных соотношениях между собой.

Кратная единица величины — единица, которая в целое число раз больше основной или производной единицы.

Дольная единица величины — единица, которая в целое число раз меньше основной или производной единицы.

Названия кратных и дольных единиц величин образуются с помощью соответствующих приставок к основным единицам. Эти приставки приведены в табл. 8.1.

Единицы величин начали появляться с того момента, когда у человека возникла необходимость выражать что-либо количественно. Первоначально единицы физических величин выбирались произвольно, без какой-либо связи друг с другом, что создавало значи-

Таблица 8.1. Приставки и множители для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Наименование приставки	Обозначение приставки	
		русское	международное
10^{15}	пета	П	P
10^{12}	тера	Т	T
10^9	гига	Г	G
10^6	мега	М	M
10^3	кило	к	k
10^2	гекто	г	h
10^1	дека	да	da
10^{-1}	деци	д	d
10^{-2}	санتي	с	c
10^{-3}	мили	м	m
10^{-6}	микро	мк	μ
10^{-9}	нано	н	n
10^{-12}	пико	п	p
10^{-15}	фемто	ф	f

тельные трудности. В связи с этим был введен термин «единица величины».

Единица основной величины (единица величины) — величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице. Единицы одной и той же величины в разных системах могут различаться по размеру. Например, метр, фут и дюйм, будучи единицами длины, имеют различный размер:

$$1 \text{ фут} = 0,3038 \text{ м}; 1 \text{ дюйм} = 0,0254 \text{ м}.$$

По мере развития техники и международных связей трудности использования результатов измерений, выраженных в различных единицах, возрастали и тормозили дальнейший научно-технический прогресс. Возникла необходимость в создании единой системы единиц величин. Под **системой единиц величин** понимают их совокупность, образованную в соответствии с принятыми принципами, согласно которым одни величины считаются независимыми, а другие определяются как функции независимых величин.

Если система единиц величин не имеет своего наименования, она обычно обозначается по своим основным единицам, например *LMT*.

Производная величина — величина, входящая в систему величин и выражаемая через основные величины этой системы. Например, скорость в системе величин *LMT* определяется в общем случае уравнением $v = l/t$, где v — скорость; l — расстояние; t — время.

Впервые понятие системы единиц ввел немецкий ученый К. Гаусс, предложивший принцип ее построения. Согласно этому принципу сначала устанавливают основные величины и их единицы.

Единицы этих величин называются **основными**, поскольку они являются основой для построения всей системы единиц других величин.

Первоначально были созданы системы единиц, основанные на трех единицах: длине, массе и времени, например сантиметр — грамм — секунда (СГС).

Рассмотрим наиболее распространенную во всем мире и принятую в нашей стране Международную систему единиц СИ, содержащую семь основных единиц и две дополнительные. Основные единицы величин этой системы приведены в табл. 8.2.

Дополнительными величинами этой системы являются:

- **плоский угол** — радиан (рад, rad), равный углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу;

Таблица 8.2. Основные единицы СИ

Физическая величина	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Q	кельвин	К
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

- **телесный угол** — стерадиан (ср, sr), равный телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на ее поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

В настоящее время действует ГОСТ 8.417—2002 «ГСИ. Единицы величин», который определяет единицы, принятые в Российской Федерации.

Метр равен длине пути, проходимого светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды.

Килограмм равен массе международного прототипа килограмма.

Секунда равна $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвин равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды, представляющей собой точку равновесия воды в твердой (лед), жидкой и газообразной (пар) фазах на $0,01$ К или $0,01$ °С выше точки таяния льда.

Допускается применение шкалы Цельсия (С). Температура в градусах Цельсия обозначается символом t :

$$t = T - T_0,$$

где $T_0 = 273,15$ К.

Тогда $t = 0$ °С при $T = 273,15$ К.

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в 0,012 кг изотопа углерода-12.

Кандела равна силе 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.

Кроме системных единиц СИ в нашей стране узаконено применение некоторых **внесистемных единиц**, удобных для практики и традиционно применяющихся для измерения давления (атмосфера, бар, миллиметр ртутного столба), длины (дюйм), мощности (киловатт-час), времени (час) и др.

Помимо этого пользуются **логарифмическими величинами**. Это логарифмы (десятичные или натуральные) безразмерных отношений одноименных величин. Логарифмические величины применяют для выражения звукового давления, усиления, ослабления. Единица логарифмической величины — бел (Б) определяется по следующей формуле:

$$1 \text{ Б} = \lg(P_2 / P_1) \text{ при } P_2 = 10 P_1,$$

где P_2 и P_1 — одноименные энергетические величины (мощность, энергия).

Для таких величин, как напряжение, сила тока, давление, напряженность поля, бел определяется по формуле

$$1 \text{ Б} = 2 \lg F_2 / F_1 \text{ при } F_2 = \sqrt{10 F_1}.$$

Дольная единица от бела — децибел (дБ):

$$1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}.$$

Широкое распространение получили **относительные величины** — безразмерные отношения двух одноименных величин. Они выражаются в процентах или безразмерных единицах.

В табл. 8.3 приведены примеры производных единиц СИ, наименования которых образованы из наименований основных и дополнительных единиц и имеющие специальные наименования.

Существуют определенные правила написания обозначений единиц. Обозначения единиц, входящих в производные единицы,

Таблица В.3. Примеры производных единиц СИ, наименования которых образованы из наименований основных и дополнительных единиц

Величина			Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Площадь	L^2	Квадратный метр	m^2	m^2
Объем, вместимость	L^3	Кубический метр	m^3	m^3
Скорость	LT^{-1}	Метр в секунду	m/s	m/c
Угловая скорость	T^{-1}	РадIAN в секунду	rad/s	$рад/c$
Ускорение	LT^{-2}	Метр на секунду в квадрате	m/s^2	m/c^2
Угловое ускорение	T^{-2}	РадIAN на секунду в квадрате	rad/s^2	$рад/c^2$
Плотность	$L^{-3}M$	Килограмм на кубический метр	kg/m^3	$кг/м^3$
Удельный объем	L^3M^{-1}	Кубический метр на килограмм	m^3/kg	$м^3/кг$
Напряженность магнитного поля	$L^{-1}I$	Ампер на метр	A/m	$A/м$
Яркость	$L^{-2}J$	Кандела на квадратный метр	cd/m^2	$кд/м^2$

разделяются точками, стоящими на средней линии, например: Н·м (ньютон-метр), А·м² (ампер-квадратный метр) или Н·с/м² (ньютон-секунда на квадратный метр). Наиболее употребительно выражение в виде произведения обозначений единиц, возведенных в соответствующие степени, например квадратный метр-секунда в минус первой степени ($m^2 \cdot c^{-1}$).

При наименовании, соответствующем произведению единиц с кратными или дольными приставками, рекомендуется присоединять приставку к наименованию первой единицы, входящей в произведение. Например, 10³ единиц момента силы — ньютонометров — следует именовать «килоньютон-метр», а не «ньютон-километр» (кН·м, а не Н·км).

Как уже отмечалось ранее, метрология — это наука, которая занимается в первую очередь измерениями.

В соответствии с РМГ 29—2013 *измерение* — процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Измерение включает в себя различные операции, по завершении которых получается некоторый результат, являющийся результатом измерения (прямые измерения) или исходными данными для получения результата наблюдения (косвенные измерения). Измерение включает в себя наблюдение.

Наблюдение при измерении — операция, выполняемая при измерении и имеющая целью своевременно и правильно произвести отсчет.

Для того чтобы результатами измерений можно было пользоваться, необходимо обеспечить единство измерений.

Единство измерений — это состояние измерений, при котором их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Для обеспечения единства измерений необходима *тождественность* единиц, в которых проградуированы все средства измерений, т. е. должна быть использована определенная шкала величин при точном воспроизведении, хранении и передаче размеров единиц величин.

Шкала величин — упорядоченная совокупность значений величин, служащая исходной основой для измерений данной величины (например, шкала медицинского термометра, индикатора или весов).

Воспроизведение, хранение и передача размеров единиц величин осуществляется с помощью эталонов. Высшим звеном в цепи передачи размеров единиц величин являются первичные эталоны.

Первичный эталон — это эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью.

Вторичный эталон получает размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

Рабочий эталон применяется для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

Кроме перечисленных предусмотрены эталоны сравнения, исходный, одиночный, групповой и транспортируемый эталоны.

Основное назначение эталонов — обеспечение материально-технической базы воспроизведения и хранения единиц величин.

Государственные первичные эталоны хранятся в соответствующих метрологических институтах Российской Федерации. По ныне действующему решению Ростехрегулирования допускается их хранение и применение в органах ведомственных метрологических служб.

Кроме **национальных эталонов** единиц величин существуют **международные эталоны**, хранимые в Международном бюро мер и весов. Под эгидой этой организации производится систематическое сличение национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий с международными эталонами и друг с другом. Так, например, эталон метра и килограмма сличают один раз в 25 лет, эталоны электрического напряжения и сопротивления, а также световые эталоны — один раз в 3 года.

Большинство эталонов представляют собой сложные и весьма дорогостоящие физические установки, обслуживание и применение которых требует участия ученых высочайшей квалификации.

Рассмотрим примеры некоторых государственных эталонов.

В качестве **эталона глины** до 1960 г. действовал следующий эталон метра. Метр определялся как расстояние при температуре 0 °С между осями двух соседних штрихов, нанесенных на платиново-иридиевый брусок, хранящийся в Международном бюро мер и весов, при условии что эта линейка находится при нормальном давлении и поддерживается двумя роликами диаметром не менее 1 см, расположенными симметрично в одной продольной плоскости на расстоянии 571 мм один от другого.

Требование к повышению точности (платиново-иридиевый брусок не позволяет воспроизводить метр с погрешностью менее 0,1 мкм), а также целесообразность установления **естественного** и **неразмерного** эталона привели к созданию нового, действующего по настоящее время, эталона метра.

В 1983 г. XVII Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) приняла новое определение метра: «Метр — длина пути, проходимого в вакууме светом за $1/299\,792\,458$ доли секунды (точно)». Из этого определения следует, что в СИ скорость света в вакууме при-

нята равной в точности 299 792 458 м/с. Таким образом, определение метра, как и два столетия назад, вновь привязано к секунде, но на этот раз с помощью универсальной мировой константы.

На XXIV ГКМВ 2011 г. была принята резолюция, в которой, в частности, было предложено в будущей ревизии Международной системы единиц все определения основных единиц сформулировать в новом единообразном виде. Предполагаемое новое определение метра, полностью эквивалентное существующему, в резолюции сформулировано в следующем виде:

«Метр, обозначение м, является единицей длины; его величина устанавливается фиксацией численного значения скорости света в вакууме, равным в точности 299 792 458, когда она выражена единицей СИ м·с⁻¹».

XXV ГКМВ, состоявшаяся в 2014 г., приняла решение продолжить работу по подготовке новой ревизии СИ, включающей в себя переопределение метра, и предварительно наметила закончить эту работу к 2018 г., чтобы заменить существующую СИ обновленным вариантом на XXVI ГКМВ в 2018 г.

В эталон метра входят эталон времени и частоты, лазеры, интерферометр сравнения длин волн, интерферометр, непосредственно формирующий единицу длины — метр, и другая аппаратура. Этот эталон имеет погрешность воспроизведения в виде среднего квадратического отклонения (СКО) результата измерений около $1 \cdot 10^{-12}$; систематическая составляющая не превышает $5 \cdot 10^{-13}$, т. е. более чем на три порядка меньше погрешности воспроизведения метра с помощью «криптонового» метра.

Государственный первичный **эталон массы** (килограмма) Российской Федерации хранится в ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Он обеспечивает воспроизведение единицы массы 1 кг со СКО не более $3 \cdot 10^{-8}$ кг. В состав государственного первичного эталона килограмма входят:

- копия международного прототипа килограмма — платиново-иридиевый прототип № 12, представляющий собой гирию в виде цилиндра с закругленными ребрами диаметром 39 мм и высотой 39 мм;
- эталонные весы № 1 и 2 на 1 кг с дистанционным управлением для передачи размера единицы массы от прототипа № 12 эталонам-копиям и от эталонов-копий рабочим эталонам.

Государственный первичный **эталон времени и частоты** Российской Федерации хранится во Всероссийском научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ»).

В эталоне используются квантовые меры, в которых за опорную меру принимается частота, соответствующая частоте перехода в атомах или молекулах выбранного вещества. Квантовые меры подразделяются на реперы и хранители. Реперы включаются эпизодически с целью осуществления проверок и регулировок средств измерений частоты, а хранители (представляющие собой часы) работают непрерывно.

В состав Государственного эталона времени и частоты входят:

- цезиевый репер и часы;
- водородный репер и часы;
- рубидиевые часы (квантовый генератор на рубидиевом кристалле с оптической накачкой);
- аппаратура внутренних и внешних сличений эталонов;
- аппаратура обеспечения.

Среднеквадратичное отклонение погрешности воспроизведения времени по частоте не превышает 10^{-13} Гц при неисключенной систематической погрешности не более 10^{-12} Гц.

Эталон единицы температуры представляет собой очень сложную установку. Измерение температуры в диапазоне 0,01 ... 0,8 К осуществляется по температурной шкале термометра магнитной восприимчивости (ТШТМВ). В диапазоне температур 0,8 ... 1,5 К используется шкала гелия-3, основанная на зависимости давления его насыщенных паров от температуры. В диапазоне 1,5 ... 4,2 К применяется шкала гелия-4, основанная на том же принципе. В диапазоне 4,2 ... 13,81 К температура измеряется по температурной шкале германиевого термометра сопротивления (ТШГТС). В диапазоне 13,81 ... 6 300 К используется международная температурная шкала МТШ-90, основанная на ряде воспроизводимых равновесных состояний различных веществ.

Передача размера единицы — приведение размера единицы величины, хранимой поверяемым средством измерений, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при их проверке (калибровке). Передача размера от первичного эталона рабочим средствам измерений осуществляется с помощью разрядных эталонов по поверочной схеме.

Поверочная схема для средства измерений — нормативный документ, устанавливающий соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы от эталона рабочим средствам измерений (с указанием методов и погрешности при передаче).

Схема передачи размеров (метрологическая цепь) от эталонов к рабочим средствам измерений (первичный эталон → эталон-

копия → разрядные эталоны → рабочие средства измерений) представлена на рис. 8.1.

Между разрядными эталонами существует следующая соподчиненность: эталоны первого разряда поверяются непосредственно по эталонам-копиям, а эталоны второго разряда — по эталонам первого и т.д.

Отдельные рабочие средства измерений наивысшей точности могут поверяться по эталонам-копиям, высшей точности — по эталонам первого разряда.

Разрядные эталоны находятся в метрологических институтах Государственной метрологической службы (МС), а также в поверочных лабораториях отраслевых МС, которым в установленном порядке предоставлено право поверки средств измерений.

Положение о поверочных схемах утверждено ГОСТ 8.061 — 80 «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение».

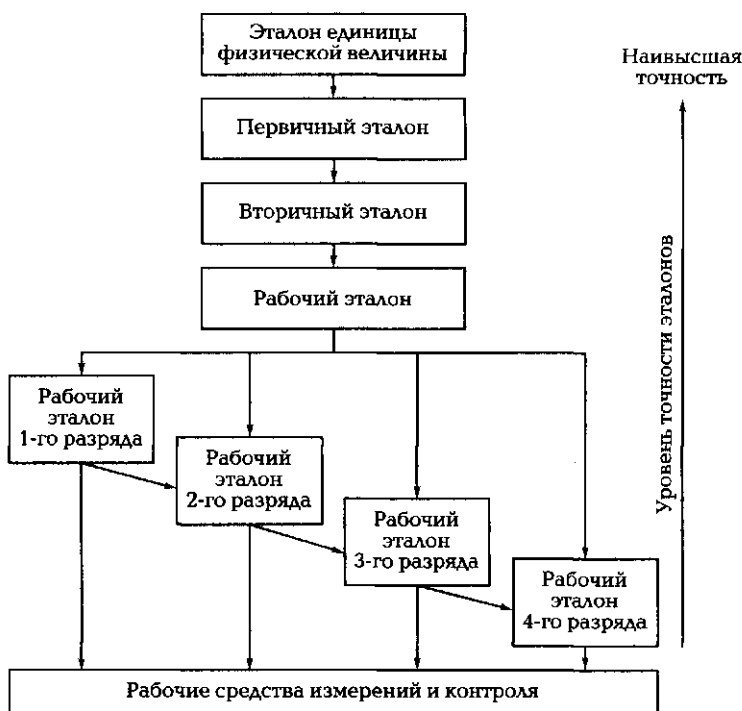


Рис. 8.1. Схема передачи размеров единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерения

Различают поверочные схемы государственные и локальные (отдельных региональных органов Государственной МС или ведомственных МС). Поверочные схемы содержат текстовую часть и необходимые чертежи и схемы.

Строгое соблюдение поверочных схем и своевременная поверка разрядных эталонов — необходимые условия для передачи достоверных размеров единицы величин рабочим средствам измерений.

Непосредственно для выполнения измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений, в науке и технике используют **рабочие средства измерений**.

Рабочее средство измерений — средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений.

8.4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

С точки зрения информационной теории **измерение** представляет собой процесс, направленный на уменьшение энтропии измеряемого объекта, т. е. на получение дополнительной информации об объекте. Энтропия является мерой неопределенности наших знаний об объекте измерений.

Измерительной информацией называется информация о значениях измеренных величин.

Эта информация и называется измерительной, поскольку получается в результате измерений. Таким образом, измерение — это нахождение значения величины опытным путем, заключающимся в сравнении измеряемой величины с ее единицей, с помощью специальных технических средств, которые часто называют средствами измерений.

Применяемые при измерениях методы и технические средства не являются идеальными, а органы восприятия экспериментатора не могут идеально воспринимать показания приборов. Поэтому по завершении процесса измерения остается некоторая неопределенность в наших знаниях об объекте измерения, т. е. **получить истинное значение величины невозможно**. Остаточная неопределенность наших знаний об измеряемом объекте может характеризоваться различными мерами неопределенности. В метрологической практике энтропия практически не используется (за исключением аналитических измерений). Точность измерений характеризуется неопределенностью измерений или погрешностью результатов измерений.

Неопределенность измерений. Термин «неопределенность измерений» стал применяться в отечественной метрологической практике после выхода в 1993 г. документа ИСО/МЭК «Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM)». В нем было введено понятие «неопределенность измерений». С этого периода во всем мире в сертификатах калибровки начали указывать не характеристики погрешности, а другие характеристики: «суммарная стандартная неопределенность» и «расширенная неопределенность».

В основе понятия неопределенности лежит неполное знание размера измеряемой величины, которое представлено оператору в виде ряда величин, полученных в результате измерительного эксперимента и каким-то образом характеризующих измеряемую величину. При оценке результатов измерений с помощью неопределенности измерений не используются понятия истинного и действительного значения величины, а также погрешности измерения. Вводится понятие «**неопределенность измерения**» — параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которое обоснованно может быть приписано измеряемой величине.

В качестве характеристик неопределенности используются понятия «стандартная неопределенность» и «расширенная неопределенность».

В соответствии с РМГ 43—2001 «ГСИ. Применение Руководства по выражению неопределенности измерений» приняты следующие понятия:

- **неопределенность** (измерений) — параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине;
- **стандартная неопределенность** (u) — неопределенность результата измерений, выраженная в виде среднего квадратического отклонения (СКО);
- **расширенная неопределенность** (U) — величина, определяющая интервал вокруг результата измерений, в пределах которого находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могли бы быть приписаны измеряемой величине.

Расширенная неопределенность является аналогом доверительных границ погрешностей измерений.

Различают два типа вычисления стандартной неопределенности:

- вычисление по типу А — путем статистического анализа результатов многократных измерений;
- вычисление по типу В — с использованием других способов.

Погрешность результата измерения. Под *погрешностью результата измерения*, или просто *погрешностью измерения*, понимают отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Записывается это следующим образом:

$$\Delta = X_{\text{изм}} - X,$$

где $X_{\text{изм}}$ — результат измерения; X — истинное значение величины.

Однако поскольку истинное значение величины остается неизвестным, то неизвестна и погрешность измерения. Поэтому на практике имеют дело с приближенными значениями погрешности или с так называемыми их оценками. В формулу для оценки погрешности вместо истинного значения величины подставляют ее действительное значение:

$$\Delta = X_{\text{изм}} - Q_{\Delta},$$

где Q_{Δ} — действительное значение величины.

Таким образом, чем меньше погрешность, тем более точными являются измерения.

В чем разница между погрешностью и неопределенностью результатов измерений?

Погрешность однократных измерений Δ — это разность между результатом измерения $X_{\text{изм}}$ и действительным значением величины Q_{Δ} . Неопределенность однократного измерения u_1 можно представить как разность между результатом измерений и средним арифметическим значением \bar{X} , полученным в результате n измерений, т. е. $u_1 = X_{\text{изм}} - \bar{X}$.

При увеличении количества измерений среднее арифметическое \bar{X} стремится к истинному значению Q , если устранены все систематические погрешности. При этом разность между Δ и u будет стремиться к нулю и, следовательно, математические закономерности поведения совокупностей Δ и u будут подобны. Другими словами, разница между неопределенностью и погрешностью измерений состоит в том, к какой величине относят дисперсию (СКО): к действительному значению измеряемой величины или к результату измерения.

Точность результата измерений — одна из характеристик качества измерений, отражающая близость к нулю погрешности измерений. Точность — величина, обратная погрешности измере-

ний. Например, если погрешность измерений составляет 0,0001, то точность равна 10 000.

Перечислим основные причины возникновения погрешностей. Можно выделить четыре основные группы погрешностей измерений:

- обусловленные методами выполнения измерений (погрешности методов измерений);
- средств измерений;
- органов чувств наблюдателей (личные погрешности);
- вызванные влиянием условий измерений.

Все эти погрешности дают суммарную погрешность измерения. В метрологии принято разделять суммарную погрешность измерения на две составляющие — случайную и систематическую погрешности. Они различны по своей физической сути и проявлению.

Случайная погрешность измерения — составляющая погрешности, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях одной и той же величины, проведенных с одинаковой тщательностью.

Случайная составляющая суммарной погрешности характеризует такое качество измерений, как их точность, а сама характеризуется так называемой дисперсией D , которая выражается квадратом единиц измеряемой величины. Поскольку это неудобно, на практике случайная погрешность обычно характеризуется СКО, которое математически может быть представлено в виде

$$\sigma = \sqrt{D}.$$

Среднеквадратичное отклонение результатов измерений характеризует их рассеяние. Пояснить это можно следующим образом. Если навести винтовку на какую-либо точку, жестко ее закрепить и произвести несколько выстрелов, то не все пули попадут в эту точку. Они будут располагаться вблизи точки прицеливания. Степень их разброса от указанной точки и будет характеризоваться СКО.

Систематическая погрешность измерения — составляющая погрешности результата измерений, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных наблюдениях одной и той же величины. Эта составляющая суммарной погрешности характеризует такое качество измерений, как правильность их выполнения.

В общем случае в результатах измерений всегда присутствуют обе составляющие. На практике часто одна из них значительно превышает другую. В этих случаях меньшей составляющей пренебрегают. Например, при измерениях, проводимых с помощью

линейки или рулетки, как правило, преобладает случайная составляющая погрешности, а систематическая мала, и ею пренебрегают. Случайная составляющая в этом случае обусловлена следующими основными причинами:

- неточность (перекос) установки рулетки (линейки);
- неточность установки начала отсчета;
- изменение угла наблюдения;
- усталость глаз наблюдателя;
- изменение освещенности.

Систематическая погрешность возникает из-за несовершенства метода выполнения измерений, погрешностей средств измерений, неточного знания математической модели измерений, влияния условий и погрешностей градуировки и поверки средств измерений, а также личных причин.

Поскольку случайные погрешности результатов измерений являются случайными величинами, в основе их обработки лежат методы теории вероятностей и математической статистики.

Различают абсолютные и относительные погрешности.

Абсолютная погрешность измерения выражается в единицах измеряемой величины. Например, погрешность измерения массы 5 кг составляет 0,0001 кг. Она обозначается Δ .

Относительная погрешность измерения равна отношению абсолютной погрешности к действительному или измеренному значению измеряемой величины. Она может выражаться в процентах. Например, относительная погрешность измерения массы 5 кг равна $0,0001/5 = 0,00002$, или 0,002 %. Иногда берется отношение абсолютной погрешности к максимальному значению величины, которое может быть измерено данным средством измерений (верхний предел шкалы прибора). В этом случае относительная погрешность называется **приведенной**.

Относительная погрешность обозначается δ и определяется следующим образом:

$$\delta = \frac{\Delta}{Q_A}$$

Поскольку $Q_A \cong X_{\text{изм}}$ (или очень мало отличается от него), то на практике обычно полагают, что

$$\delta = \Delta/X_{\text{изм}}$$

Кроме случайной и систематической погрешностей измерений различают так называемую грубую погрешность измерений — **промах**. Это погрешность отдельного измерения, входящего в ряд изме-

рений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда.

В общем случае могут проявиться одновременно обе составляющие суммарной погрешности измерений — случайная и систематическая, поэтому

$$\Delta = \dot{\Delta} + \Theta,$$

где Δ — суммарная погрешность измерений, которая может быть представлена в виде $\sum_{i=1}^n \Delta_i$; $\dot{\Delta}$ — случайная составляющая погрешности измерения; Θ — систематическая составляющая погрешности измерения.

Виды и методы измерений. *Виды измерений* обычно классифицируют по следующим признакам:

- характеристика точности — равноточные, неравноточные (равнорассеянные, неравнорассеянные);
- число измерений — однократные, многократные;
- отношение к изменению измеряемой величины — статические, динамические;
- метрологическое назначение — метрологические, технические;
- выражение результата измерений — абсолютные, относительные;
- общие приемы получения результатов измерений — прямые, косвенные, совместные, совокупные.

Равноточные измерения — ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений и в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

Неравноточные измерения — ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

Однократное измерение — измерение, выполненное один раз.

Многократные измерения — измерения величины одного и того же размера, результат которых получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т. е. состоящие из ряда однократных измерений.

Прямое измерение — измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно по шкале измерительного прибора. Такое измерение производится путем экспериментального сравнения измеряемой величины с мерой этой величины или путем отсчета показаний средства измерений по шкале или цифровому прибору (например, измерения длины и высоты с помощью линейки, напряжения — с помощью вольтметра, массы — с помощью весов).

Косвенное измерение — определение искомого значения величины на основании результата прямых измерений других величин, функционально связанных с искомой величиной (например, определение площади и объема с помощью измерения длины, ширины и высоты; электрической мощности — методом измерения силы тока и напряжения и т.д.).

Совокупные измерения — проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях (например, значение массы отдельных гирь набора определяют по известной массе одной из гирь и по результатам измерений (сравнений) масс различных сочетаний гирь). Нередко именно этим путем добиваются повышения точности результатов измерений.

Таким образом, объектом измерения является величина. Кроме того, следует иметь в виду, что под физической величиной понимают такую величину, размер которой может быть определен физическими методами.

Значение величины определяется с помощью средств измерений конкретным методом. **Метод измерений** означает совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Различают следующие методы измерений:

- **непосредственной оценки** — метод, с помощью которого значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора (измерение длины с применением линейки, массы — на пружинных весах, давление — манометром и т.д.);
- **сравнения с мерой** — измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение зазора между деталями с помощью щупа, измерение массы на рычажных весах с использованием гирь и т.д.);
- **измерений дополнением** — метод сравнения с мерой, при осуществлении которого значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению (измерение массы объекта с помощью рычажных весов, на одну чашку которых помещается объект, а на другую — гири для уравновешивания весов и измерения массы объекта);
- **дифференциальный** — измеряемую величину сравнивают с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины,

и измеряют разность между этими двумя величинами (измерение длины сравнением с образцовой мерой при помощи компаратора — средства сравнения, предназначенного для сличения мер однородных величин);

- **нулевой** — метод сравнения с мерой, при реализации которого результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля (измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием);
- **замещения** — метод сравнения с мерой, с помощью которого измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины (взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов);
- **совпадений** — метод сравнения с мерой, при осуществлении которого разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение меток шкал или периодических сигналов (измерение длины с помощью штангенциркуля с нониусом, когда наблюдают совпадение отметок на шкалах штангенциркуля и нониуса; измерение частоты вращения с помощью стробоскопа, когда положение какой-либо отметки на вращающемся объекте совмещают с отметкой на невращающейся части этого объекта при определенной частоте вспышек стробоскопа).

Различают контактный и бесконтактный методы измерений.

Контактный метод основан на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения (определение размеров отверстия штангенциркулем или индикаторным нутромером).

При **бесконтактном** методе измерений чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения (измерение расстояния до объекта с помощью радиолокатора, параметров резьбы — с помощью инструментального микроскопа).

Для того чтобы определить численное значение, необходимо выполнить **обработку результатов измерений**. Это ответственный и порой сложный этап подготовки ответа на вопрос об истинном значении измеряемого параметра (величины).

Более подробно с этими вопросами можно познакомиться в специальной литературе.

Здесь же мы рассмотрим лишь первые шаги при обработке результатов равноточных измерений, которые подчиняются нормальному закону распределения.

Определить истинное значение физической величины по результатам ее измерения невозможно в принципе. На основании результатов измерений может быть получена **оценка** этого истинного значения и диапазон, внутри которого истинное значение находится с принятой доверительной вероятностью. Если принятая доверительная вероятность равна 0,95, то истинное значение измеряемой физической величины с вероятностью 95 % находится внутри определенного интервала результатов всех измерений.

Конечной задачей обработки результатов любых измерений является получение оценки истинного значения измеряемой величины, обозначаемой \hat{Q} , и диапазона значений, внутри которого находится эта оценка с принятой доверительной вероятностью.

Для равнозначных (равнорассеянных) результатов измерений эта оценка представляет собой среднее арифметическое значение результатов X_i **единичных** измерений числом n :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

Для определения диапазона (доверительного интервала) изменения среднего значения измеряемой величины необходимо знать законы распределения этой величины и погрешности результатов измерений. В метрологической практике обычно используются следующие законы распределения результатов измерений и их погрешностей: нормальный, равномерный, треугольный и трапециевидный.

Рассмотрим случай, когда рассеяние результатов измерений подчиняется нормальному закону распределения, а результаты измерений являются равнозначными.

На первом этапе обработки результатов измерений оценивают наличие грубых погрешностей (промахов). Для этого определяют **среднеквадратичную погрешность** (СКП) результатов n единичных измерений:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

Вместо термина СКП на практике широко распространен термин СКО. При обработке ряда результатов измерений, свободных от систематических погрешностей, СКП и СКО являются одинаковой оценкой рассеяния результатов единичных измерений.

Для оценки наличия грубых погрешностей пользуются определением *доверительных границ погрешности результата измерений*. В случае нормального закона распределения они вычисляются как $\pm tS$, где t — коэффициент, зависящий от доверительной вероятности и числа измерений (выбирается по таблицам).

Если среди результатов измерений имеются такие, значения которых выходят за границы доверительного интервала, т.е. они больше или меньше среднего значения \bar{X} на величину tS , то эти результаты являются грубыми погрешностями и из дальнейшего рассмотрения исключаются.

Точность результатов наблюдений и последующих вычислений при обработке данных должна быть согласована с необходимой точностью результатов измерений. Погрешность результатов измерений следует выражать не более чем двумя значащими цифрами.

При обработке результатов наблюдений следует пользоваться правилами приближенных вычислений, а округление выполнять по следующим правилам:

1) округлять результат измерений следует так, чтобы он оканчивался цифрой того же порядка, что и погрешность. Если значение результата измерения оканчивается нулями, то нуль отбрасывается до того разряда, который соответствует разряду погрешности. Например, при погрешности изменений $\Delta = \pm 0,0005$ после вычислений получены следующие округленные результаты измерений:

$$\bar{X}_1 = 9,84236672 \cong 9,8424; \quad X_1 = (9,8424 \pm 0,0005);$$

$$\bar{X}_2 = 1,260002 \cong 1,2600; \quad X_2 = (1,2600 \pm 0,0005);$$

2) если первая из заменяемых нулем или отбрасываемых цифр (слева направо) менее 5, то остающиеся цифры не изменяются. Например, при $\Delta = 0,06$ после округления $\bar{X} = 2,3641 \cong 2,36$;

3) если первая из заменяемых нулем или отбрасываемых цифр равна 5, а за ней не следует никаких цифр или нулей, то округление производят до ближайшего четного числа, т.е. четную последнюю оставленную цифру или нуль не изменяют, а нечетную увеличивают на единицу. Например: при $\Delta = \pm 0,25$ после округления $\bar{X}_1 = 1,385 \cong 1,38$ и $\bar{X}_2 = 1,355 \cong 1,36$;

4) если первая из заменяемых нулем или отбрасываемых цифр больше или равна 5, но за ней следует отличная от нуля цифра, то последнюю оставленную цифру увеличивают на единицу. Например, при $\Delta = \pm 12$ после округления $\bar{X}_1 = 236,51 \cong 237$.

Обработка результатов измерений производится в соответствии с ГОСТ 8.736—2011 «ГСИ. Измерения прямые и многократные. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения».

Пример. Выполнить начальную обработку результатов равноточных измерений диаметра шейки вала с помощью микрометра в одних и тех же условиях:

Номер измерения.....	1	2	3	4	5
Диаметр шейки, мм	10,08	10,09	10,03	10,10	10,16
Номер измерения.....	6	7	8	9	10
Диаметр шейки, мм	10,13	10,05	10,30	10,07	10,12

1. Расположим полученные результаты X_i в монотонно возрастающий ряд: 10,03; 10,05; 10,07; 10,08; 10,09; 10,10; 10,12; 10,13; 10,16; 10,30.

2. Определим среднее арифметическое значение результатов измерений:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 101,13 / 10 = 10,113 \text{ мм.}$$

3. Вычислим среднеквадратичную погрешность результатов измерений в полученном ряду:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \cong 0,076 \text{ мм.}$$

4. Определим интервал, в котором будут находиться результаты измерений без грубых ошибок для случая, когда рассеяние результатов подчиняется нормальному закону распределения при доверительной вероятности 0,97 (значение коэффициента $t = 3$):

$$\bar{X} + 3S = 10,113 + 0,228 = 10,341 \text{ мм;}$$

$$\bar{X} - 3S = 10,113 - 0,228 = 9,885 \text{ мм.}$$

5. В данном примере результаты измерений не содержат грубых ошибок и, следовательно, все они принимаются для дальнейшей обработки.

Если бы в результатах измерений были значения более 10,341 мм и менее 9,885 мм, то пришлось бы их исключить и снова определить значения \bar{X} и S .

8.5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Обеспечение единства измерений всегда и во всех странах было важнейшей государственной функцией. До официального введения Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) метрологическая практика охватывала только средства измерений (меры и измерительные приборы). Создание ГСИ необходимо было и потому, что только поддержание высокой точности средств измерений не гарантировало достижения требуемой точности результатов измерений.

Схематически существующую систему нормативно-правовых и технических актов по обеспечению единства измерений можно изобразить в виде пирамиды, верхнюю часть которой занимает п. «р» ст. 71 Конституции Российской Федерации.

Следующая ступень — Закон Российской Федерации от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и Федеральный закон «О техническом регулировании».

Далее следуют подзаконные акты — постановления Правительства Российской Федерации.

Основание пирамиды составляет самый значительный по объему массив нормативно-правовых и нормативно-технических актов межотраслевого значения, утверждаемых федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим руководство вопросами метрологии в стране.

Федеральный закон «О техническом регулировании» «создал» новый технический правовой механизм в стране, обеспечивающий разработку, принятие, применение и исполнение обязательных требований (технических регламентов) и добровольных правил (стандартов) в отношении продукции на всех фазах жизненного цикла изделий, производственных процессов, работ и услуг.

Новый импульс по совершенствованию законодательства в области обеспечения единства измерений приходится на 2008 г. Это было вызвано стремительными процессами развития в экономике и социально-политической жизни страны, значительным расширением международных связей.

Российская система измерений является объективным инструментом для обеспечения оценки качества продукции и услуг через нормативно-правовую базу, метрологическое обеспечение производства, испытания и имеет следующие основы:

- научная — метрология, со своими постулатами;

- нормативная — законы, подзаконные акты, стандарты по метрологии и производству измерительной техники;
- техническая — средства измерений соответствующего качества (испытанные и исследованные);
- организационная — Государственная метрологическая служба (ГМС) и метрологические службы юридических и физических лиц.

Обеспечение единства измерений в масштабах всей страны осуществляет ГМС, а на конкретных предприятиях и в организациях — метрологические службы юридических лиц.

Для решения задач по обеспечению единства измерений привлекаются другие государственные службы:

- времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ);
- стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО);
- стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССА).

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляется ГМС. Она находится в ведении Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Межрегиональные территориальные управления осуществляют контрольно-надзорные функции на закрепленных за ними территориях. В соответствии с существующими федеральными округами создано семь таких управлений: Центральное (г. Москва), Северо-Западное (г. Санкт-Петербург), Южное (г. Ростов-на-Дону), Приволжское (г. Нижний Новгород), Уральское (г. Екатеринбург), Сибирское (г. Новосибирск) и Дальневосточное (г. Хабаровск).

Государственные органы управления Российской Федерации, предприятия, организации и учреждения, являющиеся юридическими лицами, создают в необходимых случаях в установленном порядке метрологические службы для выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора.

Государственный метрологический контроль включает в себя:

- утверждение типа средств измерений;
 - поверку средств измерений, в том числе эталонов;
 - лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений.
- Государственный метрологический надзор осуществляется:
- за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, этало-

нами 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.

Государственный метрологический контроль и надзор с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм распространяется:

- на здравоохранение, ветеринарию, охрану 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 технических регламентов и государственных стандартов Российской Федерации;
- регистрацию национальных и международных спортивных рекордов.

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляют должностные лица Ростехрегулирования: главные государственные инспекторы и государственные инспекторы по обеспечению единства измерений.

В сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора средства измерений подвергаются обязательным испытаниям с последующим утверждением типа средств измерений.

На средство измерений утвержденного типа и на эксплуатационные документы, сопровождающие каждый экземпляр, наносится знак утверждения типа средств измерений установленной формы.

Средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке органами Государственной метрологической службы при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту и эксплуатации. Допускается продажа и выдача напрокат только поверенных средств измерений.

Поверка средств измерений — совокупность операций, выполняемых органами ГМС (а также другими уполномоченными на то органами и организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям.

Поверка средств измерений осуществляется физическим лицом, аттестованным в качестве поверителя органом Государственной метрологической службы.

Организация и порядок выполнения поверки средств измерений регламентируются правилами ПР 50.2.006—94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений».

Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются поверительным клеймом или свидетельством.

Организационной основой Государственной системы обеспечения единства измерений является метрологическая служба Российской Федерации. До распада СССР существовала Государственная метрологическая служба, включающая в себя соответствующие управления Госстандарта СССР, его научно-исследовательские институты, территориальные центры по стандартизации и метрологии, ведомственные метрологические службы с центральными, головными и базовыми организациями, а также метрологические службы предприятий и организаций. В настоящее время метрологическая служба Российской Федерации находится в стадии становления, сейчас ее возглавляет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Метрологическая служба включает в себя:

- межрегиональные территориальные управления (МТУ);
- федеральные государственные унитарные предприятия (ФГУП);
- федеральные государственные учреждения (ФГУ);
- открытые акционерные общества (ОАО);
- консультационно-внедренческую фирму «Интерстандарт»;
- некоммерческое учреждение «Технический центр регистра систем качества»;
- образовательную автономную некоммерческую организацию «Регистр системы сертификации персонала»;
- управление метрологии Росстандарт;
- управление государственного контроля и надзора;
- научно-технические комитеты Росстандарт;
- территориальные органы — государственные органы метрологической службы (ГОМС) на территориях субъектов Федерации;
- государственные службы по обеспечению единства измерений: ГССВЧ, ГСССД и ГССО;

- метрологические службы федеральных органов исполнительной власти;
- службы главных метрологов в центральном аппарате;
- измерительные лаборатории (центры);
- метрологические службы юридических лиц;
- специализированные службы предприятий.

Особенностью принятой в настоящее время метрологической службы Российской Федерации является то, что на метрологические службы федеральных органов исполнительной власти, службы главных метрологов в центральном аппарате, головные и базовые организации метрологических служб, измерительные лаборатории (центры) и метрологические службы юридических лиц государственные функции возлагаются лишь частично. Предполагается, что в дальнейшем круг государственных функций будет расширен.

8.6. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Повышение эффективности производства и качества изделий невозможно без достижения необходимой достоверности количественной информации о значениях параметров, характеризующих выпускаемые изделия. Источниками информации являются измерения. Результаты измерений будут объективными и достоверными только при правильной организации получения измерительной информации. Этого невозможно достичь без надлежащего метрологического обеспечения. Метрологическое обеспечение — широкое понятие, требующее обязательного уточнения в зависимости от стоящих перед ним задач. Допускается применение терминов «метрологическое обеспечение измерений», «метрологическое обеспечение производства», «метрологическое обеспечение систем качества», «метрологическое обеспечение стандартизации» и ряда других.

Под *метрологическим обеспечением* принято понимать комплекс мероприятий по установлению и использованию научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства, а также точности, полноты, своевременности, оперативности измерений, достоверности контроля параметров и характеристик объектов.

Метрологическое обеспечение сопровождает изделие на всех стадиях его жизненного цикла, включающего в себя:

1) исследование и обоснование необходимости разработки (разработка, согласование и утверждение технического задания);

2) разработка (эскизного проекта, технического проекта, конструкторской документации), изготовление опытного образца изделия (составной части), проведение предварительных испытаний, подготовка к государственным испытаниям; государственные испытания;

3) производство;

4) эксплуатация;

5) капитальный ремонт;

6) утилизация.

Рассмотрим основные цели и задачи метрологического обеспечения, решаемые на каждой стадии жизненного цикла изделия.

На **первой** стадии основными целями метрологического обеспечения являются достижение требуемых характеристик разрабатываемых изделий путем обоснованного выбора методов измерений, установление значений допустимых отклонений на каждый из параметров с учетом условий проведения измерений, использования необходимых средств, обеспечивающих надежное и достоверное измерение и контроль выбранных параметров изделий, а также обработки их результатов стандартными или вновь разработанными методиками. Основные задачи метрологического обеспечения в процессе исследования и обоснования разработки следующие:

- определение номенклатуры параметров, контролируемых в процессе эксплуатации;
- оценка возможности существующего парка средств измерений для метрологического обеспечения изделий;
- разработка предложений по метрологическому обеспечению испытаний изделий;
- организация проведения, при необходимости, комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых средств измерений;
- организация и проведение метрологической экспертизы материалов технического предложения и технического задания и разработка плана мероприятий по устранению выявленных недостатков.

Цели метрологического обеспечения на **второй** стадии:

- установление (выбор) параметров изделия, подлежащих измерениям и измерительному контролю при испытаниях, производстве и эксплуатации, а также параметров технологических процессов, контролируемых в процессе производства;
- выбор средств, обеспечивающих измерения, контроль выбранных параметров и характеристик разрабатываемых изделий,

а также осуществление технологических процессов с заданной точностью;

- разработка методов и изготовление недостающих средств измерений и испытаний.

Основные задачи метрологического обеспечения:

- определение и обоснование перечня измеряемых параметров и характеристик изделия, его составных частей, допустимых отклонений на измеряемые параметры, погрешности измерений на основе анализа заданных технических характеристик изделия;
- обоснование перечня параметров, подлежащих контролю в процессе эксплуатации, и требований к достоверности контроля;
- организация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке проблемных вопросов измерений и метрологического обеспечения процесса измерений, новых средств измерений, контроля и испытаний;
- установление требований по поверке (калибровке) средств измерений, входящих в состав изделия, разработка методик поверки;
- выявление особенностей метрологического обеспечения изделия и его составных частей;
- проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации на изделие и его составные части (если это установлено в соответствующих документах);
- анализ состояния и организация работ по метрологическому обеспечению производства;
- оценка реальной точности измерений и достоверности контроля основных параметров;
- обеспечение средств измерений средствами их поверки (калибровки);
- участие в разработке программы и методик государственных испытаний;
- проверка готовности метрологического обеспечения государственных испытаний.

При проведении государственных испытаний осуществляется:

- проверка соответствия метрологического обеспечения эксплуатации изделия требованиям технического задания в соответствии с программой и методикой государственных испытаний;
- определение фактических значений основных параметров и оценка соответствия полученных значений заданным;
- проведение метрологической экспертизы изделия (в случаях, предусмотренных соответствующими нормативными докумен-

тами), разработка мероприятий и устранение недостатков, изложенных в акте государственных испытаний.

На *третьей* стадии жизненного цикла изделия, в ходе метрологического обеспечения его производства, требуемые показатели качества достигаются с помощью измерительного контроля каждой операции технологического процесса. На этом этапе выполняются работы по автоматизации процессов измерений и измерительного контроля, проводится анализ и определяются методы и средства измерений в технологических процессах, разрабатываются методики выполнения измерений и проводится их аттестация, если это предусмотрено соответствующими нормативными документами, технологические процессы и техническая документация подвергаются метрологической экспертизе. Для предотвращения нарушений необходимо оснастить промышленное оборудование измерительными средствами, которые следили за его состоянием и состоянием обрабатываемого инструмента. Также в автоматизированных производствах все более широкое применение находят роботы, возможности которых в значительной степени определяются способностью ориентироваться в окружающей обстановке, приспосабливаться к ней и реагировать на ее изменения. Для этого они должны иметь в своем составе измерительные устройства. Поэтому при управлении качеством производства все большее внимание уделяется контролируемости (наблюдаемости) технологического процесса.

Основными целями метрологического обеспечения в процессе производства является выпуск предприятием изделий, соответствующих требованиям конструкторской, технологической и нормативной документации, а также предупреждение производственного брака, получение информации о качестве готовой продукции и состоянии технологического процесса.

Значительная масса средств измерений используется на *четвертой* стадии жизненного цикла изделия, в процессе эксплуатации, для контроля и прогнозирования их технического состояния, отыскания отказов и неисправностей, измерения характеристик, настройки, калибровки, юстировки и регулировки.

Метрологическое обеспечение эксплуатации изделия — это комплекс научных и организационно-технических мероприятий, направленных на выполнение точных и своевременных измерений, соблюдение единства, требуемой точности измерений и повышение достоверности измерительного контроля параметров в процессе эксплуатации изделия. На этой стадии метрологическое обеспечение решает следующие основные задачи:

- подготовка рекомендаций по совершенствованию метрологического обеспечения эксплуатации продукции;
- формирование парка средств измерений и своевременное проведение его поверки;
- ремонт и хранение средств измерений;
- проведение работ по усовершенствованию методов передачи размеров единиц физической величины от эталонов к рабочим средствам измерений;
- обслуживание, хранение и совершенствование эталонов;
- подготовка кадров по вопросам метрологического обеспечения;
- метрологический надзор.

На всех этапах жизненного цикла изделия проводят техническое обслуживание технической базы метрологического обеспечения, представляющее собой комплекс работ по поддержанию его в исправном и работоспособном состоянии.

Цель метрологического обеспечения на *пятой* стадии — «капитальный ремонт» обеспечить соответствие метрологического обеспечения прогрессивным методикам выполнения измерений.

Основные задачи метрологического обеспечения:

- анализ метрологического обеспечения ремонтного производства;
- уточнение в конструкторской и ремонтной технологической документации значений контролируемых параметров, а также параметров и характеристик технологических процессов ремонта, подлежащих измерению или контролю с нормируемой точностью;
- обеспечение условий проведения измерений (температурный режим, электромагнитные поля и т. д.);
- внедрение новых методик измерений;
- обеспечение ремонтных служб предприятия средствами измерений;
- метрологический надзор за соблюдением метрологических норм и правил, состоянием и применением средств измерений.

От уровня метрологического обеспечения на этом этапе зависит эффективность и качество капитального ремонта изделия.

Завершающая — *шестая* — стадия жизненного цикла изделия — утилизация. Это одна из серьезных проблем современности, поскольку утилизация приобрела по своим масштабам государственное значение. Цель метрологического обеспечения на этой стадии — переход от процессов простого уничтожения (ликвидации) изделия к промышленной утилизации, в результате которой могут получить «вторую жизнь» не только комплектующие детали, агрегаты и системы, но и все изделие в целом.

Метрологическое обеспечение на этом этапе предоставляет возможность использования изделий, соответствующих требованиям надежности и качества при их дальнейшей эксплуатации. Метрологическое обеспечение должно сопровождаться надежными и качественными измерениями, а также соответствующими аналитическими исследованиями состава утилизируемых материалов. По своей сути утилизация также является технологическим процессом, как и производство изделий. Основная задача метрологического обеспечения на этом этапе — создание таких условий, при которых возможно использование только тех изделий или материалов, которые соответствуют требованиям надежности, качества и безопасности для жизни людей и окружающей среды при дальнейшей эксплуатации.

Правильное понимание необходимости и важности целей и задач метрологического обеспечения изделия на всех стадиях его жизненного цикла позволяет организовать надлежащее метрологическое обеспечение разрабатываемых, выпускаемых и эксплуатирующихся изделий, чтобы добиться их высокого качества, надежности и конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой метрология?
2. С какой целью осуществляют измерения?
3. Что означает термин «физическая величина»?
4. Что такое истинное и действительное значения величины?
5. Чем отличается кратная единица величины от дольной?
6. Что представляют собой эталоны единиц величин и каково их основное назначение?
7. Какая схема называется поверочной?
8. Какие методы измерений применяются в промышленности?
9. С какой целью выполняется обработка результатов измерений?
10. Перечислите этапы жизненного цикла изделия. На каком этапе проверяется технический уровень изделия?
11. Назовите два основных документа, которые определяют правовые основы обеспечения единства измерений.
12. Что представляет собой поверка и кто имеет право выполнять поверку средств измерений?
13. Что является организационной основой обеспечения единства измерений в Российской Федерации?
14. Какие организации включает в себя метрологическая служба Российской Федерации?
15. Назовите основные величины международной системы единиц и их условные обозначения.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

9.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Рассмотрим классификацию средств измерений, реализующих виды измерений, рассмотренных в подразд. 8.4.

В соответствии с РМГ 29—2013 *средство измерений* (СИ) — техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики.

Термин «средство измерений» является обобщенным понятием, объединяющим самые разнообразные конструктивно законченные устройства, обладающие одним из двух признаков:

- воспроизведение величины данного (известного) размера;
- выработка сигнала (показания), несущего информацию о размере (значении) измеряемой величины.

К средствам измерений относятся меры, измерительные приборы, преобразователи, установки и системы.

Мера — СИ, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями (концевая мера длины, эталонная гиря, измерительный резистор, меры твердости и др.).

Меры бывают **однозначные** (воспроизводят величину одного размера — концевые меры длины, конденсаторы постоянной емкости) и **многозначные** (воспроизводят величину разных размеров — рулетки, разделенные на миллиметры, сантиметры, метры; конденсаторы переменной емкости; меры состава и свойств веществ и материалов, особенно для физико-механических измерений в металлургии, медицине, экологии, производстве продуктов и т. д.).

Измерительный прибор — СИ, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для

непосредственного восприятия (микрометр, вольтметр, термометр и др).

По способу измерения информации различают приборы прямого действия (амперметр, термометр) и сравнения (весы, потенциометр), а по способу образования показаний — показывающие (шкальные приборы — штангенинструмент, нутромеры) и регистрирующие.

Измерительный преобразователь — СИ или его часть, служащее для получения и преобразования информации об измеряемой величине в форму, удобную для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи (терморезистор, фоторезистор, электропневматический преобразователь).

Преобразователь, стоящий первым в измерительной цепи, обычно называется **первичным** (термопара). Существуют **промежуточные** (вторичные) преобразователи, которые, как правило, не меняют род ФВ.

Датчик — конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы.

Измерительная установка — совокупность функционально объединенных и расположенных в одном месте мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких величин.

Измерительная система — совокупность СИ и других средств измерительной техники, размещенных в разных точках объекта измерения, функционально объединенных с целью измерений одной или нескольких величин, свойственных этому объекту.

В зависимости от назначения измерительные системы подразделяют на измерительные, информационные, контролирующие, управляющие и др.

Одним из важных элементов измерительной системы является **средство сравнения** — техническое средство или определенная создаваемая среда, посредством которых можно выполнять сравнение друг с другом мер однородных величин или показания измерительных приборов.

Широко распространенное средство сравнения — **компаратор** (например, потенциометр или рычажные весы), предназначенный для сличения мер однородных величин. Он не является хранителем единицы. Эту функцию выполняют меры (нормальный элемент — при электрических измерениях, гиря — при механических). К средствам сравнения относятся различные среды (например, градуировочная жидкость, температурное поле, создаваемое термостатом).

В качестве **вспомогательных элементов** (измерительных принадлежностей) измерительных систем применяют устройства, служащие для обеспечения необходимых внешних условий при выполнении измерений. К ним относятся, например, барокамера, термостат, устройства, экранирующие влияние магнитных полей, измерительные усилители, специальные противовибрационные фундаменты и даже обыкновенная лупа. Эти элементы позволяют повышать чувствительность измерительных устройств или предохранять измеряемую величину от искажающего действия влияющих величин.

Более сложной структурной схемой измерительной системы является схема измерительной информационной системы, в состав которой дополнительно входят такие устройства, как различные преобразователи аналогового, аналого-цифрового, цифрового типов, цифровые устройства вывода информации, стандартизованные интерфейсы (шины и узлы), устройство управления, исполнительное устройство и др.

Вспомогательные устройства, служащие для обеспечения операций измерения, передачи и обработки информации (источники питания, коммутаторы, усилители, термостаты и др.) составляют **измерительные принадлежности**.

9.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ ПО ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ПРИЗНАКАМ

Средства измерений и контроля, применяемые в машиностроении, классифицируют по различным признакам:

- типу и виду контролируемых ФВ;
- назначению;
- числу проверяемых параметров при одной установке объекта измерения;
- степени механизации и автоматизации процесса измерения.

Средства измерений и контроля классифицируются также по типу (геометрические, механические, тепловые, электрические, времени и частоты, состава веществ и т. д.) и виду контролируемых ФВ (линейные размеры, углы и конусы, резьбы и т. д.).

Универсальные измерительные инструменты и приборы находят широкое применение в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для определения численных величин

и отклонений от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей (в случае отсутствия специальных приспособлений), при наладке станков и особо ответственных измерениях при любых видах производства, включая массовое и крупносерийное (рис. 9.1).

В условиях все расширяющейся автоматизации технологических процессов обработки деталей, сборки узлов и агрегатов машин, повышения требований к производительности, точности и качеству обработки при массовом производстве машин, все большее значение приобретают *автоматические средства контроля*. Их классифицируют по степени автоматизации (ручные, механизированные, полуавтоматические, автоматические), воздействию на технологический процесс (пассивные, активные), способу преобразования измерительного импульса (механические, пневматические, гидравлические, электрические, оптические), месту их установки (до обрабатываемой позиции, на обрабатываемой позиции, после обрабатываемой позиции) и числу проверяемых параметров (одномерные, многомерные).

9.3. **ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Для создания и изучения измерительных систем и отдельных средств измерений часто применяют так называемые общие структурные схемы средств измерений и контроля. На этих схемах изображены отдельные элементы средств измерений в виде символических блоков, соединенных друг с другом сигналами, характеризующими физические величины.

Документ РМГ 29—2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» описывает следующие общие структурные элементы средств измерений: чувствительный и преобразовательный элементы, измерительная цепь, измерительное, показывающее и регистрирующее устройства.

Первичной задачей любого средства измерений является восприятие ФВ. Эту функцию выполняет чувствительный элемент.

Чувствительный элемент средства измерений — измерительный преобразователь, на который непосредственно воздействует материальный объект или явление, являющееся носителем величины, подлежащей измерению. Именно этот элемент определяет способность средства измерений реагировать на изменения измеряемой величины.

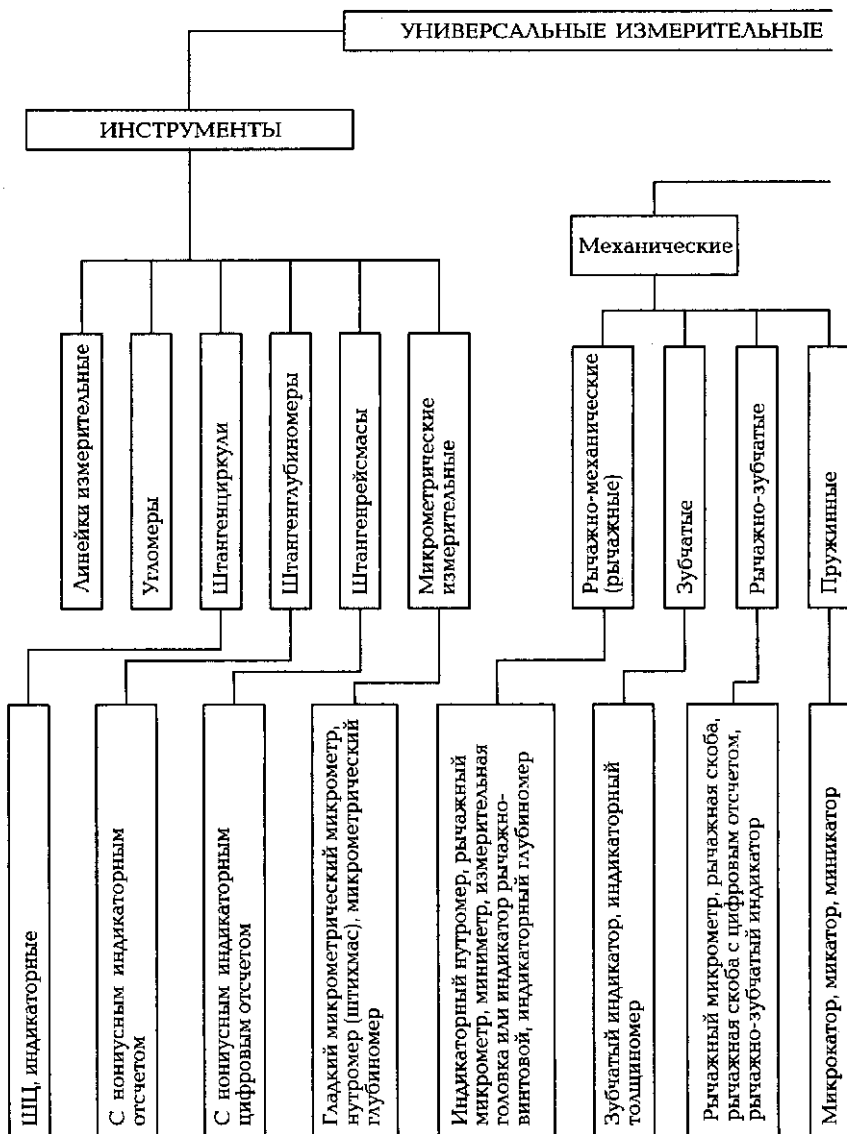
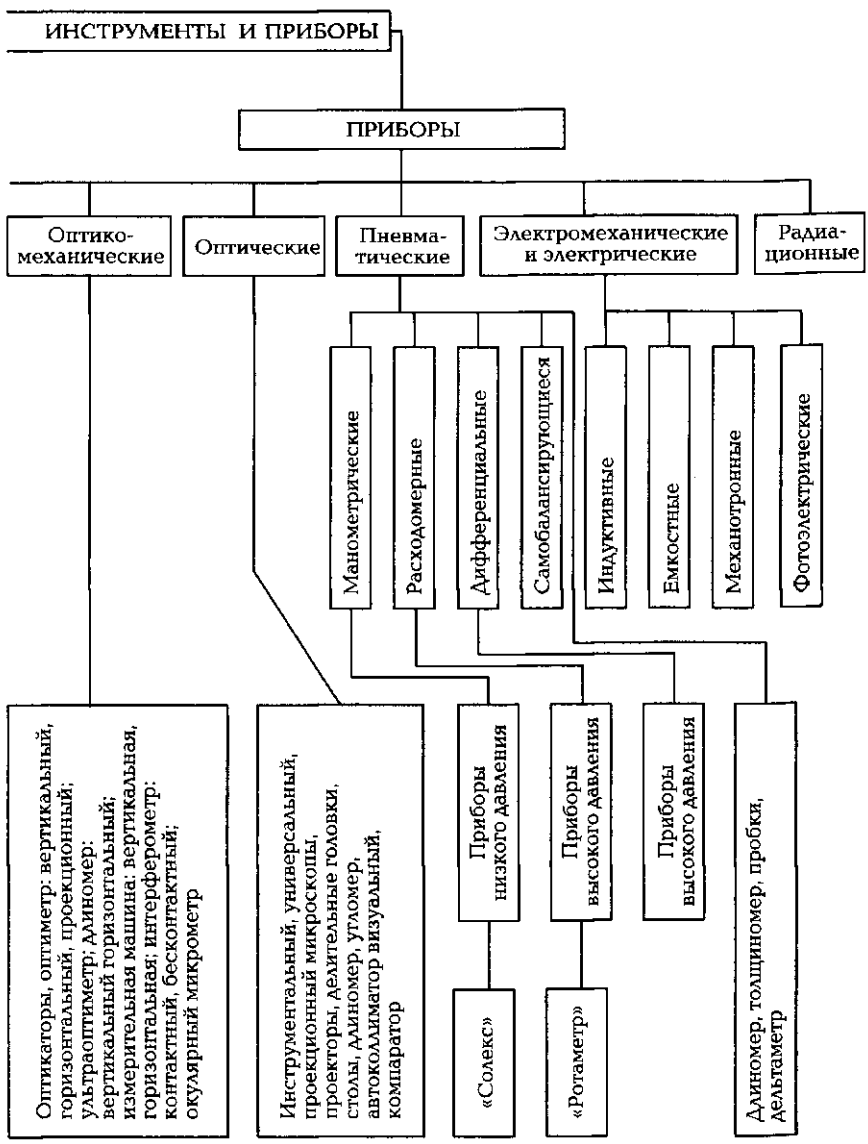


Рис. 9.1. Классификация универсальных измерительных инструментов и приборов



Конструктивные разновидности чувствительного элемента весьма разнообразны.

Основным назначением этого элемента является выработка сигнала измерительной информации в форме, удобной для дальнейшей обработки. Этот сигнал может быть механическим (перемещение, поворот), пневматическим, электрическим и др.

При использовании для измерений определенных физических явлений возникает необходимость преобразовывать сигнал, полученный чувствительным элементом, в другую ФВ (например, давление — в электрическую величину, температуру — в давление и т. д.).

Эту функцию выполняет **преобразовательный элемент**. Он предназначен для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения (например, преобразования неэлектрической величины в электрическую). Как правило, эта информация не поддается непосредственному восприятию наблюдателем. Преобразовательный элемент может быть выделен в отдельную конструкцию, а может содержать два преобразователя и более.

Для дистанционной передачи сигнала измерительной информации предусматриваются **передающие** измерительные преобразователи, а для его изменения в заданное число раз — **масштабные** измерительные преобразователи. Например, индуктивные и пневматические преобразователи относят к передающим преобразователям, а делители напряжений на входе вольтметров или электронных осциллографов и измерительные усилители — к масштабным измерительным преобразователям.

Измерительная цепь средства измерений — это последовательность элементов средства измерений, которая образует единый путь сигнала от чувствительного элемента к выходному элементу, формирующему показание.

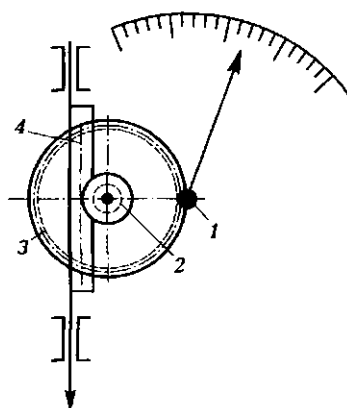
Измерительный механизм — часть конструкции средства измерений, состоящая из элементов, взаимодействие которых вызывает их взаимное перемещение. Например, измерительный механизм индикатора часового типа (рис. 9.2) состоит из зубчатых колес 1—3 и зубчатой рейки 4.

Измерительное устройство — часть измерительного прибора (установки или системы), связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию.

Регистрирующее устройство средства измерений — это совокупность элементов средства измерений, которые регистрируют значение измеряемой или связанной с ней величины. Оно часто

Рис. 9.2. Конструкция измерительного механизма индикатора часового типа:

1—3 — зубчатые колеса; 4 — зубчатая рейка



включает в себя шкалу и указатель. В самопишущих приборах отсчетное устройство осуществляет запись в виде диаграммы, а в интегрирующем приборе чаще всего применяется счетный механизм.

Шкала — часть средства измерений, представляющая собой упорядоченный набор меток вместе со значениями соответствующей величины. Шкалы бывают одно- (рис. 9.3, а) и двухсторонними (рис. 9.3, б), а также безнулевыми (рис. 9.3, в). В **односторонних** шкалах один из пределов измерений средства измерений равен нулю, в **двухсторонних** — нулевое значение расположено на шкале, а в **безнулевых** — нулевое значение отсутствует на шкале.

В соответствии с ГОСТ 8.401 — 80 «ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования» **практически равномерной** называется шкала, длины делений которой отличаются друг от друга

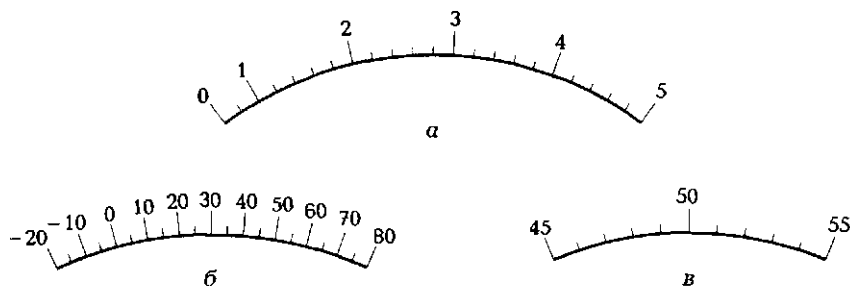


Рис. 9.3. Виды шкал:

а — односторонняя; б — двухсторонняя; в — безнулевая

не более чем на 30 % и имеют постоянную цену делений. **Существенно неравномерная шкала** — это шкала с сужающимися делениями, а **степенная шкала**, отличная от указанных шкал, имеет расширяющиеся деления.

Указатель — часть показывающего устройства, положение которой относительно отметок шкалы определяет показания средства измерений. Указатель может быть выполнен в виде материального стержня — стрелки (см. рис. 9.2) или в виде луча света — светового указателя.

В **показывающих приборах** при наличии шкалы и указателя возможны отсчетные устройства двух видов, у которых указатель перемещается относительно неподвижной шкалы (индикаторы часового типа, вольтметры, амперметры и др.) или шкала перемещается относительно неподвижного указателя (микрометры, оптиметры и др.).

Цифровые отсчетные устройства бывают либо механические, либо световые. Механические отсчетные устройства используют в тех цифровых приборах, у которых измеряемая величина преобразуется в соответствующие углы поворота валов (например, отсчетные устройства у некоторых типов бензоколонок, приборов с цифровой лентой, цифровым роликом и др.).

Световые табло, состоящие, как правило, из системы индикаторных устройств на жидких кристаллах, используются в электронных цифровых средствах измерений, у которых измеряемые величины преобразуются в определенную последовательность импульсных сигналов (например, табло электронных часов, штангенциркуль с электронным цифровым отсчетным устройством и др.).

В качестве регистрирующих измерительных приборов широко применяются **самопишущие**, в которых предусмотрена запись показаний в форме диаграммы (самопишущий вольтметр, профилограф, барограф, термограф и др.), и **печатающие**, в которых предусмотрено печатание показаний в цифровой форме.

Каждое отдельное средство измерений также может быть изображено соответствующей структурной схемой. Например, на рис. 9.4, а представлена схема преобразователя давления. Мембрана 1 воспринимает измеряемую величину (давление воздуха) и через рычаг 2 перемещает движок 3 реостата, изменяя его электрическое сопротивление, которое для этого устройства является выходной величиной. В соответствии с принятой терминологией элемент 1 структурной схемы (рис. 9.4, б) является первичным преобразователем, а элементы 2 и 3 — промежуточным и передающим преобразователями соответственно.

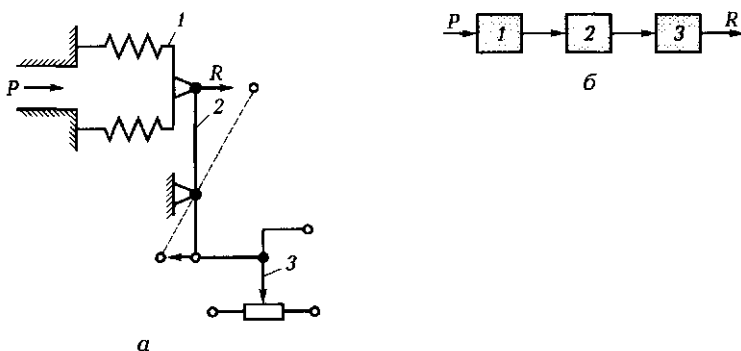


Рис. 9.4. Схемы преобразователя давления:

a — схема устройства: 1 — мембрана; 2 — рычаг; 3 — движок реостата; *б* — структурная схема: 1 — первичный преобразователь; 2 — промежуточный преобразователь; 3 — передающий преобразователь; *P* — давление воздуха; *R* — электрическое сопротивление

Объединение и сочетание в различных комбинациях средств измерений, их структурных элементов и вспомогательных устройств позволяет получить широкую гамму измерительных систем, предназначенных для автоматизации процесса измерений и использования результатов измерений для автоматического управления различными процессами производства.

9.4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Важнейшими свойствами средств измерений и контроля являются те, от которых зависит качество получаемой с их помощью измерительной информации. Качество измерений характеризуется точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений, а также размером допускаемых погрешностей.

Метрологическая характеристика средства измерений — это характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений.

ГОСТ 8.009—84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» устанавливает комплекс нормируемых метрологических характеристик средств измерений, которые выбираются из числа, приводимых далее.

Характеристики, предназначенные для **определения результатов измерений** (без введения поправки):

- функция преобразования измерительного преобразователя;
- значение однозначной или значения многозначной меры;
- цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- вид выходного кода, число разрядов кода.

Характеристики **погрешностей** средств измерений — характеристики систематической и случайной составляющих погрешностей, вариация выходного сигнала либо характеристика погрешности средств измерений.

Характеристики **чувствительности** средств измерений к **влияющим величинам** — функция влияния или изменение значений метрологических характеристик средств измерений, вызванное изменениями влияющих величин в установленных пределах.

Динамические характеристики средств измерений подразделяют на полные и частные. К первым относят переходную, амплитудно-фазовую и импульсную характеристики, а также передаточную функцию. К частным динамическим характеристикам отнесены время реакции, коэффициент демпфирования, постоянная времени и значение резонансной собственной круговой частоты.

Неинформативные параметры выходного сигнала средства измерений — параметры выходного сигнала, не используемые для передачи или индикации значения информативного параметра входного сигнала измерительного преобразователя или не являющиеся выходной величиной меры.

Рассмотрим подробно наиболее часто встречающиеся метрологические характеристики средств измерений, которые обеспечиваются определенными конструктивными решениями средств измерений и их отдельных узлов.

Цена деления (шкалы) — это разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений. Например, если перемещение указателя шкалы из положения I в положение II (рис. 9.5, а) соответствует изменению величины в 0,001 мм, то цена деления этой шкалы равна 0,001 мм. Чаще всего используют кратные и дольные значения от 1 до 2, а именно 0,01; 0,02; 0,1; 0,2; 1; 2; 10 мкм и т.д. В угломерных средствах измерений применяют круговые шкалы с ценой деления 1°, а дополнительное отсчетное устройство позволяет отсчитывать доли этих делений в минутах и секундах. Цена деления шкалы всегда указывается на шкале средства измерений.

Длина (интервал) деления шкалы — это расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы (рис. 9.5, б), измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы. На практике, исходя из разрешающей силы глаз оператора (остроты зрения), учитывая ширину отметок шкалы и указателя, минимальная длина деления шкалы принимается равной 1 мм, а максимальная — 2,5 мм. Наиболее распространенная длина равна 1 мм. У пневматических приборов с водяным манометром длина деления шкалы составляет около 5 мм.

Начальное и конечное значения шкалы — соответственно наименьшее и наибольшее значения измеряемой величины (рис. 9.5, в), которые могут быть отсчитаны по шкале средства измерений.

Диапазон показаний — область значений шкалы измерительного прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы (рис. 9.5, в). Эту характеристику часто называют пределами измерения по шкале. Например, для индикаторов часового типа диапазон может составлять 2,5 или 10 мм, а для гладких микрометров — 25 мм, для оптиметра — $\pm 0,1$ мм.

Диапазон измерений — это множество значений величин одного рода, которые могут быть измерены данным средством измерений или измерительной системой с указанной инструментальной неопределенностью или указанными показателями точности при определенных условиях. Например, для гладких микрометров этот

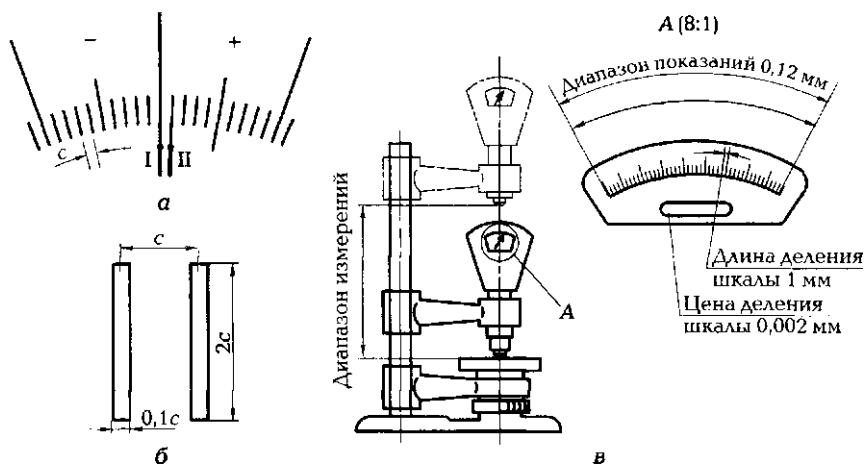


Рис. 9.5. Основные метрологические характеристики средств измерений: а — цена деления шкалы; б — длина деления шкалы; в — диапазон показаний и диапазон измерений; I, II — положения указателя шкалы; с — цена деления

параметр составляет 0... 25 мм; 25... 50 мм; 50... 75 мм и т.д., а для большого инструментального микроскопа (тип БМИ) по оси X — 0... 150 мм и по оси Y — 0... 75 мм.

Одной из основных характеристик средств измерений линейных и угловых величин контактным методом является **измерительное усилие**, которое возникает в зоне контакта измерительного наконечника средства измерений с измеряемой поверхностью в направлении линии измерения. Оно необходимо для того, чтобы обеспечить устойчивое замыкание измерительной цепи. В зависимости от допуска контролируемого изделия (2... 10 мкм) рекомендуемое измерительное усилие находится в пределах 2,5... 3,9 Н, а при допуске свыше 10 мкм составляет 9,8 Н. Важным показателем измерительного усилия является его **перепад** — разность измерительных усилий при двух положениях указателя в пределах диапазона показаний. Стандарт ограничивает эту величину в зависимости от типа средства измерений. Например, для микрометра с ценой деления 0,01 мм колебание измерительного усилия допускается в пределах 2 Н, для индикаторов часового типа с той же ценой деления — 0,8 Н, а для измерительных пружинных головок — 0,2... 2 Н.

Свойство средства измерений, заключающееся в его способности реагировать на изменения измеряемой величины, называется **чувствительностью**. Она оценивается отношением изменения показаний средства измерений к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Порог чувствительности средства измерений — наименьшее значение изменения величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством. Эта характеристика важна при оценке малых перемещений.

Кроме рассмотренных ранее характеристик средств измерений на практике используются и такие понятия, как **стабильность меры** (свойство меры сохранять неизменным во времени свое значение), **стабильность измерительного прибора** (свойство прибора сохранять неизменными во времени поправки к его показаниям) и **вариация показаний** — разность показаний измерительного прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины. Обычно вариация показаний у средств измерений составляет 10... 50 % цены деления и определяется путем многократного арретирования наконечника средства измерений.

Особое место в метрологических характеристиках средств измерений занимают погрешности измерений и, в частности, погрешности самих средств измерений.

Инструментальные погрешности возникают вследствие недостаточно высокого качества элементов средств измерений. К этим погрешностям можно отнести погрешности изготовления и сборки средств измерений; погрешности, вызываемые трением в механизме средства измерений и недостаточной жесткостью его деталей и т. д. Инструментальная погрешность индивидуальна для каждого средства измерений.

Причиной возникновения **методических** погрешностей служит несовершенство метода измерений, так как мы сознательно измеряем или используем на выходе средств измерений не ту величину, которая нам нужна, а другую, которая отражает нужную лишь приблизительно, но ее измерение гораздо проще реализовать.

За **основную** погрешность принимают погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях. Известно, что наряду с чувствительностью к измеряемой величине средство измерений имеет некоторую чувствительность и к неизмеряемым, но влияющим величинам, например к температуре, атмосферному давлению, вибрации, ударам и т. д. Поэтому любое средство измерений имеет основную погрешность, которая отражается в нормативно-технической документации (НТД).

При эксплуатации средств измерений и контроля в производственных условиях возникают отклонения от нормальных условий, вызывающие **дополнительные** погрешности. Эти погрешности нормируются соответствующими коэффициентами влияния изменения отдельных влияющих величин на изменение показаний.

Погрешности средств измерений нормируют установлением предела допустимой погрешности. **Предел допустимой погрешности средства измерений** — наибольшее значение погрешности средств измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению. Например, пределы допустимой погрешности концевой меры длины класса 1 длиной 100 мм составляют ± 50 мкм, а для амперметра класса 1,0 — $\pm 1\%$ верхнего предела измерений.

Кроме того, все вышеперечисленные погрешности измерений подразделяют по виду на систематические, случайные и грубые, статические и динамические составляющие погрешностей, а также абсолютные и относительные погрешности.

Погрешности средств измерений могут выражаться в виде **абсолютной** погрешности: $\Delta = X_{\text{п}} - X_{\text{д}}$, где $X_{\text{п}}$ — показание прибора; **относительной** погрешности, %: $\delta = \frac{\Delta}{X_{\text{д}}} 100$, и **приведенной**

погрешности, %: $\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100$, где X_N — нормирующее значение измеряемой физической величины, %.

В качестве нормирующего значения может быть принят предел измерения данным средством измерений. Например, $X_N = 10$ кг для весов с пределом измерения массы 10 кг.

Если в качестве нормирующей величины принимается размах всей шкалы, то именно к значению этого размаха в единицах измеряемой ФВ и относят абсолютную погрешность. Например, $X_N = 200$ мА для амперметра с пределами измерения $-100 \dots +100$ мА.

Для каждого средства измерений погрешность приводится только в какой-то одной форме.

Если погрешность средства измерений при неизменных внешних условиях постоянна во всем диапазоне измерений, то $\Delta = \pm a$.

Если она меняется в указанном диапазоне, то $\Delta = \pm(a + bX)$.

При $\Delta = \pm a$ погрешность называется **аддитивной**, а при $\Delta = \pm(a + bX)$ — **мультипликативной**.

Для аддитивной погрешности

$$\delta = \pm p;$$

для мультипликативной —

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{X_n}{X_a} \right) - 1 \right].$$

Приведенная погрешность

$$\gamma = \pm q.$$

Для обобщенной характеристики точности средств измерений, определяемой пределами допустимых погрешностей (основной и дополнительной), а также другими их свойствами, влияющими на погрешность измерений, вводится понятие **класса точности средств измерений**. Единые правила установления пределов допустимых погрешностей показаний по классам точности средств измерений регламентирует ГОСТ 8.401 — 80.

Несмотря на то что класс точности характеризует совокупность метрологических свойств данного средства измерений, он не определяет однозначно точность измерений, так как последняя зависит также от метода измерений и условий их выполнения.

Классы точности определяются стандартами и техническими условиями, содержащими технические требования к средствам

измерений. Для каждого класса точности средств измерений конкретного типа устанавливаются конкретные требования к метрологическим характеристикам, в совокупности отражающие уровень точности. Единые характеристики для средств измерений всех классов точности (например, входные и выходные сопротивления) нормируются независимо от классов точности. Средства измерений нескольких ФВ или с несколькими диапазонами измерений могут иметь два класса точности и более. Например, электроизмерительному прибору, предназначенному для измерения электрического напряжения и сопротивления, могут быть присвоены два класса точности: один — как вольтметру, другой — как амперметру.

Классы точности присваивают средствам измерений при разработке. В процессе эксплуатации метрологические характеристики средств измерений ухудшаются. Поэтому допускается понижение класса их точности по результатам метрологической аттестации или поверки. Например, предусмотрено понижение класса точности при поверке концевых мер длины, если отклонение длины меры от номинального значения, установленное в результате поверки, превышает предел допустимых отклонений для класса точности, присвоенного ранее.

В связи с большим разнообразием средств измерений и их метрологических характеристик в ГОСТ 8.401 — 80 определены способы обозначения, причем выбор способа зависит от того, в каком виде нормирована погрешность.

Например, если $\delta = \pm 1\%$, то класс точности средства измерений 0,1; если приведенная погрешность $\gamma = \pm 1,5\%$, то класс точности средства измерений 1,5. Это справедливо для приведенной погрешности, нормируемой значением ФВ в принятых единицах. В тех случаях, когда погрешность нормируется длиной шкалы прибора, класс точности также равен численному значению γ , но обозначается по-другому. Например, $\gamma = 0,5\%$ ($X_N = 1$) — класс точности 0,5.

Если погрешность средства измерений определяется формулой мультипликативной погрешности, то она обозначается как отношение c/d . Например, если $\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left| \frac{X_p}{X_A} \right| - 1 \right) \right]$, то класс точности средства измерений обозначается 0,02/0,01.

Проиллюстрируем это на следующем примере. Имеется вольтметр с пределами измерений 0...100 В. На него подается напряжение 50 В. Результат измерения составляет 48,5 В. Необходимо определить класс точности по Δ , δ и γ .

Если $\Delta = 1,5$ В, $\delta = 3\%$ и $\gamma = 1,5\%$, то по Δ имеем класс точности 6, по δ — 3 и по γ — 1,5.

Чтобы отличить относительную погрешность от приведенной, на средстве измерений ее обводят кружком. С той же целью под обозначением класса точности на средстве измерений ставят знак «V» (это значит, что предел абсолютной погрешности приведен к длине шкалы или к ее части, а не к номинальной точке шкалы).

Примеры обозначения классов точности приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Примеры обозначения классов точности приборов				
Формула для определения пределов допустимых погрешностей	Примеры пределов допустимой основной погрешности	Обозначение класса точности		Примечание
		в документации	на средствах измерения	
$\Delta = \pm a$	—	Класс точности М	—	—
$\Delta = \pm (a + bX)$	—	Класс точности С	С	—
$\gamma = \Delta/X_N = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5	Если X_N выражено в единицах величины
	$\gamma = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5 V	Если X_N определяется длиной шкалы (ее части)
$\delta = \Delta/X = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	⓪,5	—
$\delta = \pm [c + d \times (X_H/X - 1)]$	$\delta = \pm [0,02 + 0,01 \times (X_H/X - 1)]$	Класс точности 0,02 / 0,01	0,02/0,01	—

Примечание. Δ — пределы допустимой абсолютной погрешности измерений, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы; X — значение измеряемой величины на входе (выходе) средства измерений или число делений, отсчитываемых по шкале; a, b — положительные числа, не зависящие от X ; δ — пределы допустимой относительной основной погрешности, %; q, p — больший (по модулю) из пределов измерений; c, d — положительные числа, выбираемые из ряда; $c = b + d$; $d = a|X_N|$; γ — пределы допустимой приведенной основной погрешности, %; X_N — нормирующее значение измеряемой величины.

Измерение и контроль геометрических величин в машино-, станко-, автомобиле-, тракторо-, приборостроении и многих других отраслях является основой проверки качества продукции и управления современными технологическими процессами.

Меры длины концевые плоскопараллельные. Эти средства измерений (ГОСТ 9038—90 «Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия») предназначены для передачи размеров от выраженных через длину световой волны до изделия. Это основное назначение концевых мер длины осуществляется путем их применения для хранения и передачи единицы длины, поверки и градуировки различных мер и средств измерений, поверки калибров, определения размеров изделий и приспособлений, для разметочных и координатно-расточных работ, наладки станков и инструментов и т. д.

В соответствии с ГОСТ 9038—90 концевые меры длины имеют форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскопараллельными измерительными поверхностями (рис. 9.6, а).

За размер плоскопараллельной концевой меры длины принимается ее **срединная длина l** (рис. 9.6, б), которая определяется длиной перпендикуляра, проведенного из середины одной из измерительных поверхностей меры на противоположную измерительную поверхность. Номинальный размер срединной длины наносится на каждую меру.

Концевые меры могут иметь следующие классы точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3 — из стали; 00; 0; 1; 2 и 3 — из твердого сплава (класс 00 —

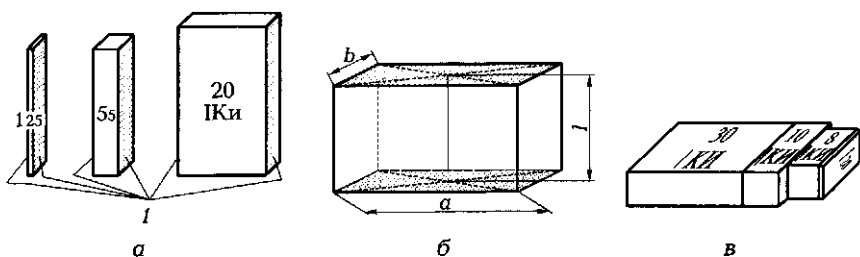


Рис. 9.6. Плоскопараллельные концевые меры длины:

a — измерительные поверхности концевых мер; b — определение срединной длины l концевой меры; v — блок концевых мер; a — длина концевых мер; b — ширина блока концевых мер

самый точный). Концевые меры комплектуют в различные наборы по их числу и номинальной длине. В наборах от № 1 до № 19 число мер составляет от 2 до 112. В специальных наборах № 20, 21 и 22 содержатся соответственно 23, 20 и 7 мер.

Класс точности набора определяется низшим классом отдельной меры, входящей в набор. К каждому набору прилагается паспорт, в котором указывается номинальная длина каждой меры и отклонение.

В зависимости от погрешности измерения длины мер (погрешности аттестации) и отклонения их от плоскостности и параллельности концевые меры разделяют на пять разрядов: 1, 2, 3, 4 и 5-й (для 1-го разряда определена наименьшая погрешность аттестации). Величины погрешностей приводятся в аттестате меры.

При использовании концевых мер, для которых установлен разряд, размер блока концевых мер определяют по номинальным значениям мер, но и учитывают действительное отклонение, приведенное в аттестате.

Одно из основных свойств концевых мер длины, обеспечивающее их широкое применение, — это **притираемость**, т. е. способность прочно сцепляться между собой при прикладывании или надвигании одной меры на другую (рис. 9.6, в). Сцепление (адгезия) мер вызывается силами межмолекулярного взаимодействия при наличии тончайшей пленки смазки между ними (0,05... 0,10 мкм). Усилие сдвига одной меры относительно другой в этом случае составляет 30... 40 Н, а для новых концевых мер эта величина возрастает в 10—20 раз.

Концевые меры из стали должны выдерживать 500 притираний при вероятности безотказной работы 0,8, а концевые меры из твердого сплава — 30 000 при вероятности 0,9.

При составлении блока требуемого размера из концевых мер следует руководствоваться следующим правилом. Такой блок необходимо составлять из возможно меньшего числа мер. Сначала следует выбирать концевые меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметра, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры.

Например, для получения блока размером 28,495 мм необходимо из набора № 1 взять концевые меры в такой последовательности: $1,005 + 1,49 + 6 + 20 = 28,495$ мм. Минимальное число концевых мер в блоке, с одной стороны, повысит его точность (уменьшается суммарная погрешность размера блока), а с другой — уменьшит вероятность его разрушения. В блоке должно содержаться не более 5 концевых мер.

Материалами, из которых изготавливают концевые меры длины, чаще всего служат хромистые стали 20ХГ, ХГ, ШХ15 и Х, твердость их измерительных поверхностей составляет не менее 62 HRC.

Параметр шероховатости R_z измерительных поверхностей концевых мер длины для обеспечения хорошей притираемости и высокой износостойкости не должен превышать 0,063 мкм, а параметр шероховатости R_a нерабочих поверхностей — 0,63 мкм.

Средний срок службы концевых мер из стали составляет не менее одного года, а из твердого сплава — не менее двух лет.

Условное обозначение, например, набора № 2 концевых мер из стали класса точности 1, имеет следующий вид:

Концевые меры 1 — Н2 ГОСТ 9038 — 90.

Благодаря притираемости концевые меры являются универсальными, широко распространенными средствами измерений и контроля. Область применения концевых мер еще более расширяется при их использовании совместно с принадлежностями.

Измерительные линейки. Линейки (рис. 9.7) относятся к штриховым мерам и предназначены для измерения размеров изделий 14—18-го классов точности прямым методом. Их конструкции однотипны. Линейка представляет собой металлическую полосу шириной 20...40 мм и толщиной 0,5...1,0 мм, на широкой поверхности которой выполнены деления. Линейки изготавливают с одной или двумя шкалами, верхними пределами измерений 150; 300; 500

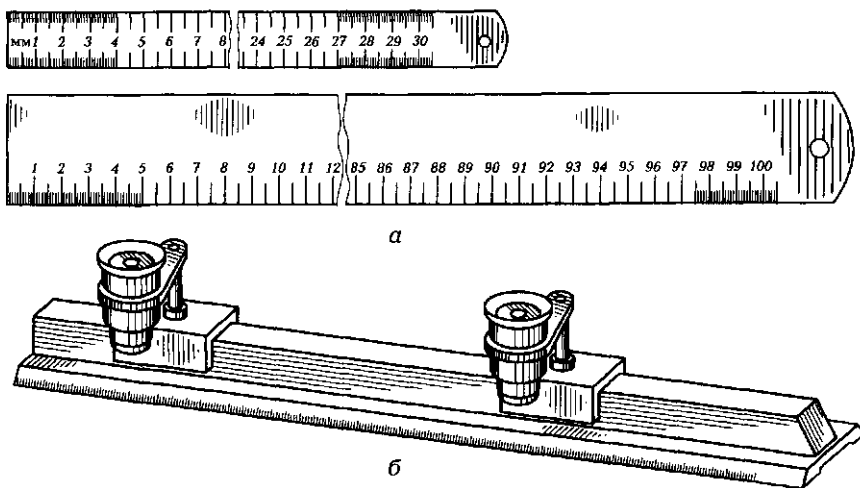


Рис. 9.7. Металлические линейки:

а — полосные; б — накладная

и 1 000 мм и ценой деления 0,5 или 1,0 мм. Линейки с ценой деления 1 мм могут иметь на длине 50 мм от начала шкалы полумиллиметровые деления.

Измерительные линейки предназначены для измерений высот, длин, диаметров, глубин и других размеров в различных отраслях промышленности, в том числе в машиностроении. Их основное достоинство — простота конструкции, низкая стоимость, надежность и простота применения. Измерение производится прикладыванием линейки к измеряемому объекту, причем чаще всего нулевой штрих линейки совмещается с краем детали. Отсчет по шкале на другом краю детали дает искомый результат измерения. Однако при измерении диаметра отверстия могут сниматься два показания: с одной стороны отверстия и с другой. При вычитании из большего значения меньшего, получается диаметр.

Допустимые отклонения действительной общей длины шкалы линейки от номинального значения находятся в пределах $\pm(0,10 \dots 0,20)$ мм в зависимости от общей длины шкалы, а отдельных подразделений — не более $\pm(0,05 \dots 0,10)$ мм.

Поверку линейки, т. е. определение погрешности нанесения штрихов, производят по образцовым измерительным линейкам, которые называют штриховыми мерами. Погрешность такого сравнения не превышает 0,01 мм.

Штангенинструмент. Предназначен для абсолютных измерений линейных размеров наружных и внутренних поверхностей, а также воспроизведения размеров при разметке деталей. К штангенинструменту относятся штангенциркули (рис. 9.8, *a—b*), штангенглубиномеры и штангенрейсмасы.

Основными частями штангенинструмента являются штанга-линейка *1* с делениями шкалы через 1 мм и перемещающаяся по линейке шкала-нониус *5*. По штанге-линейке отсчитывают целое число миллиметров, а по нониусу — десятые и сотые доли миллиметра.

Для отсчета с помощью нониуса сначала определяют по основной шкале целое число миллиметров перед нулевым делением нониуса. Затем добавляют к нему число долей по нониусу в соответствии с тем, какой штрих шкалы нониуса ближе к штриху основной шкалы (рис. 9.8, *r*).

Основные типы нониусов представлены на рис. 9.9. Наибольшее распространение получили нониусы с точностью отсчета 0,10; 0,05 и 0,02 мм.

В ГОСТ 166—89 «Штангенциркули. Технические условия» предусмотрены изготовление и использование трех типов *штан-*

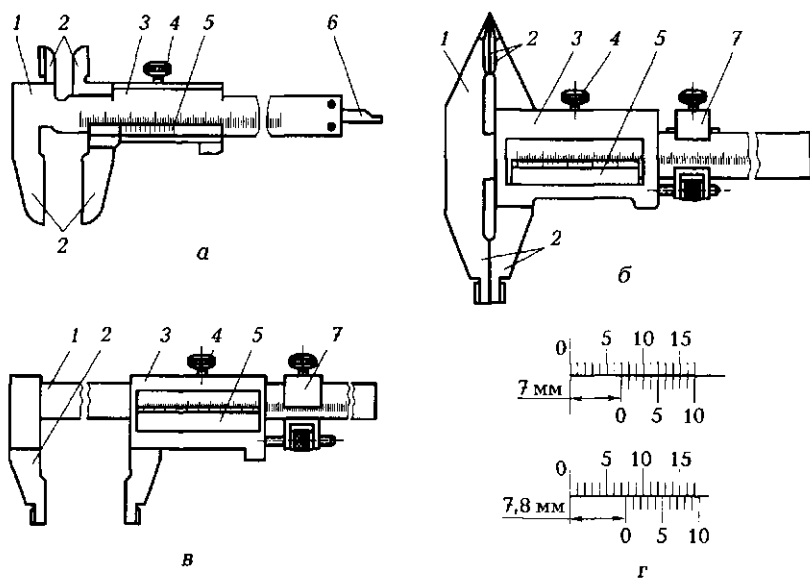


Рис. 9.8. Конструкции штангенциркулей:

a — типа ШЦ-I; *б* — типа ШЦ-II; *в* — типа ШЦ-III; *г* — отсчет по нониусу; 1 — штанга-линейка; 2 — измерительные губки; 3 — рамка; 4 — винт зажима рамки; 5 — шкала-нониус; 6 — линейка глубиномера; 7 — рамка микрометрической подачи

генциркулей: ШЦ-I с ценой деления 0,1 мм (см. рис. 9.8, *a*), ШЦ-II с ценой деления 0,05 и 0,1 мм (см. рис. 9.8, *б*) и ШЦ-III с ценой деления 0,05 и 0,1 мм (см. рис. 9.8, *в*).

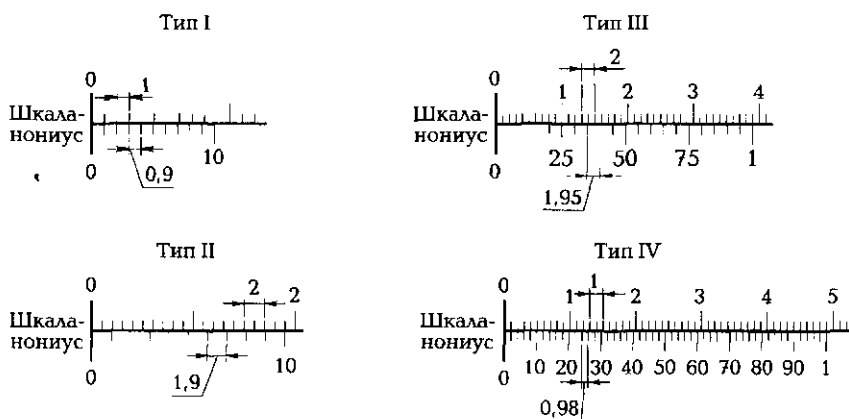


Рис. 9.9. Типы нониусов

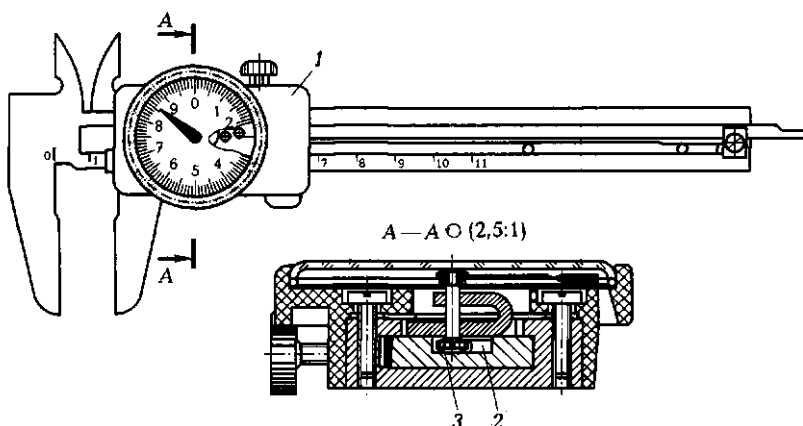


Рис. 9.10. Конструкция индикаторного штангенциркуля:
 1 — рамка; 2 — зубчатая рейка; 3 — зубчатое колесо

В штангу индикаторного штангенциркуля (рис. 9.10) вмонтирована зубчатая рейка 2, по которой перемещается зубчатое колесо 3 индикатора, закрепленного на рамке 1. Перемещение зубчатого колеса передается на стрелку индикатора, показывающую единицы, десятые и сотые доли миллиметра.

Для линейных измерений в последнее время применяют штангенинструменты с электронным цифровым отсчетом (рис. 9.11). В этих приборах вдоль штанги также располагается многозначная мера, по которой отсчитывается величина перемещения подвижной рамки. В качестве многозначной меры используются фотоэлектрические или емкостные преобразователи. Большинство штангенинструментов с электронным отсчетным устройством имеют возможность представления результата измерений непосредственно на шкале прибора либо на подключаемом к нему микропроцессоре. Цена деления таких приборов составляет 0,01 мм.

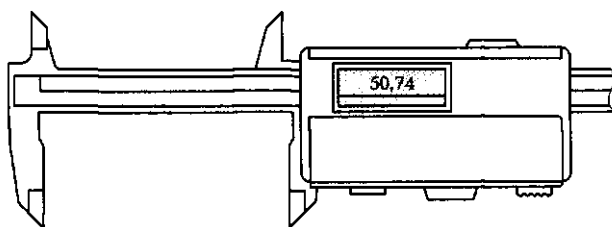


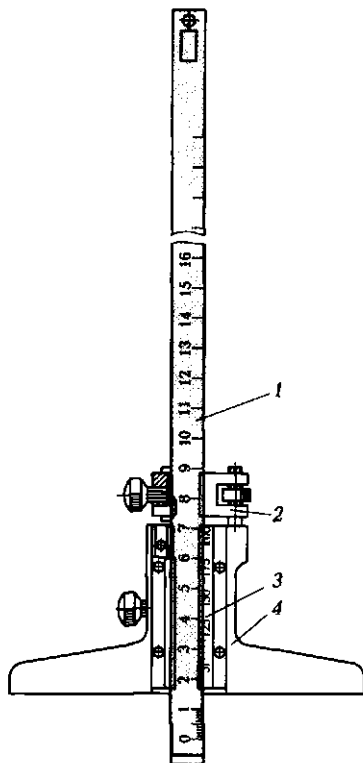
Рис. 9.11. Штангенциркуль с цифровым отсчетом

Рис. 9.12. Штангенглубиномер:

1 — штанга-линейка; 2 — рамка микрометрической подачи; 3 — нониус; 4 — основание

Штангенглубиномеры (ГОСТ 162—90 «Штангенглубиномеры. Технические условия») принципиально не отличаются от штангенциркулей и применяются для измерения глубины отверстий и пазов. Рабочими поверхностями штангенглубиномеров (рис. 9.12) являются торцовая поверхность штанги-линейки 1 и база для измерений — нижняя поверхность основания 4. Для удобства отсчета результатов измерений, повышения точности и производительности контрольных операций в некоторых типах штангенглубиномеров вместо нониусной шкалы предусматривается установка индикатора часового типа с ценой деления 0,05 или 0,01 мм.

Штангенрейсмасы (ГОСТ 164—90 «Штангенрейсмасы. Технические условия») являются основными измерительными инструментами для разметки деталей и определения их высоты. Они могут иметь дополнительный присоединительный узел для установки измерительных головок параллельно или перпендикулярно плоскости основания. Конструкция и принцип действия штангенрейсмаса по существу не отличаются от конструкции и принципа действия штангенциркуля. На заводах используют штангенрейсмасы с индикаторным и цифровым отсчетом показаний. В первом случае вместо нониусной шкалы на подвижной рамке 2 (рис. 9.13) устанавливается индикатор часового типа с ценой деления 0,05 или 0,01 мм, а во втором — зубчатое колесо ротационного фотоэлектрического счетчика импульсов, которое находится в зацеплении с зубчатой рейкой, нарезанной на штанге прибора. За один оборот зубчатого колеса счетчик дает 1 000 импульсов, показания которого передаются к цифровому показывающему или записывающему устройству. Погрешность измерений в этом случае может не превышать 10...15 мкм.



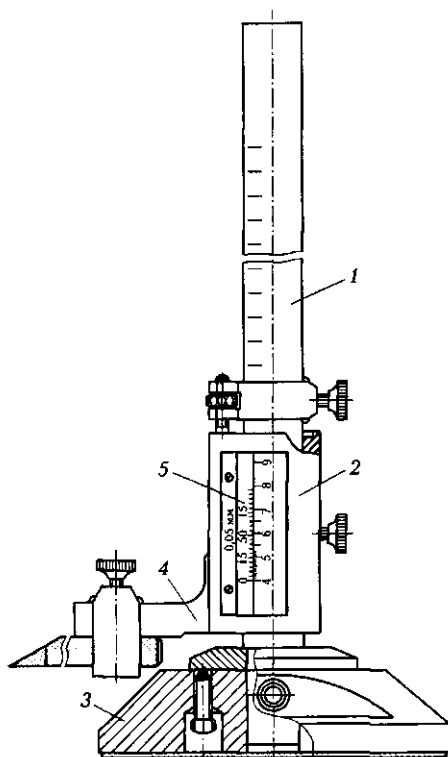


Рис. 9.13. Штангенрейсмас:

1 — штанга-линейка; 2 — рамка; 3 — основание; 4 — державка; 5 — нониус

Микрометрические инструменты. К микрометрическим инструментам относятся гладкие микрометры (рис. 9.14, а — в), микрометры со вставками, микрометрические глубиномеры (рис. 9.15) и нутромеры (рис. 9.16). Они предназначены для абсолютных измерений наружных и внутренних размеров, высот уступов, глубин отверстий и пазов и т. д.

Принцип действия этих инструментов основан на использовании винтовой пары (винт — гайка) для преобразования вращательного движения микрометрического винта в поступательное. Основными частями микрометрических инструментов (см. рис. 9.14, а, б) являются корпус 1, стержень 3, внутри которого с одной стороны имеется микрометрическая резьба с шагом 0,5 мм, а с другой — гладкое цилиндрическое отверстие, обеспечивающее точное направление

перемещения микрометрического винта 4. На винт установлен барабан 5, соединенный с трещоткой 7, обеспечивающей постоянное усилие измерения (на микрометрические нутромеры трещотка не устанавливается).

Отсчетное устройство (см. рис. 9.14, в) микрометрических инструментов состоит из двух шкал — продольной 9 и круговой 10. По продольной шкале отсчитывают целые миллиметры и 0,5 мм, а по круговой — десятые и сотые доли миллиметра.

Гладкие микрометры типа МК (ГОСТ 6507—90 «Микрометры. Технические условия») выпускают с различными пределами измерений: 0...300 мм — через каждые 25 мм с диапазоном показаний шкалы 25 мм, а также 300...400; 400...500 и 500...600 мм. Предельная погрешность микрометров зависит от верхних пределов измерений и может составлять от ± 3 мкм для микрометров МК-25 до ± 50 мкм — для микрометров МК-500.

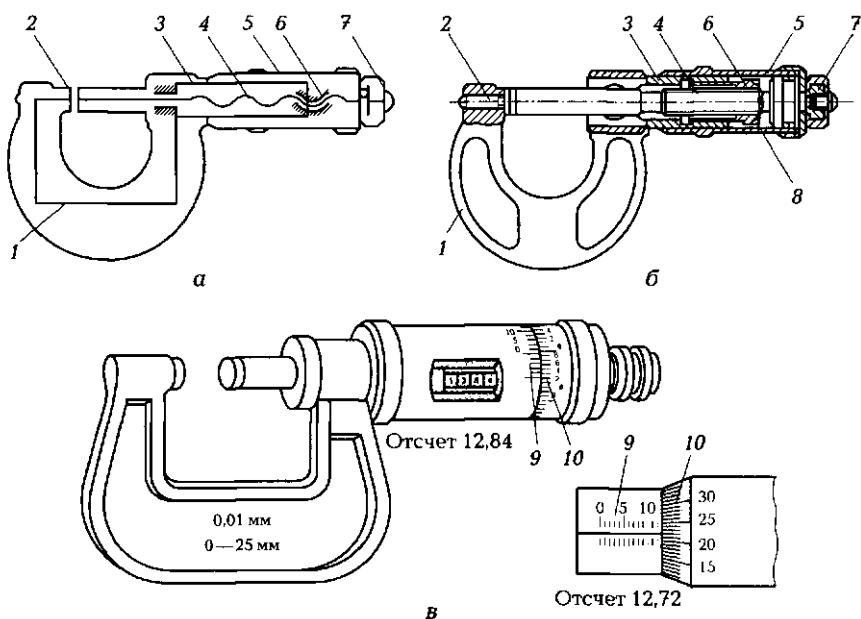


Рис. 9.14. Гладкий микрометр:

а — принципиальная схема; б — устройство микрометра; в — отсчетное устройство; 1 — корпус; 2 — неподвижная пятка; 3 — стемель; 4 — микрометрический винт; 5 — барабан; 6 — гайка микрометрической пары; 7 — устройство стабилизации усилия измерений (трещотка); 8 — ось продольной шкалы; 9 — продольная шкала; 10 — круговая шкала

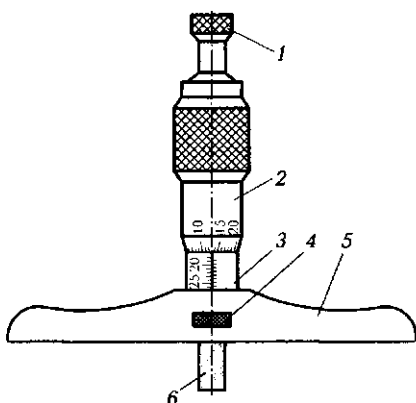


Рис. 9.15. Микрометрический глубиномер:

1 — трещотка; 2 — барабан; 3 — стембель; 4 — гайка фиксации; 5 — траверса; 6 — подвижная пятка

Выпускают микрометры с цифровым отсчетом всего результата измерений. Отсчетное устройство в таких микрометрах действует по механическому принципу.

Микрометрический глубиномер (ГОСТ 7470—92 «Глубиномеры микрометрические. Технические условия»), изображенный на рис. 9.15, предназначен для абсолютных измерений глубин отверстий, высот выступов и т.д. Он имеет стембель 3, закрепленный на траверсе 5 с помощью гайки 4 фиксации. Одной измерительной поверхностью является нижняя плоскость траверсы, а другой — плоскость микрометрического винта, соединенного с подвижной пяткой 6. Микровинт вращается с помощью трещотки 1, соединенной с барабаном 2. В комплект микрометрического глубиномера входят установочные меры с плоскими измерительными торцами.

Микрометрический нутромер (рис. 9.16), соответствующий ГОСТ 10—88 «Нутромеры микрометрические. Технические условия», предназначен для абсолютных измерений внутренних размеров при приведении измерительного наконечника в соприкосновение со стенками проверяемого отверстия. Микрометрические ну-

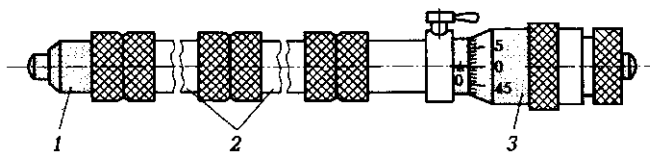


Рис. 9.16. Микрометрический нутромер:

1 — неподвижный наконечник; 2 — удлинитель; 3 — микрометрическая головка

тронеры не имеют трещоток, поэтому плотность соприкосновения определяется на ощупь. Установка нутронера на нуль выполняется либо по установочному кольцу, либо по блоку концевых мер с боковиками, устанавливаемыми в струбцину.

Микрометрические нутронеры типа НМ выпускают с пределами измерений 50... 75, 75... 175, 75... 600, 150... 1 250, 800... 2 500, 1 250... 4 000, 2 500... 6 000 и 4 000... 10 000 мм. При необходимости увеличения пределов измерений используются удлинители.

9.6. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ С МЕХАНИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

Средства измерений и контроля с механическим преобразованием основаны на преобразовании малых перемещений измерительного стержня в большие перемещения указателя (стрелка, шкала, световой луч и т. д.). В зависимости от типа механизма они подразделяются на рычажно-механические (рычажные), зубчатые, рычажно-зубчатые, пружинные и пружинно-оптические.

Рычажно-механические приборы применяют главным образом для относительных измерений, проверки радиального и торцового биения, а также для контроля отклонений формы деталей (отклонение от круглости — овальность, огранка; отклонение от цилиндричности — конусность, бочкообразность, седлообразность; отклонение от плоскостности — вогнутость, выпуклость и др.).

В производственных условиях и измерительных лабораториях для абсолютных измерений широко применяются индикаторы или индикаторные измерительные головки с зубчатой передачей.

Индикаторы часового типа, соответствующие ГОСТ 577 — 68 «Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия» (рис. 9.17), относятся к приборам с зубчатой передачей. Они содержат измерительный стержень 1 с нарезанной зубчатой рейкой 5, зубчатые колеса 4, 6, 8 и 9, спиральную пружину 7 и стрелки 2, 3. Возвратно-поступательное перемещение измерительного стержня преобразуется в круговое движение стрелки. Один оборот стрелки соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм. Целые миллиметры отсчитываются по шкале при помощи малой стрелки 3. Шкала прибора имеет 100 делений; цена деления индикатора равна 0,01 мм. Индикаторы часового типа выпускают двух классов точности (0 и 1) в двух модификациях: индикаторы типа ИЧ с перемещением измерительного стержня параллельно шкале и индикаторы типа ИТ с перемещением измерительного

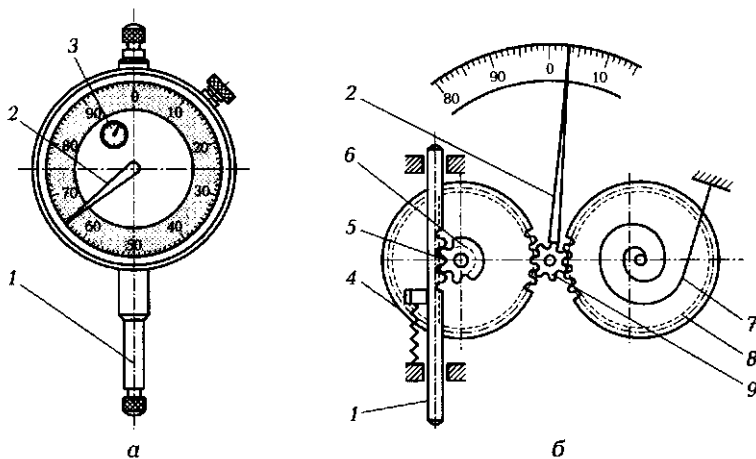


Рис. 9.17. Индикатор часового типа [а] и его схема [б]:

1 — измерительный стержень; 2, 3 — стрелки; 4, 6, 8 и 9 — зубчатые колеса; 5 — зубчатая рейка; 7 — спиральная пружина

стержня перпендикулярно шкале. Выпускают также индикаторы часового типа с цифровым (электронным) отсчетом.

Рычажно-зубчатые измерительные головки (рис. 9.18) отличаются от индикаторов часового типа наличием наряду с зубчатой передачей рычажной системы, позволяющей увеличить передаточное число механизма и тем самым повысить точность измерений. При перемещении измерительного стержня 1 в двух точных направляющих втулках 8 поворачивается рычаг 3, который воздействует на рычаг 5, имеющий на большем плече зубчатый сектор, входящий в зацепление с зубчатым колесом (трибом). На оси триба установлены стрелка в втулке, связанная со спиральной пружиной 6, выбирающей зазор. Измерительное усилие создается пружиной 7. Для защиты измерительного стержня от повреждения служит арретир 2.

Индикаторные нутромеры (рис. 9.19) предназначены для относительных измерений отверстий глубиной 3... 1 000 мм. Они состоят из корпуса 11, отсчетного устройства 5 (индикатора), подвижного (измерительного) 13 и неподвижного (регулируемого) 9 стержней, равноплечего Г-образного рычага 8 и подвижного штока 2. При измерении диаметра отверстия стержень 13, перемещаясь в направлении, перпендикулярном оси отверстия, поворачивает рычаг вокруг оси и перемещает на ту же величину шток 2 и измерительный наконечник индикатора. Перемещение стрелки индикатора

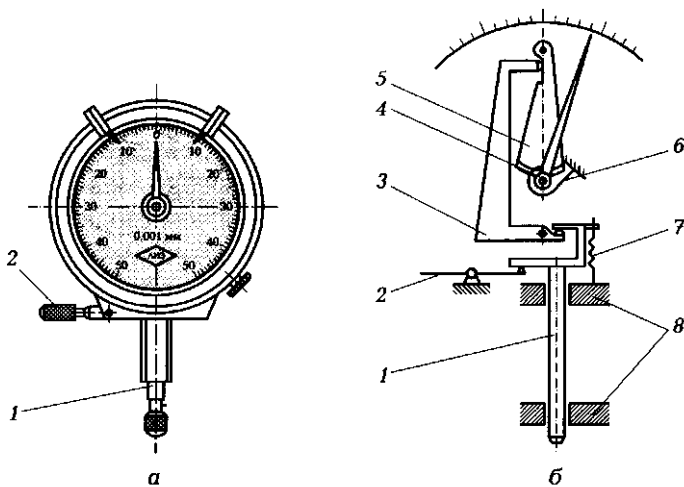


Рис. 9.18. Рычажно-зубчатая измерительная головка [а] и ее схема [б]:

1 — измерительный стержень; 2 — арретир; 3, 5 — рычаги; 4 — зубчатое колесо (триб); 6 — спиральная пружина; 7 — пружина; 8 — направляющие втулки

указывает на отклонение действительного размера проверяемого отверстия от размера настройки нутромера. Настройка индикатора на нуль осуществляется либо по установочному кольцу, либо по блоку концевых мер с боковиками, которые зажимаются в державке.

Промышленность выпускает индикаторные нутромеры в соответствии со следующими стандартами: ГОСТ 868 — 82 «Нутромеры

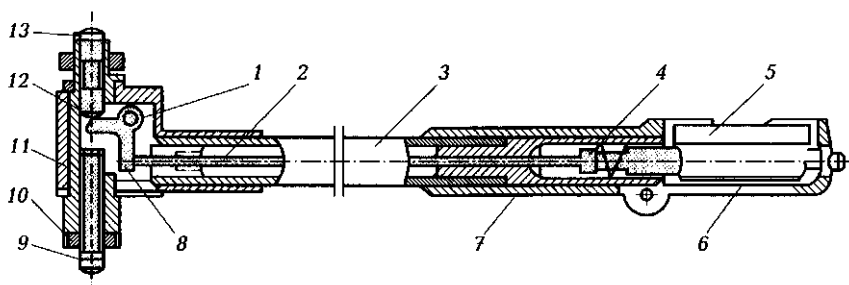


Рис. 9.19. Конструкция индикаторного нутромера:

1 — ось вращения рычага; 2 — шток; 3 — трубка; 4 — пружина; 5 — отсчетное устройство (индикатор); 6 — предохранительный кожух; 7 — теплоизоляционная рукоятка; 8 — Г-образный рычаг; 9 — неподвижный (регулируемый) стержень; 10 — контргайка; 11 — корпус; 12 — шарик; 13 — подвижный (измерительный) стержень

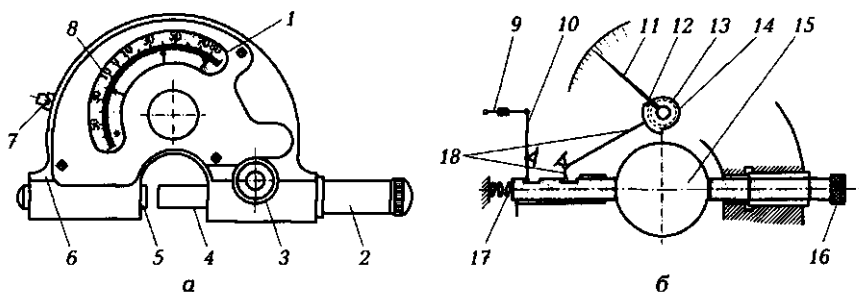


Рис. 9.20. Рычажная скоба — пассаметр [а] и ее схема [б]:

1 — указатель предела действительных отклонений; 2 — предохранительный чехол; 3 — гайка фиксатора; 4 — неподвижная (регулируемая) пятка; 5 — подвижная пятка; 6 — корпус; 7 — кнопка арретира; 8 — шкала; 9 — стержень арретира; 10 — рычаг арретира; 11 — стрелка; 12 — зубчатый сектор; 13 — спиральная пружина; 14 — зубчатое колесо; 15 — объект измерения; 16 — микровинт для настройки; 17 — пружина; 18 — измерительный рычаг

индикаторные с ценой деления 0,01 мм. Технические условия» и ГОСТ 9244—75 «Нутромеры с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия».

К приборам с рычажно-зубчатой передачей относятся рычажные скобы и микрометры, рычажно-зубчатые измерительные головки и т.д. Эти приборы предназначены для относительных измерений наружных поверхностей.

В *рычажных скобах* (рис. 9.20) в процессе измерения подвижная пятка 5, перемещаясь, воздействует на рычаг 18, зубчатый сектор которого поворачивает зубчатое колесо 14 и стрелку 11, неподвижно закрепленную на его оси.

Спиральная пружина 13 постоянно прижимает зубчатое колесо к зубчатому сектору, устраняя таким образом зазор. Микровинт 16 служит для настройки прибора на нуль по блоку концевых мер.

Промышленность выпускает также рычажные скобы с цифровым отсчетом измеряемой величины в миллиметрах, десятых и сотых долях миллиметра.

9.7. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ С ОПТИЧЕСКИМ И ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

Оптико-механические измерительные приборы находят широкое применение в измерительных лабораториях и в цехах для измере-

ний размеров калибров, плоскопараллельных концевых мер длины, точных изделий, а также для настройки и поверки средств активного и пассивного контроля. Эти приборы основаны на сочетании оптических схем и механических передач.

Оптико-механические измерительные приборы. К таким приборам относятся пружинно-оптические измерительные головки (оптикаторы), оптиметры, ультраоптиметры, длиномеры, измерительные машины, интерферометры и ряд других приборов.

Оптиметр (рис. 9.21) включает в себя измерительную головку 1, называемую трубкой оптиметра, и вертикальную или горизонтальную стойку 2. В зависимости от вида стойки оптиметры подразделяют на вертикальные, например ОВО-1 или ИКВ (см. рис. 9.21, а), и горизонтальные, например ОГО-1 или ИКГ (см. рис. 9.21, б). Выпускают также горизонтальные и вертикальные проекционные оптиметры (ОГЭ-1 или ОВЭ-02). У последних отсчет результата измерения производится по шкале, проецируемой на экран. Вертикальные оптиметры предназначены для измерения наружных размеров деталей, а горизонтальные — как наружных, так и внутренних.

В оптической схеме оптиметров реализованы принципы автоколлимации и оптического рычага.

Для контроля сложных корпусных деталей и деталей значительной длины, измерения расстояний между осями отверстий, лежа-

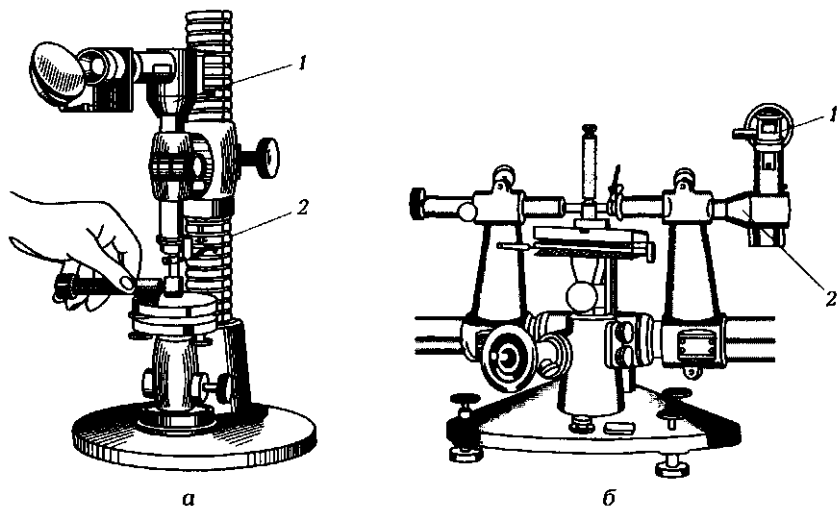


Рис. 9.21. Оптиметр:

а — вертикальный; б — горизонтальный; 1 — измерительная головка; 2 — стойка

щих в одной или разных плоскостях, контроля параметров плоских профильных шаблонов в прямоугольных и полярных координатах предназначены одно-, двух- и трехкоординатные **измерительные машины**. Двух- и трехкоординатные машины обеспечивают цифровой отсчет с автоматической выдачей результатов измерений на ЭВМ и последующим использованием полученных программ в станках с числовым программным управлением для изготовления аналогичных деталей (обработка по моделям).

Оптические измерительные приборы. Эти приборы находят применение в измерительных лабораториях для абсолютных и относительных измерений бесконтактным методом различных изделий сложного профиля (резьбы, шаблоны, кулачки, фасонный режущий инструмент) и малых габаритных размеров, а также точных измерений длин, углов и радиусов. К наиболее распространенным оптическим измерительным приборам относятся микроскопы (инструментальный, универсальный, проекционный), проекторы, оптические длино- и угломеры, делительные головки, столы и др.

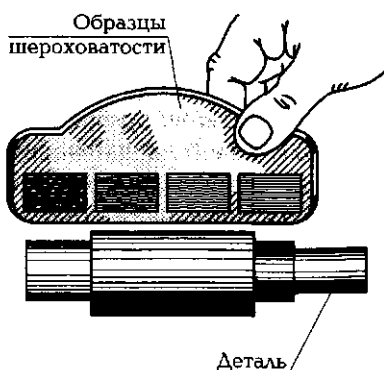
9.8. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ ВОЛНИСТОСТИ И ШЕРОХОВАТОСТИ

Измерения и контроль параметров волнистости и шероховатости поверхностей относятся к линейно-угловым измерениям очень малых величин. В производственных условиях измерению подлежат значения высоты неровностей более 0,025 мкм и шаги — начиная с 2 мкм. В последнее время в некоторых отраслях промышленности удается измерять субмикронеровности высотой 5 пм и с шагом 0,2 нм. Точность измерения, естественно, должна быть в несколько раз выше требуемой точности выполнения геометрических параметров деталей.

Поскольку шероховатость и волнистость поверхности деталей играют важную роль в эксплуатации узлов и механизмов, разработаны многочисленные методы и средства оценки параметров микронеровностей.

Наиболее простым методом контроля шероховатости поверхностей деталей в цеховых условиях является **сравнение с образцами** визуально или на ощупь (рис. 9.22). В соответствии с ГОСТ 9378 — 93 «Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия» образцы изготавливают из тех же материалов, что и контролируемые детали и обрабатывают теми же методами.

Рис. 9.22. Контроль шероховатости поверхности методом сравнения с образцами



Кроме того, форма образцов и основное направление неровностей поверхности должны соответствовать определенным указаниям.

В стандарте установлены ряды номинальных значений параметра шероховатости Ra поверхности образца в зависимости от воспроизводимого способа обработки и базовой длины для их оценки. Так, для шлифования значения Ra варьируются в пределах 0,05...3,2 мкм при базовой длине 0,25...2,5 мм, для точения и расточки — 0,4...12,5 мкм при базовой длине 0,8...2,5 мм, а для полирования — 0,006...0,2 мкм при 0,08...0,8 мм. Ширина образцов сравнения составляет не менее 20 мм, а длина — 20...50 мм. Образцами могут служить и готовые детали.

Однако визуальная оценка и оценка на ощупь субъективны, и полученные результаты могут вызвать недоразумения. Эти виды оценок особенно затруднительны при высокой точности обработки деталей.

Для количественного определения параметров неровностей применимы бесконтактные и контактные методы измерения.

Среди **бесконтактных** методов наибольшее распространение получили методы светового сечения, теневой проекции, электронной микроскопии, сканирующей туннельной микроскопии, микроинтерференционные, рефлектометрические и другие методы.

Считается, что средства измерений, реализующие метод светового сечения, позволяют измерять неровности поверхности высотой 0,5...40 мкм с допустимыми погрешностями показаний 24 и 7,5% для меньшего и большего значений высоты соответственно.

Основным вариантом профильного метода измерений параметров микронеровностей поверхности является **контактный (щуповый)** метод. Его сущность заключается в том, что остро заточенной игле, находящейся в контакте с исследуемой поверхностью, сооб-

щают поступательное перемещение по определенной траектории относительно поверхности (рис. 9.23, *а*). Ось иглы 2 располагают по нормали к поверхности 3. Опускаясь во впадины и поднимаясь на ее выступы во время движения ощупывающей головки 1, игла начинает колебаться относительно головки, повторяя по величине и форме огибаемый профиль поверхности.

Механические колебания иглы преобразуются, как правило, в подобные им электрические колебания при помощи электро-механического преобразователя того или иного типа. После преобразования сигнал поступает либо на шкалу прибора (при профилометрировании), либо на записывающий прибор в соответствующем горизонтальном и вертикальном масштабах (при профилографировании). Щуповые электро-механические приборы,

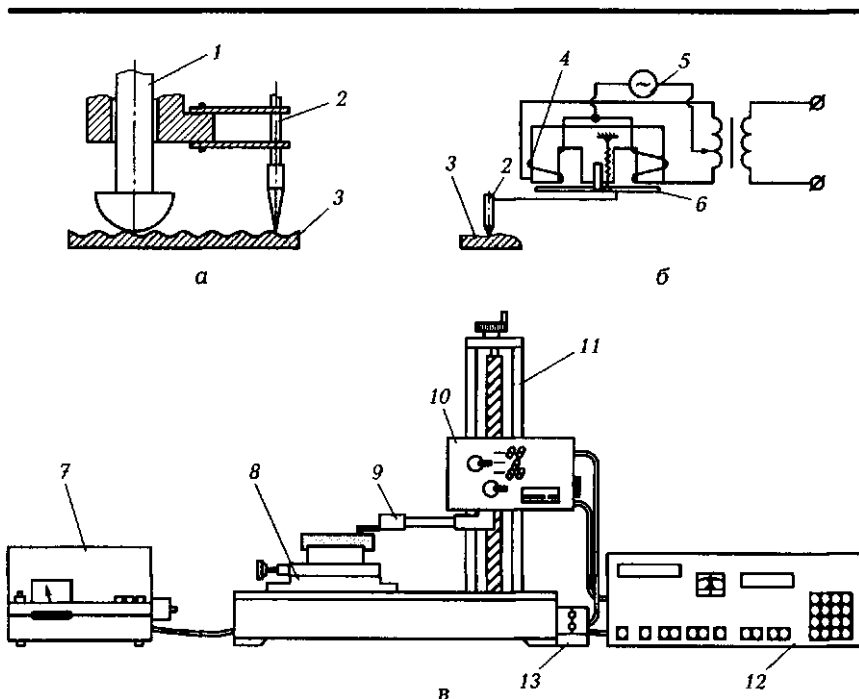


Рис. 9.23. Контактный (щуповой) метод измерения шероховатости поверхности:

а — принципиальная схема; *б* — схема профилометра; *в* — профилометр-профилограф; 1 — ощупывающая головка; 2 — игла; 3 — измеряемая поверхность; 4 — катушка индуктивности; 5 — генератор звуковой частоты; 6 — якорь; 7 — записывающий прибор; 8 — предметный столик; 9 — датчик; 10 — мотопривод; 11 — стойка; 12 — электронный блок; 13 — блок-приставка

предназначенные для измерения параметров шероховатости поверхности, называются **профилометрами**, а такие же приборы для записи микронеровностей — **профилографами**. Комбинированные приборы, которые позволяют количественно определять и графически изображать микронеровности, называются **профилометрами-профилографами**.

Преимущественное распространение получили профилометры и профилографы, у которых установлен индуктивный преобразователь. Это приборы как отечественного, так и зарубежного производства.

В соответствии со схемой, приведенной на рис. 9.23, б, движение алмазной иглы 2 по микронеровностям в вертикальной плоскости вызывает соответствующее перемещение якоря 6 в индуктивной ощупывающей головке, и вместе с тем изменение воздушных зазоров между якорем и двумя расположенными по обеим сторонам оси его качения катушками 4. К одной из катушек якорь приближается, что увеличивает ее индуктивность, а от другой он в то же время удаляется, уменьшая ее индуктивность. Катушки и две половины первичной обмотки дифференциального входного трансформатора образуют мост, питание которого осуществляется от генератора 5 звуковой частоты (около 5 кГц). Одновременное, но противоположное изменение индуктивности катушек изменяет в измерительной диагонали моста напряжение, которое связано с перемещением ощупывающей иглы при ее механических колебаниях.

Схема профилометра-профилографа отечественного производства представлена на рис. 9.23, в.

Измерение шероховатости производится путем ощупывания поверхности алмазной иглой с радиусом при вершине 10 мкм и фиксацией на табло значений параметров R_a , R_z , R_{\max} , R_p , S_m и t_p или воспроизведения профиля на электротермической бумаге в прямоугольных координатах.

9.9. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

Электрические и электромеханические измерительные приборы характеризуются наличием единого источника энергии — электрического тока.

Широкое распространение в измерительной технике нашли электрические преобразователи, индуктивные, емкостные, электронные и фотоэлектрические приборы. Они отличаются высокой точностью, позволяют вести дистанционные измерения, имеют сравнительно небольшие габаритные размеры и обладают незначительной инерционностью.

Электрические преобразователи являются одной из составных частей электрических и электромеханических измерительных приборов.

В **индуктивных приборах** используется свойство катушки менять реактивное сопротивление при изменении ее некоторых параметров, определяющих значение индуктивности L . Для получения наибольшей индуктивности катушку, как правило, выполняют с магнитопроводом из ферромагнитного материала.

Индуктивные измерительные приборы могут быть бесконтактными и контактными. В первом случае контролируемая деталь (только из ферромагнитных материалов), непосредственно включенная в магнитную цепь, образует участок магнитопровода. Схема контактного безрычажного дифференциального индуктивного прибора с малым ходом показана на рис. 9.24. Отклонение размеров контролируемой детали 9 вызывает перемещение измерительного стержня 8, на котором закреплен якорь 6, находящийся в воздушном зазоре между магнитопроводами катушек индуктивности 1 и 7. В зависимости от положения якоря меняется воздушный зазор у магнитопроводов, в результате чего индуктивное сопротивление одной катушки возрастает, а другой уменьшается. При этом нарушается равновесие

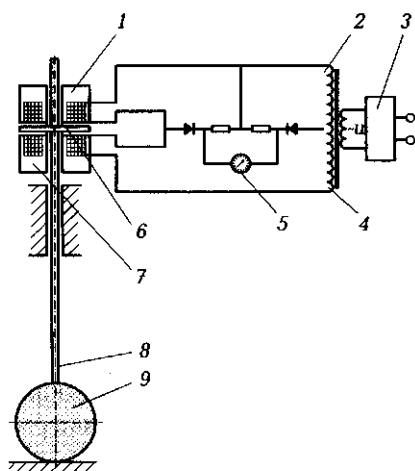


Рис. 9.24. Схема индуктивного прибора:

1 и 7 — катушки индуктивности; 2 и 4 — резисторы; 3 — генератор; 5 — отсчетный прибор; 6 — якорь; 8 — измерительный стержень; 9 — контролируемая деталь

моста, образованного катушками 1 и 7 и резисторами 2 и 4 (питание моста осуществляется от стабилизированного генератора 3 звуковой частоты). В результате в диагонали моста возникает ток, направление которого определяется отклонением измерительного стержня от среднего положения в ту или иную сторону. Отсчетный прибор 5, включенный в диагональ моста через фазочувствительный выпрямитель, показывает величину этого отклонения.

В **емкостных измерительных системах** используется принцип преобразования линейных перемещений в изменение электрической емкости конденсатора. По изменению емкости судят об изменении размера.

В **фотоэлектрических измерительных приборах** с помощью оптической системы, основанной на диафрагмировании или отражении светового потока и применении фотоэлемента, энергия света преобразуется в электрический сигнал, который, усиливаясь, поступает либо на показывающий прибор, либо в устройство для подачи команд.

9.10. КОНТРОЛЬ КАЛИБРАМИ

Для выполнения операций технического контроля в условиях массового и крупносерийного производства широко используют контрольные инструменты в виде калибров. **Калибры** — это тела или устройства, предназначенные для проверки соответствия размеров изделий или их конфигурации установленным допускам. Они применяются чаще всего для определения годности деталей с точностью, соответствующей 6—18-му квалитетам, а также в устройствах активного контроля, работающих по принципу «западающего» калибра.

С помощью предельных калибров выясняют, выходит ли контролируемый параметр за предельные значения или находится между двумя допустимыми, не определяя его численное значение. При контроле деталь считается годной, если проходная сторона калибра (ПР) под действием усилия, примерно равного весу калибра, проходит, а непроходная сторона калибра (НЕ) не проходит по контролируемой поверхности детали. Если проходная сторона не проходит, то деталь относят к бракованным с исправимым браком. Если проходит непроходная сторона, то деталь содержит неисправимый брак.

Виды гладких калибров для цилиндрических отверстий и валов устанавливает ГОСТ 24851 — 81 «Калибры гладкие для цилиндриче-

ских отверстий и валов. Виды». В системе ИСО гладкие калибры стандартизованы ISO 1938—1:2015. Калибры предназначены для определения годности деталей с допуском от IT6 до IT18.

Для контроля отверстий используют предельные **калибр-пробки** различных конструкций согласно стандартам (ГОСТы 14807—93, ГОСТ 18360—93, 18367—93 и др.). Некоторые из этих калибров представлены на рис. 9.25. Предпочтение отдают односторонним предельным калибрам. Они сокращают продолжительность контроля изделий и расход материала.

Для контроля валов применяют предельные и регулируемые **калибр-скобы** согласно стандартам (ГОСТы 18358—93, 18360—93, 18367—93 и др.). Некоторые из этих калибров представлены на рис. 9.26. По сравнению с предельными калибр-скобами регулируемые имеют меньшую точность и надежность и обычно используются для контроля размеров с допусками, соответствующими квалитетам точности не выше 8-го.

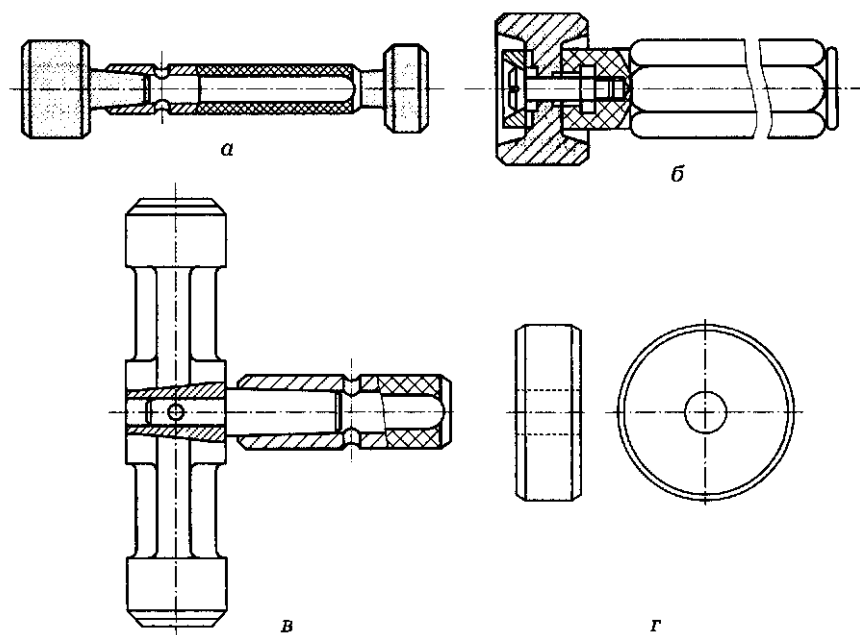


Рис. 9.25. Калибр-пробки:

а — со вставкой, имеющей конический хвостовик; *б* — с цилиндрической насадкой; *в* — полная; *г* — полная шайба

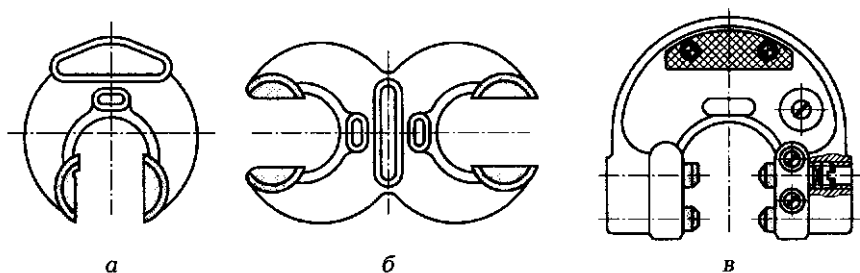


Рис. 9.26. Калибр-скобы:

а — штампованная односторонняя; б — двухсторонняя; в — регулируемая (со вставками или передвижными губками)

По назначению предельные калибры (калибр-пробки и калибр-скобы) подразделяют на рабочие, приемные и контрольные. **Рабочие** калибры предназначены для контроля деталей в процессе их изготовления. Ими пользуются операторы и наладчики оборудования, а также контролеры завода-изготовителя. **Приемные** калибры применяют при приемке деталей представители заказчика.

Для того чтобы установить регулируемые и контролировать нерегулируемые калибр-скобы, а также для изъятия их из эксплуатации вследствие износа используют **контрольные** калибры (К—И), имеющие форму шайб. Несмотря на малый допуск контрольных калибров, они все-таки искажают установленные поля допусков на изготовление и износ рабочих калибров, поэтому вместо них, по возможности, целесообразно применять концевые меры длины или универсальные измерительные приборы.

Маркировка калибра предусматривает номинальный размер детали, для которого предназначен калибр, буквенное обозначение поля допуска изделия, числовые значения предельных отклонений изделия в миллиметрах (на рабочих калибрах), тип калибра (например, ПР, НЕ, К—И) и товарный знак завода-изготовителя.

Особую группу составляют **калибры для контроля глубин и высот уступов**, конструктивно представляющие ступенчатые пластины той или иной формы. В ГОСТ 2534—77 «Калибры предельные для глубин и высот уступов. Допуски» предусмотрены виды калибров с диапазоном размеров 1...500 мм 11—18-го квалитетов точности. С помощью калибров определяют годность изделия по наличию зазора между соответствующими плоскостями калибра и изделия. Вместо проходной и непроходной сторон у этих калибров

имеются стороны, соответствующие наибольшему (Б) и наименьшему (М) предельным размерам изделия.

Основными методами контроля являются метод световой щели, или на просвет, методы надвигания, осязания, по рискам. От выбранного метода зависят и средства контроля. На рис. 9.27, *а* представлен предельный калибр, используемый при контроле на просвет, на рис. 9.27, *б* — калибр для контроля методом надвигания, на рис. 9.27, *в* — для контроля методом осязания, а на рис. 9.27, *г* — для контроля по рискам.

Калибрами по методу на просвет контролируют допуски не менее 0,04...0,06 мм. Минимальные допуски изделий, контролируемых ступенчато-стержневыми калибрами и по осязанию, составляют 0,03 и 0,01 мм соответственно.

В системе ИСО предельные калибры для глубин и высот не стандартизованы.

Контроль наружных конусов выполняется конусными калибр-штулками, а контроль внутренних конусов — конусными калибр-пробками.

Для контроля точности цилиндрических резьб с помощью калибров применяют комплексный и дифференцированный (позэлементный) методы.

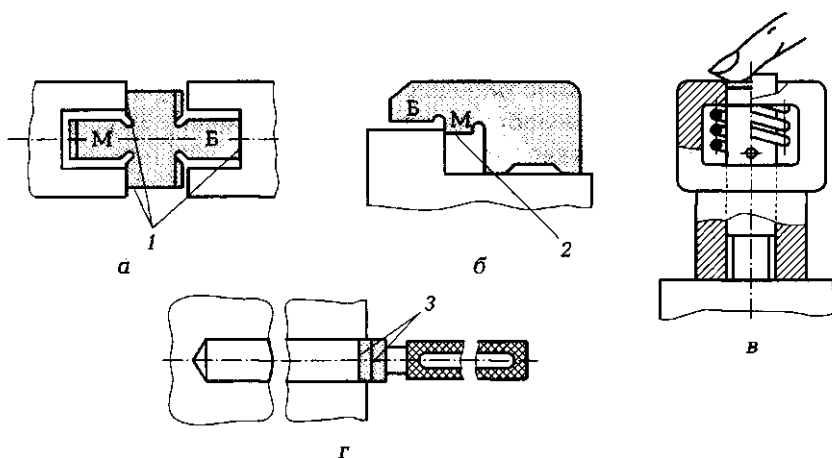


Рис. 9.27. Калибры для контроля глубин и высот уступов:

а — предельный, используемый на просвет; *б* — для контроля методом надвигания; *в* — для контроля методом осязания; *г* — для контроля по рискам; *1* — направляющие плоскости; *2* — измерительная плоскость; *3* — риски; Б, М — стороны, соответствующие наибольшему и наименьшему предельным размерам изделия

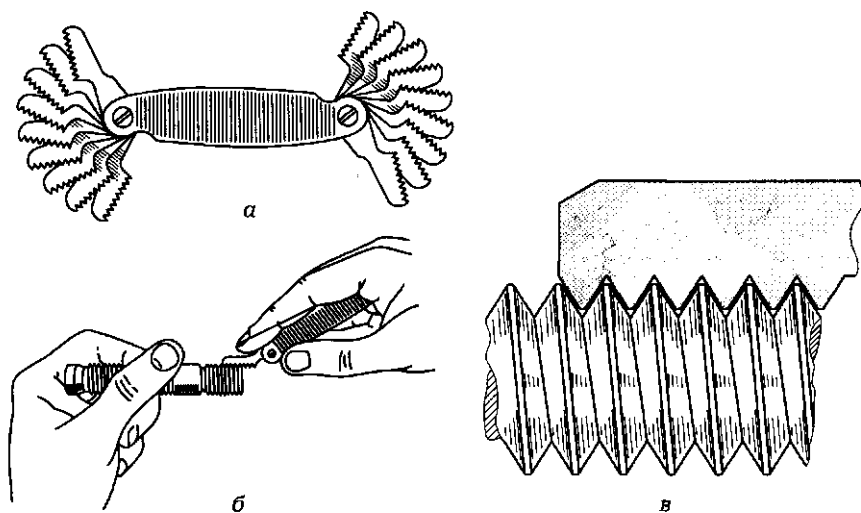


Рис. 9.28. Резьбовые шаблоны (резьбомеры):
 а — набор; б, в — принцип контроля

Номинальный шаг резьбы (или число ниток на дюйм) определяется с помощью резьбовых шаблонов (резьбомеров) (рис. 9.28, а). Резьбовые шаблоны выпускают наборами для метрической резьбы с шагом 0,4...6 мм (20 шаблонов) и дюймовой резьбы с числом ниток на дюйм 4—28 (17 шаблонов).

При наложении шаблона на профиль резьбы (рис. 9.28, б, в) следует использовать наибольшую его длину, что повышает точность определения шага.

Точность размеров, формы и положения поверхностей у деталей с прямобочными шлицами, как правило, контролируют комплексными проходными калибрами: шлицевые втулки проверяют калибр-пробками, а шлицевые валы — калибр-кольцами. При необходимости производят также поэлементный контроль центрирующих и нецентрирующих диаметров, ширины впадин и шлицев специальными гладкими калибрами (рис. 9.29).

Калибр-щупы — это нормальные калибры для проверки зазора между поверхностями (рис. 9.30). Щупы представляют собой пластины с параллельными измерительными плоскостями. Они изготавливаются длиной 100 и 200 мм. Щупы длиной 100 мм могут выполняться в виде отдельных пластин и наборов (из четырех номеров).

При применении щупов либо используется один из них, либо складываются несколько щупов для набора требуемой толщины.

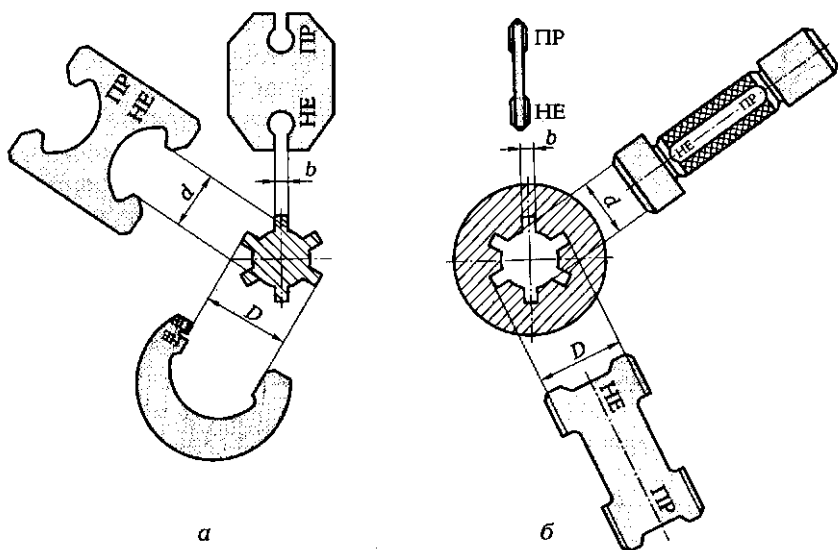


Рис. 9.29. Калибры для контроля элементов шлицевых валов (а) и элементов шлицевых отверстий (б):

D, d — наружный и внутренний диаметры шлицевых втулки и вала соответственно;
 b — ширина паза втулки и толщина зуба вала

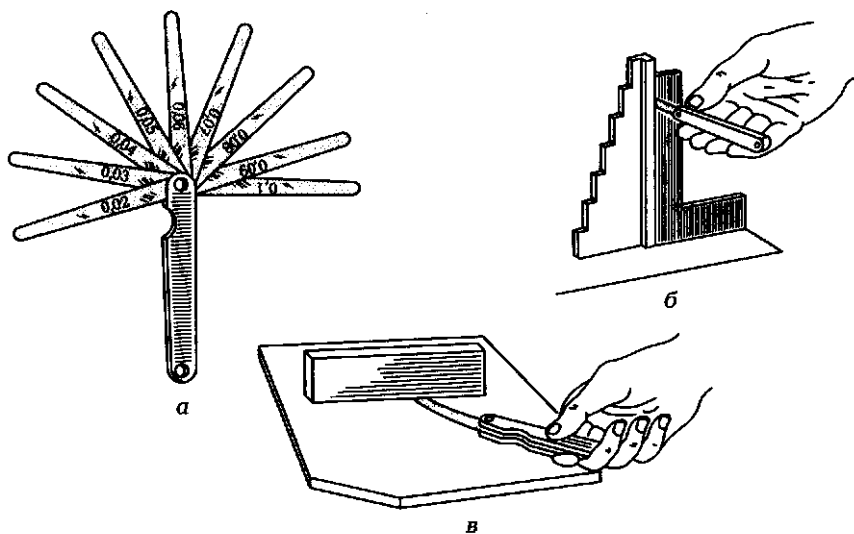


Рис. 9.30. Калибр-щупы и контроль с помощью щупов:

a — набор щупов; $б$ — контроль отклонений от перпендикулярности; $в$ — контроль отклонений от плоскостности

Допустимые отклонения толщины новых щупов колеблются в пределах 5... 15 мкм в зависимости от их номинальной толщины. При использовании набора щупов погрешность контроля увеличивается.

9.11. ПОВЕРОЧНЫЕ ЛИНЕЙКИ И ПЛИТЫ

Для лекальных, инструментальных и разметочных работ в машиностроении широко применяются поверочные линейки, плиты и лекальные угольники. Они предназначены для контроля отклонений от прямолинейности, плоскостности, перпендикулярности и углов наклона.

В соответствии с ГОСТ 8026—92 «Линейки поверочные. Технические условия» поверочные **стальные линейки** выпускают шести типов (рис. 9.31): с двусторонним скосом ЛД, трехгранные ЛТ, четырехгранные ЛЧ, прямоугольного сечения ШП и хромированные ШПХ, двутаврового сечения ЩД. Все они подразделяются на лекальные (типы ЛД, ЛТ, ЛЧ) и с широкой рабочей поверхностью (ШП, ШПХ, ЩД).

Кроме стальных предусмотрены **чугунные линейки** с широкой поверхностью: мостики ШМ, угловые трехгранные УТ, а также **твердокаменные линейки** (ШП—ТК, ШМ—ТК, УТ—ТК). Длина линейек варьируется от 80 до 4000 мм.

Линейки типов ШМ и УТ изготавливают в двух исполнениях: с ручной шабровкой и с механически обработанными рабочими поверхностями. Параметр шероховатости рабочих поверхностей составляет $Ra\ 0,63...0,04$ мкм в зависимости от типа линейки и класса ее точности.

В соответствии с точностью изготовления линейек им присваивают соответствующие классы точности: лекальным линейкам — классы 0 или 1, а линейкам типов ШП, ЩД и ШМ — классы 00; 0; 01; 1 или 2.

Средний полный срок службы стальных линейек должен составлять не менее 8 лет, а твердокаменных — не менее 10 лет.

Погрешность контроля поверочными линейками зависит от применяемого метода контроля, опыта оператора, условий контроля и составляет 1... 5 мкм.

Контроль отклонений от прямолинейности и плоскостности поверочными линейками выполняют одним из трех методов: на про-свет, методом линейных отклонений или «на краску».

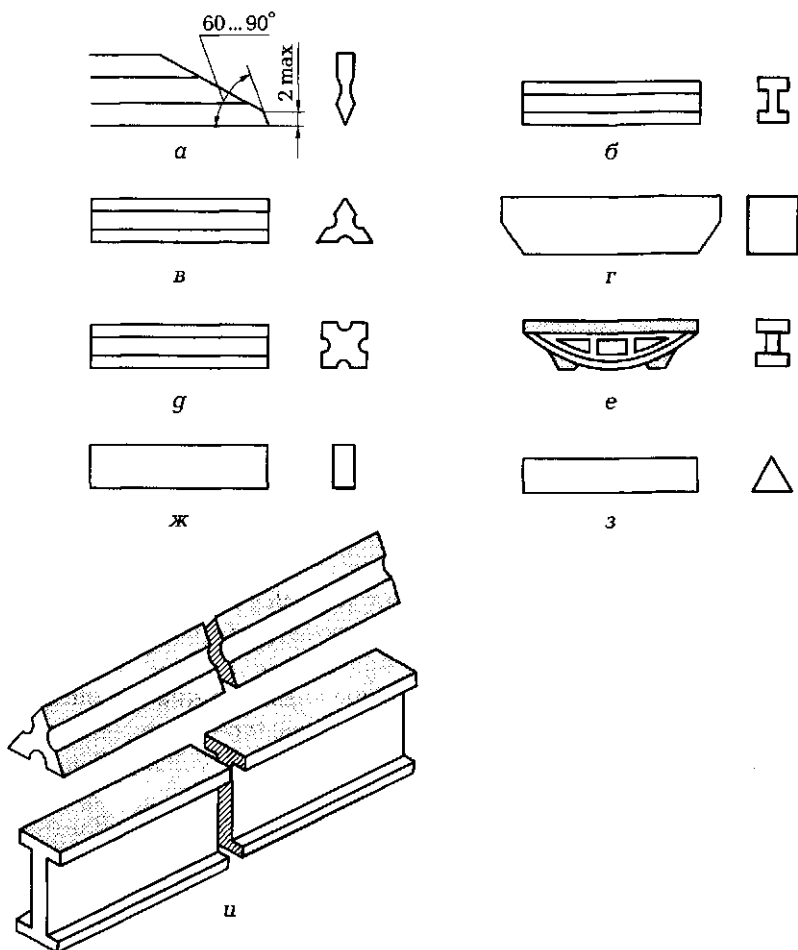


Рис. 9.31. Поверочные линейки:

a — с двухсторонним скосом ЛД; *б* — двутаврового сечения ШД; *в* — трехгранные ЛТ; *г* — твердокаменные мостики ШМ-ТК; *г* — четырехгранные ЛЧ; *е* — мостики ШМ; *ж* — прямоугольного сечения твердокаменные ШП-ТК; *з* — угловые трехгранные УТ; *и* — общий вид

При проверке на просвет лекальную линейку накладывают острым ребром на контролируемую поверхность (рис. 9.32, а), а источник света помещают сзади линейки и детали (рис. 9.32, б). При отсутствии отклонений от прямолинейности или плоскостности щели (между линейкой и поверхностью), через которую мог бы проходить свет, не образуется. Линейное отклонение опреде-

ляют на глаз (рис. 9.32, в) или сравнением с образцами просвета. В качестве таких образцов могут выступать концевые меры длины (рис. 9.32, г). Минимальная ширина щели, наличие которой установ-

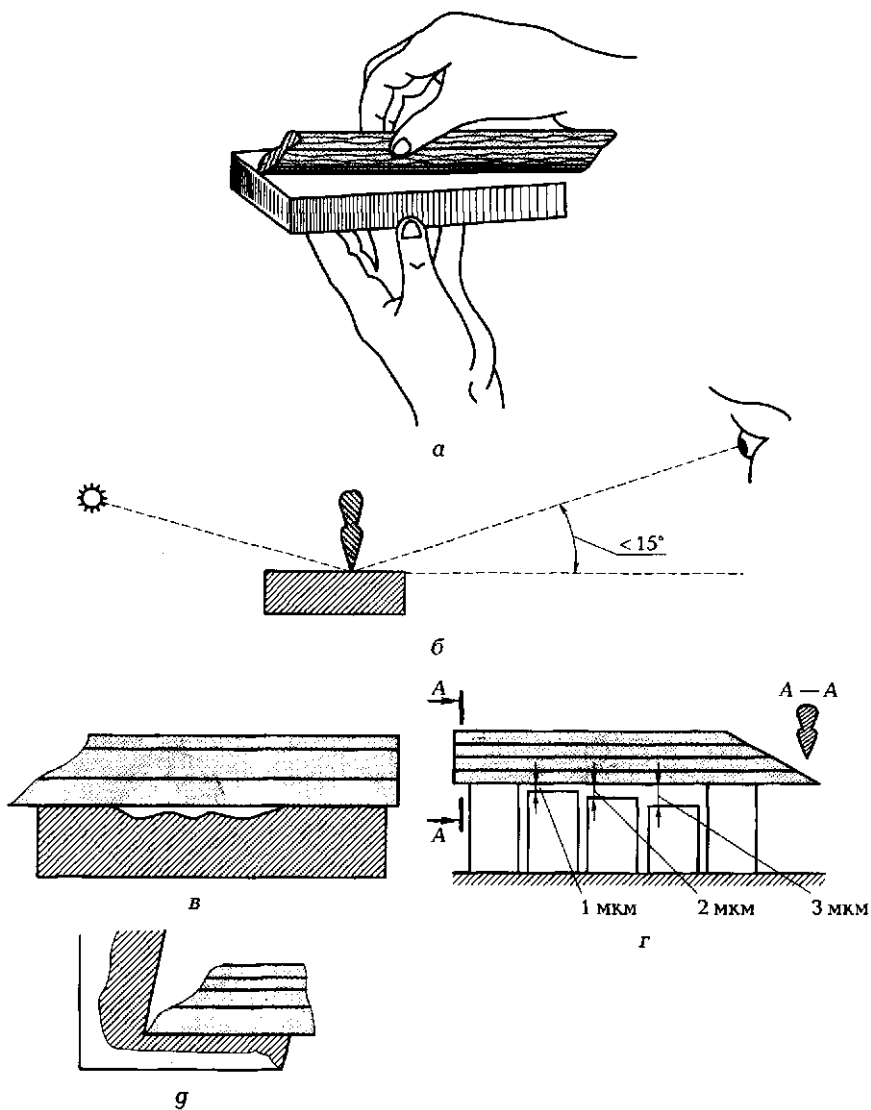


Рис. 9.32. Контроль отклонений поверочными линейками:

а, б — контроль на просвет; в, г — определение линейных отклонений; г — контроль отклонений в углах

ливается на глаз, составляет 3...5 мкм. Контроль может выполняться как для открытых поверхностей, так и в углах (рис. 9.32, *g*).

Схема контроля при помощи линеек с широкой рабочей поверхностью и концевых мер длины представлена на рис. 9.33. При контроле прямолинейности детали *1* в направлении *X—X* поверочную линейку *3* укладывают на две одинаковые концевые меры *2*, находящиеся на расстоянии 0,233 длины линейки от ее концов. За измерительную базу принимается нижняя поверхность линейки с широкой рабочей поверхностью. Отклонение от прямолинейности определяется с помощью концевых мер длины, щупов или специального средства измерений с измерительной головкой. Описанный метод применим для контроля прямолинейности на длине не более 2 000 мм, так как при большей длине линеек их прогиб начинает оказывать существенное влияние на точность контроля.

Контроль отклонений от плоскостности методом «на краску» выполняется линейками типов ШТ, ШД, ШМ и УТ, причем у линеек типов ШМ и УТ рабочие поверхности должны быть шаброваны. При этом способе контроля рабочую поверхность линейки покрывают тонким слоем краски (например, смесью берлинской лазури или сажи с машинным маслом), перемещают по контролируемой поверхности и определяют число (площадь) пятен краски, оставшихся на выступах этой поверхности в квадрате размерами 25×25 мм. Погрешность контроля составляет 3...5 мкм.

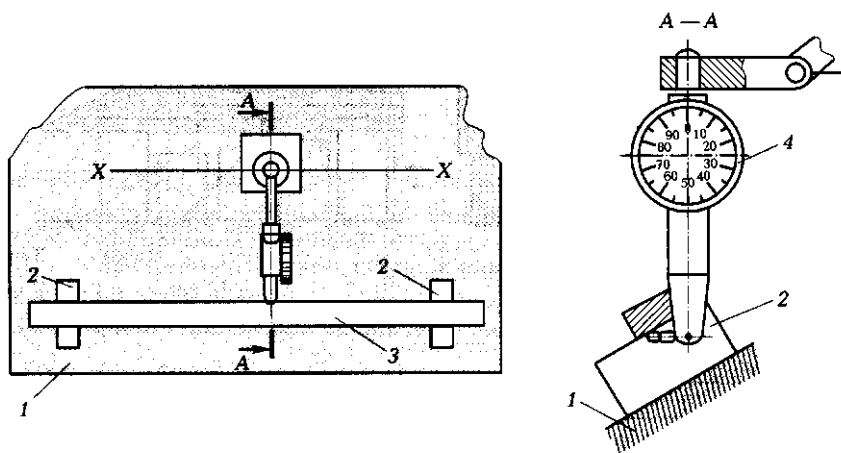


Рис. 9.33. Контроль прямолинейности деталей:

1 — контролируемая деталь; *2* — концевые меры длины; *3* — поверочная линейка; *4* — измерительная головка; *X—X* — направление контроля

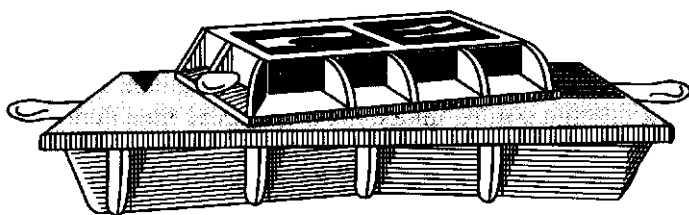


Рис. 9.34. Поверочные плиты

Поверочные плиты (рис. 9.34) согласно ГОСТ 10905—86 «Плиты поверочные и разметочные. Технические условия» изготавливают из чугуна или гранита с вариацией размеров от 250×250 до 4000×1600 мм. Рабочие поверхности чугунных плит должны быть подвергнуты ручной шабровке или механической обработке. Шероховатость рабочих поверхностей механически обработанных чугунных и гранитных плит соответствует $Ra\ 1,25 \dots 0,32$ мкм.

Классы точности плит — 000; 00; 0; 1; 2 и 3.

Допуск плоскостности устанавливается в зависимости от класса точности и размеров плиты и может составлять, например, 1,2 мкм для плиты размерами 250×250 мм класса точности 000, а для плиты размерами 2500×1600 мм класса точности 3—120 мкм.

Плиты изготавливают из чугуна, по физико-механическим свойствам не уступающего чугуну марки СЧ8, твердость которого составляет 170...229 НВ.

Применение гранитных плит, имеющих повышенную твердость рабочей поверхности и износостойкость, более слабую температурную и вибрационную зависимости, позволяет повысить точность контроля.

Гранитные плиты изготавливают из диабаза, габбро и разных видов гранита, имеющего предел прочности на сжатие не менее 264,9 МПа.

Допустимая погрешность контроля отклонений составляет 3...5 мкм.

По заказу потребителя рабочие поверхности чугунных плит могут быть разделены на квадраты и прямоугольники продольными и поперечными рисками, а гранитные плиты могут иметь пазы и резьбовые отверстия.

Полный средний срок службы плит составляет не менее 10 лет.

Проверка отклонений от прямолинейности и плоскостности с помощью плит может выполняться методами, аналогичными

рассмотренным ранее, с учетом того, что контролируемая деталь должна быть по размерам не больше плиты и имеется возможность определять отклонения с помощью набора щупов, концевых мер длины или специального шкального средства при использовании метода линейных отклонений («от плиты»). Погрешность контроля, как правило, не должна превышать погрешностей, характерных для контроля с помощью поверочных линейек.

9.12. УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ

Рассмотрим ряд вопросов, связанных с условиями, в которых выполняются измерения и контроль объектов, и их влиянием на погрешность измерения. Ведь каждое измерение выполняется в конкретных условиях, которые характеризуются одной, а чаще несколькими ФВ. Это температура и влажность окружающей среды, давление, плотность и т. д. Все эти величины называются также **внешними влияющими величинами**. Они часто оказывают существенное влияние на выбор средств измерений, контролируемый объект и на саму измеряемую ФВ.

Поэтому вопросам нормирования условий проведения измерений и контроля уделяется серьезное внимание.

В соответствии с ГОСТ 21964—76 «Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристики» все внешние воздействующие факторы могут быть разделены на следующие классы:

- **климатические** (температура, атмосферное давление, относительное давление, относительная влажность окружающей среды, ветер, туман, пыль, солнечное излучение и др.);
- **электромагнитные** (колебания напряжения и частоты переменного электрического тока в сети, действие постоянных и переменных магнитных полей, электромагнитная совместимость и др.);
- **ионизирующие излучения** естественного и искусственного происхождения;
- **механические** (колебания, удары, линейные ускорения, механическое давление, сила и др.);
- **термические** (тепловой удар, аэродинамический нагрев и др.);
- **специальные среды** (кислотно-щелочные среды, отравляющие вещества, топлива и др.).

Для обеспечения единства измерений к условиям их проведения предъявляют жесткие требования. Для средств измерений конкретного типа в нормативных документах или по результатам их

поверки (калибровки) устанавливают единые **нормальные условия измерений**.

Это условия измерений, предписанные для оценивания средства измерений или измерительной системы или для сравнения результатов измерений. Нормальные условия измерений устанавливаются в нормативных документах на средства измерений конкретного типа или при их поверке (калибровке). Значение ФВ, соответствующее нормальным условиям, называют **нормальным значением влияющей величины**, и оно принимается за номинальное. Приведем номинальные значения наиболее широко распространенных влияющих ФВ:

Температура для всех видов измерений, °С (К)	20 (293)
Давление воздуха для линейных, угловых измерений, измерений массы, силы света, измерений в спектроскопии, кПа (мм рт. ст.)	101,3 (760)
Относительная влажность воздуха для линейных, угловых измерений, измерений массы, измерений в спектроскопии, %	58
Плотность воздуха, кг/м ³	1,2
Ускорение свободного падения, м/с ²	9,8
Относительная скорость движения внешней среды	0

Однако при выполнении измерений бывает трудно и даже невозможно поддержать установленные номинальные значения влияющих величин. Поэтому определяют пределы возможных изменений для каждой влияющей величины, которые называют **нормальной областью значений влияющей величины**. Согласно РМГ 29—2013 это — область значений влияющей величины, в пределах которой изменением результата измерений под ее воздействием можно пренебречь в соответствии с установленными нормами точности.

Например, нормальная область значений температуры при линейных измерениях в зависимости от уровня точности и диапазона размеров не должна отклоняться от установленной температуры 20 °С более чем на $\pm 0,1$ °С для точных качеств и на ± 4 °С — для грубых качеств, а для угловых измерений эта величина не должна превышать $\pm 3,5$ °С, т. е. нормальные области значений влияющей величины — температуры должны находиться в следующих диапазонах, °С: 19,9... 20,1; 16... 24 и 16,5... 23,5.

Аналогично устанавливают нормальные области значений других влияющих величин.

В соответствии с ГОСТ 8.050—73 «ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений» требования к нор-

мальным условиям зависят от допусков на измеряемую величину и допустимой погрешности измерений.

При подготовке к измерениям необходимо определить *рабочее пространство* — часть пространства (окружающего средство и объект измерений), в котором нормальная область значений влияющих величин находится в установленных пределах. Если рабочее пространство не установлено, то нормальные условия измерений следует обеспечивать во всем помещении, где выполняют измерения.

Для обеспечения нормальных условий измерений стандарт устанавливает продолжительность выдержки объектов измерения (контроля) и средств измерений до начала измерений в рабочем пространстве в условиях, соответствующих определенным требованиям, в течение 2...36 ч в зависимости от массы объекта и требуемой точности измерения.

В машиностроении при точных измерениях для поддержания нормальных условий применяются специальные средства защиты от воздействия влияющих величин. Так, влияние температуры исключают путем термостатирования — обеспечения определенной температуры в рабочем пространстве. Термостатировать можно средства измерений, производственные помещения (цехи, лаборатории), камеры.

В целях устранения вибрации и сотрясений используют амортизаторы — эластичные подвесы (струны, пружины и т. д.), губчатую резину и т. д.

Средством защиты от влияния магнитного поля Земли служат экраны из магнитомягких материалов.

Для уменьшения влияния измерения атмосферного давления, применяют барокамеры.

Учесть действие совокупности влияющих величин сложно, а иногда и невозможно. В ГОСТ 8.050—73 рекомендуется учитывать это действие посредством введения дополнительной погрешности или изменения показаний средств измерений. Для этого устанавливают *рабочую область значений влияющей величины* — такую область, в пределах которой нормируют дополнительную погрешность или изменение показаний средства измерений.

При выполнении измерений в сложных условиях, например при высокой или низкой температуре, определенной влажности, в агрессивных средах, обеспечить нормальные условия измерений невозможно. В таких ситуациях устанавливают менее жесткие, чем обычно, условия выполнения измерений, называемые *рабочими условиями*. Это такие условия, при которых значения влияющих

величин заключены в пределах рабочих областей. Например, для измерительного конденсатора нормируют дополнительную погрешность, учитывающую отклонение температуры окружающего воздуха от нормальной.

При проектировании средств измерений и контроля определяют так называемые **предельные условия измерений**. С этими условиями связаны экстремальные значения измеряемой и влияющих величин, которые средство измерений может выдержать без разрушений и ухудшения его метрологических характеристик.

9.13. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ

Правильный выбор средств измерений (контроля) обеспечивает получение достоверной информации об измеряемом объекте (а это гарантия качества изготавливаемых изделий) и позволяет оптимизировать затраты производства на контрольные операции.

Выбор средств измерений и контроля зависит от целого ряда факторов, таких, как масштаб производства, организационно-технические формы контроля, принятые на производстве, конструктивные особенности объекта измерения (контроля), экономические и другие факторы, а также от требований, устанавливаемых Р 50-609-309-01 «Правила выбора средств контроля».

Масштаб (объем) производства определяет тип средства измерений (контроля), необходимую производительность процесса измерения (контроля), а следовательно, и уровень его автоматизации или механизации.

Конструктивная форма, число контролируемых параметров, габариты и масса деталей также влияют на выбор типа средства измерений. Так, тяжелые детали больших габаритов измеряют и контролируют переносными средствами измерений и контроля. При большом числе контролируемых параметров рекомендуется применять многомерные средства измерений или контроля.

При выборе средства измерений необходимо учитывать материал контролируемой детали, жесткость ее конструкции и шероховатость поверхности с позиций повреждаемости объекта измерения. Измерение тонкостенных деталей и деталей из легких сплавов и пластмасс следует выполнять бесконтактным методом или средствами, требующими малых измерительных усилий.

На точность показания средств измерений существенное влияние оказывают погрешности различного типа. Оценка погрешно-

сти измерения должна выполняться комплексно, с учетом и самой погрешности измерения и условий измерений, при которых она должна проявиться. Точность показаний средства измерений определяется **суммарной погрешностью**, составляющими которой являются систематические и случайные погрешности. Большинство независимых случайных погрешностей подчиняются нормальному закону распределения, и поэтому их суммируют по правилам теории вероятности для независимых случайных величин.

Составляющие суммарной погрешности могут быть найдены по справочной литературе или экспериментальным путем. Суммарную погрешность измерения для конкретного средства измерений определяют по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \Delta_{i \text{ сист}} \pm \sqrt{\sum_{j=1}^n \Delta_{\gamma \text{ сл}}^2},$$

где $\Delta_{i \text{ сист}}$, $\Delta_{\gamma \text{ сл}}$ — составляющие систематических и случайных погрешностей.

Суммарная погрешность может составлять 8...30 % допуска контролируемого параметра. Ее величина зависит от назначения изделия и может быть равна, %: для ответственных изделий — 8, для менее ответственных — 12,5...20, а для остальных — 25...30.

Средство измерений выбирают исходя из допустимой погрешности измерения $[\Delta]$ и расчетной суммарной погрешности Δ_{Σ} .

Допустимые погрешности измерений регламентированы ГОСТ 8.051—81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» в зависимости от номинальных размеров и допусков на изготовление. Допустимые погрешности измерений приняты равными:

- для грубых допусков $[\Delta] = 0,2T$;
- для остальных допусков $[\Delta] = 0,35T$, где T — допуск контролируемого параметра, задаваемый конструктором.

Запишем условие правильности выбора средства измерений:

$$\Delta_{\Sigma} \leq [\Delta].$$

Если это условие не выполняется, необходимо либо пересмотреть составляющие суммарной погрешности измерений и принять меры к их снижению, либо заменить средство измерений или его элементы.

Экономические показатели выбора средств измерений занимают важное место в процедуре выбора и его обоснования. К ним относят стоимость средства измерений, продолжительность его

работы до ремонта, срок окупаемости, время настройки средства измерений и время, затраченное на измерение, необходимая квалификация оператора и др.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите определение понятия «средство измерений».
2. Какие основные метрологические характеристики средств измерений устанавливаются стандартом?
3. Что называется ценой деления шкалы?
4. Как определяется погрешность средств измерений и от каких факторов она зависит?
5. Что представляет собой предел допустимой погрешности СИ?
6. Что называется классом точности средства измерений и какие факторы на него влияют?
7. Каково основное назначение концевых мер длины?
8. Чем определяется класс и разряд концевой меры длины?
9. Назовите области применения измерительных линеек и штангенинструмента. Перечислите основные части штангенинструмента.
10. Каково устройство и принцип действия гладкого микрометра?
11. Как настраивается на нуль рычажная скоба?
12. Какие методы контроля шероховатости и волнистости применимы в промышленности?
13. Назовите области применения средств измерений и контроля с оптическим и оптико-механическим, электрическим и электромеханическим преобразованием.
14. Каков принцип действия индуктивных и емкостных приборов?
15. Что такое калибры и для каких целей они предназначены?
16. В чем отличие между понятиями «контроль» и «измерение»?
17. В чем заключается принцип контроля предельными калибрами?
18. Каково основное назначение поверочных линеек и плит?
19. Какие классы точности предусмотрены стандартом для лекальных линеек?
20. Что такое средства активного контроля? Из каких элементов они состоят и какими показателями характеризуются?
21. Какие внешние воздействия сказываются на результатах линейно-угловых измерений?
22. Какие специальные средства защиты от воздействия влияющих величин применяются в машиностроении?
23. Какие основные факторы учитываются при выборе средств измерений и контроля?
24. Каково условие правильности выбора средств измерений?

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ. ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ

10.1. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Нормативно-правовые основы отечественной современной системы технического регулирования в нашей стране были заложены Федеральным законом РФ от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

К этому времени назрела необходимость реформирования действующей в Российской Федерации до 2003 г. системы установления, применения и исполнения требований к объектам технического регулирования. Само понятие «техническое регулирование» определено в ст. 2 указанного Закона: «техническое регулирование — правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия».

Федеральный Закон РФ «О техническом регулировании» дает в ст. 2 четкое определение оценки соответствия и подтверждения соответствия:

- **оценка соответствия** — прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых 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.

При положительных результатах подтверждения соответствия выдается сертификат соответствия.

Таким образом, структура технического регулирования, с точки зрения законодательных и нормативно-правовых основ, базируется на трех составляющих:

- законодательной;
- стандартизации;
- элементах оценки соответствия.

Закон четко разграничил, какие документы и устанавливаемые ими требования к продукции являются обязательными, а какие — добровольными.

Впервые было введено понятие нового для отечественной юридической практики документа обязательного характера — технического регламентирования. Этот документ и содержит обязательные для применения требования к объектам технического регулирования. Подобные требования могут устанавливаться только федеральными законами, а в особо оговоренных случаях — между народными договорами, межправительственными соглашениями, постановлениями Правительства Российской Федерации или указами Президента Российской Федерации. Федеральные органы исполнительной власти могут издавать документы, содержащие требования только рекомендательного характера.

Требования регламентов направлены на обеспечение пожарной и промышленной безопасности, безопасности эксплуатации и утилизации машин и оборудования, экологической безопасности.

Стандарты стали добровольными для применения. Однако при этом национальные и международные стандарты могут использоваться и в качестве основы для разработки технических регламентов.

С другой стороны, соблюдение стандартов, перечень которых подлежит опубликованию, может служить доказательной базой выполнения требований технических регламентов.

Добровольность применения стандартов не уменьшает их значимость. Их роль существенно возрастает. Кроме того, закон не препятствует устанавливать и **обязательные требования** в стандартах организаций (СТО) и предприятий (СТП). Это объясняется тем, что в соблюдении положений и требований СТО и СТП заинтересованы сами производители. Кроме того, им выгодно принимать самое

активное участие в разработке стандартов, особенно межрегиональных и международных.

Федеральный закон предусматривает два вида стандартов: национальные (ГОСТ Р), которые принимаются и утверждаются национальным органом по стандартизации, и СТО или СТП.

В соответствии с Федеральным законом предусматривается инициирование процедуры разработки технического регламента или национального стандарта как юридическими, так и физическими лицами (организациями или гражданами). Однако для того чтобы при этом обеспечить максимальную гласность и участие всех заинтересованных сторон, необходимо выполнить все условия, регламентированные Законом.

Обязательно надо иметь в виду, что Законом введен принцип невозможности совмещения функций органов по сертификации и функций государственного контроля и надзора, а также совмещения функций аккредитации и сертификации.

Функции государственного контроля и надзора за соблюдением требований технических регламентов оставлены за государством. При этом контроль и надзор реформируются и переносятся в основном на стадию обращения продукции.

Понятие «техническое регулирование» является одним из основных понятий Закона «О техническом регулировании», поскольку, с одной стороны, содержится в названии самого Закона, а с другой — является тем фундаментом, на котором базируется принципиально новый подход ко всему процессу правового регулирования отношений при установлении, применении и исполнении обязательных и добровольных требований к объектам регулирования.

В соответствии со ст. 3 Федерального закона «О техническом регулировании» современная система технического регулирования строится на определенных принципах.

1. Принцип единства установления требований к объектам технического регулирования. Его особая значимость для всего процесса технического регулирования объясняется тем, что до принятия Закона обычно требования к продукции разрабатывались в различных ведомствах, которые выпускали множество дублирующих друг друга или полностью взаимоисключающих требований. В действительности из-за подобного нормотворчества отечественной хозяйственной деятельности весьма типичной стала ситуация, когда представители разных ведомств требуют выполнения взаимоисключающих требований.

Например, приходящий с проверкой представитель пожарного ведомства, ссылаясь на существующие нормы, требует снять

с окон решетки. Вслед за ним является полиция и, также ссылаясь на определенные нормативы, требует установить для безопасности решетки на окна. В стране не было единой системы технических требований, но имелось огромное количество (около 30 тыс.!) различных документов, регулирующих деятельность предприятий. Кроме того, применялись тысячи санитарных норм и правил, примерно такое же количество строительных нормативов и сотни отраслевых стандартов, технических условий и инструкций. Все это изобилие не только не решало проблемы контроля над соблюдением производителем стандартов и требований безопасности, но, напротив, создавало в данной сфере полную неразбериху. Именно этим объясняется новый подход Закона к принципу установления единых требований и правил.

Статья 3 кроме принципа применения единых правил установления требований к объектам регулирования включает в себя принципы единой системы и правил аккредитации, принцип единства правил и методов исследований и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия. Подобное унифицирование объясняется не только внутренним аспектом необходимости устранения дублирования в процессе технического нормирования, но и внешним аспектом. Для обеспечения выхода российской продукции на мировой рынок (а точнее, в связи со вступлением России в ВТО) возникла необходимость приведения процессов исследований и измерений в соответствие с международными нормами.

2. Принцип соответствия технического регулирования уровню развития национальной экономики и уровню научно-технического развития, т. е. при разработке технических регламентов и национальных стандартов необходимо включать в них требования с учетом реалий сегодняшнего дня.

Обязательные требования должны устанавливаться исходя не только из их научной обоснованности и соответствия международным нормам, но и с учетом возможности их технической реализации и последствий их введения для национальной экономики, бизнеса и потребителей, т. е. с учетом интересов всех слоев общества.

3. Согласно третьему принципу органы по аккредитации (т. е. органы, устанавливающие компетентность органов по сертификации), **органы по сертификации, изготовители** (продавцы, исполнители, приобретатели) **должны быть независимы друг от друга** (т. е. не находиться в какой-либо зависимости друг от друга), гарантируя этим объективность, принципиальность и эффективность проведения процессов оценки соответствия. Принцип независимости должен распространяться также и на испытательные лаборатории. Необхо-

димось в разработке единой системы и правил аккредитации была вызвана наличием действующих на момент принятия Закона более десятка различных ведомственных систем аккредитации со своими правилами, что не соответствовало международным требованиям и мировой практике.

4. Принцип недопустимости совмещения полномочий органа государственного контроля (надзора) и органа по сертификации. Данный принцип основан на различии правового статуса и целей деятельности данных органов: орган государственного контроля является органом исполнительной власти, осуществляющим проведение контроля (надзора) от имени государства, а орган по сертификации является коммерческой организацией, основной целью которой является получение прибыли. Учитывая разницу задач, полномочий и методов данных органов, их совмещение невозможно. Следует заметить, что подобное разделение было проведено сравнительно недавно. В Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) органы по сертификации были выведены из структуры с 1 января 2003 г. До этого органы Росстандарта совмещали функцию государственного контроля (отделы государственного надзора) и функцию сертификации (отделы сертификации). Кроме того, реализация данного принципа позволит устранить «конфликт интересов» в этих органах, уменьшить коррупцию со стороны государственных контролирующих органов по отношению к подконтрольным им предпринимателям и обеспечить условия добросовестной конкуренции между всеми органами, действующими на рынке услуг по сертификации.

5. Следующим принципом, обеспечивающим гарантии объективности при оценке компетентности органов по сертификации, является недопустимость совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию. Поскольку органы по аккредитации являются, в отличие от органов по сертификации, государственными органами, совмещение их полномочий невозможно из-за различий правового статуса. Недопустимость совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию позволит устранить порядок, при котором некоторые ведомственные органы, проводящие сертификацию, наделялись правом разрешать или запрещать такую же деятельность другим организациям, являющимся их конкурентами на рынке услуг по сертификации. Кроме того, этот принцип облегчит доступ российским органам по аккредитации в соответствующие международные организации, в которых отсутствие совмещения деятельности по сертификации и аккредитации является непременным условием членства.

6. Принцип недопустимости внебюджетного финансирования государственного контроля является гарантией независимости органов контроля как государственных органов от коммерческих структур, а также гарантией принципиального осуществления возложенных на эти органы функций и задач.

7. Принцип недопустимости ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации означает необходимость наличия здоровой конкуренции между органами, претендующими на оформление аккредитации и проводящими сертификацию. Органом по сертификации может быть юридическое лицо или индивидуальный предприниматель. При этом они имеют равные возможности для документального подтверждения своей компетенции и выполнения деятельности по сертификации.

8. Соблюдение принципа единства применения требований технических регламентов независимо от видов и особенностей сделок обусловлено особым правовым статусом нормативных актов, которыми принимаются регламенты: федеральные законы, постановления Правительства и указы Президента Российской Федерации обязательны для исполнения на всей территории Российской Федерации для всех физических и юридических лиц и поэтому не могут зависеть от видов и особенностей сделок.

Таким образом, система законодательных и нормативных актов в сфере технического регулирования, как это следует из содержания Федерального закона, состоит из следующих основных элементов:

- Федеральный закон «О техническом регулировании»;
- международные договоры (соглашения), принимаемые Российской Федерацией в области технического регулирования;
- технические регламенты;
- подзаконные акты, принимаемые Президентом Российской Федерации, Правительством Российской Федерации и федеральными органами исполнительной власти по вопросам технического регулирования.

Особое значение имеет п. 3 ст. 4 Закона, согласно которому за органами исполнительной власти оставлено право издавать в сфере технического регулирования только акты рекомендательного характера. Тем самым, по существу, прекращается практика ведомственного нормирования технических характеристик продукции и установления правил проверки соответствия, т. е. сертификации. Все ранее изданные органами исполнительной власти нормативно-правовые акты утрачивают свою обязательность (за исключением актов, устанавливающих обязательные требования к оборонной продукции и продукции, сведения о которой составляют

государственную тайну). Федеральные органы исполнительной власти вправе издавать в сфере технического регулирования акты только рекомендательного характера, однако Закон не допускает обязательной силы актов, относящихся к ведомственному нормотворчеству в области установления обязательных требований к объектам технического регулирования. С момента вступления Закона в силу нормативно-правовые акты, которые были изданы указанными органами и в которых содержатся такие требования, утрачивают свою обязательность. Однако необходимо помнить, что это правило имеет некоторые исключения. Исключения из этого правила составляют подлежащие обязательному исполнению в части, соответствующей целям, указанным в п. 1 ст. 46 Закона, нормативные документы федеральных органов исполнительной власти, в которых содержатся требования к продукции или связанным с ней процессам. При этом обязательность исполнения сохраняется только до момента вступления в силу соответствующих технических регламентов. Кроме того, согласно п. 7 ст. 46 Закона все обязательные требования к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, в отношении которых технические регламенты не были приняты в срок до 1 июля 2010 г., прекращают свое действие по истечении этого срока. Отдельное значение имеют воспроизведенные в ст. 4 Закона «О техническом регулировании» конституционно закрепленные положения, в соответствии с которыми общепризнанные принципы и нормы международного права и международные договоры Российской Федерации являются составной частью ее правовой системы.

Если международным договором Российской Федерации установлены иные правила, чем предусмотренные Законом, то применяются правила международного договора (ч. 4 ст. 15).

Таким образом, приоритетную значимость в качестве базового нормативно-правового акта в сфере технического регулирования имеет Федеральный закон «О техническом регулировании».

Однако необходимо принять во внимание, что в сфере технического регулирования действуют нормы и других федеральных законов (Гражданского кодекса Российской Федерации, Градостроительного кодекса Российской Федерации и др.), вследствие чего реализация положений Закона должна осуществляться с учетом таких норм. Иные федеральные законы и нормативные правовые акты Российской Федерации должны приниматься в строгом соответствии с нормами базового Закона. Следует учитывать и то, что Закон исключает возможность регулирования отношений

в рассматриваемой области нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации. Такое положение обусловлено конституционно закрепленными нормами, разграничивающими предметы ведения Российской Федерации и входящих в ее состав субъектов Федерации.

10.2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ

Сертификация, как и подтверждение соответствия, является для Российской Федерации достаточно новой областью деятельности. Федеральным законом «О техническом регулировании» установлено понятие подтверждения соответствия.

Под *подтверждением соответствия* понимают документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Подтверждение соответствия может носить обязательный и добровольный характер. Обязательное подтверждение соответствия может осуществляться в форме декларирования или обязательной сертификации.

Декларирование соответствия — форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов, осуществляемого изготовителем (производителем, поставщиком). В этом случае ответственность несет сам изготовитель.

Сертификация — форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. За выданный сертификат соответствия ответственность несет орган по сертификации.

Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться только в форме добровольной сертификации.

На рис. 10.1 представлена схема подтверждения соответствия объектов обязательным и добровольным требованиям.

Подтверждение соответствия осуществляется в целях:

- удостоверения соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;



Рис. 10.1. Схема подтверждения соответствия объектов обязательным и добровольным требованиям

- содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Подтверждение соответствия выполняется на основе следующих принципов:

- доступность информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;
- недопустимость применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования технических регламентов;
- установление перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем техническом регламенте;
- уменьшение сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя;
- недопустимость принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе добровольной сертификации;

- защита имущественных интересов заявителей, соблюдения коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия;
- недопустимость подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией.

10.3. СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ И ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ. СХЕМЫ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ И СЕРТИФИКАЦИИ

Сертификация продукции, процессов, услуг и иных объектов может осуществляться только в какой-либо системе сертификации.

Под *системой сертификации* понимают совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Системы сертификации могут быть международными, национальными, региональными и межрегиональными.

Российская Федерация является участником систем сертификации бытового электрооборудования, электронной техники, спортивного и охотничьего оружия, авиационной техники, продукции судостроения и других международных систем добровольной сертификации.

Любая система сертификации включает в себя участников системы: центральный орган по сертификации, органы по сертификации, испытательные лаборатории или центры и совет по сертификации. Участником системы сертификации также является заявитель.

Типовая структурная схема системы сертификации представлена на рис. 10.2.

На рис. 10.3 для примера представлена действующая организационная структура системы сертификации механических транспортных средств и прицепов.

Функции системы сертификации состоят в следующем:

- сертификация продукции, услуг и иных объектов, в том числе систем качества;
- аккредитация органов по сертификации продукции и органов по сертификации систем качества;
- аккредитация испытательных лабораторий (центров);
- участие в подготовке к аттестации аудиторов (экспертов) для юридических лиц, участвующих в деятельности системы сертификации;

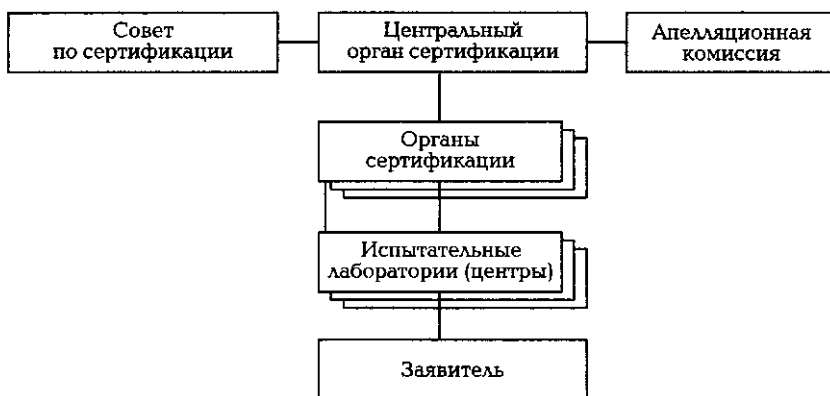


Рис. 10.2. Типовая структурная схема системы сертификации

- участие в повышении квалификации специалистов в области качества, испытаний и сертификации;
- оказание консультативно-методических услуг по подготовке предприятий к сертификации систем качества или сертификации продукции, а также аккредитации испытательных лабораторий (центров);

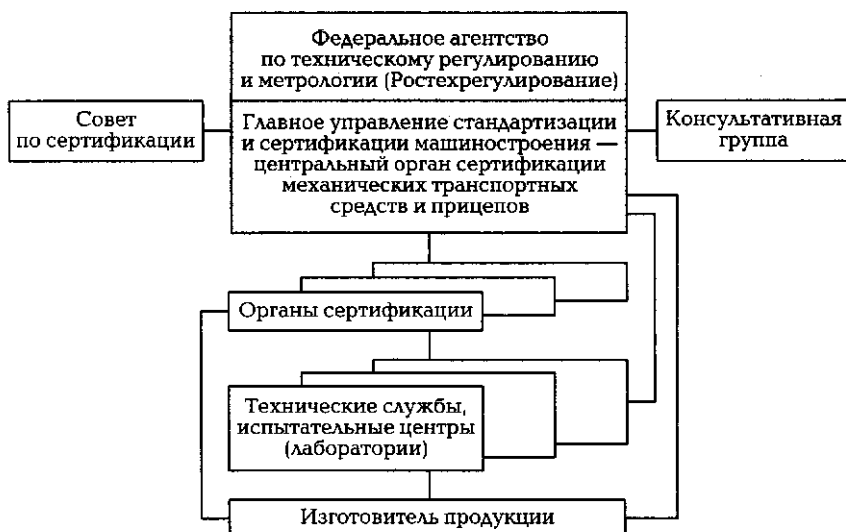


Рис. 10.3. Организационная структура системы сертификации механических транспортных средств и прицепов

- обеспечение взаимного признания сертификатов, аттестатов, знаков соответствия и результатов испытаний;
 - взаимодействие с отечественными, национальными и международными организациями по сертификации.
- Установлены **основные функции** участников системы.

Центральный орган по сертификации:

- управляет системой, организует работу и устанавливает общие правила проведения сертификации в системе;
- координирует деятельность и осуществляет методическое руководство органов по сертификации и испытательных центров (лабораторий);
- организует по поручению Ростехрегулирования работу по аккредитации участников системы, осуществляет инспекционный контроль за их деятельностью;
- готовит предложения по присоединению к другим системам и взаимному признанию документов соответствия;
- при отсутствии аккредитованного органа по сертификации осуществляет его функции;
- формирует совет по сертификации, утверждает его состав и организует его работу;
- организует информационное обеспечение о правилах и процедурах сертификации, аккредитованных участников системы и результатах сертификации;
- взаимодействует с потребителями и другими организациями, получает от них необходимую документацию;
- взаимодействует с техническим комитетом по стандартизации сертифицируемых видов продукции и услуг;
- формирует и актуализирует фонд нормативных документов, применяемых при сертификации;
- проводит по поручению Ростехрегулирования выборочный контроль органов по сертификации и испытательных центров (лабораторий);
- готовит для Ростехрегулирования вопросы, связанные с функционированием системы.

Орган по сертификации:

- принимает и рассматривает заявки на сертификацию конкретной продукции, определяет по каждой конкретной заявке испытательный центр (лабораторию);
- разрабатывает, согласовывает и подготавливает к утверждению правила сертификации конкретных видов продукции;

- ведет реестр сертифицированной продукции, информирует о результатах сертификации;
- составляет и прорабатывает с заинтересованными организациями перечни конкретных видов продукции, подлежащей обязательной сертификации, и нормативных документов, которым она должна соответствовать;
- формирует и актуализирует фонд нормативных документов, распространяющихся на сертифицированную продукцию;
- ведет работу по признанию зарубежных сертификатов и иных документов соответствия, готовит предложения о присоединении к национальным, региональным и международным системам сертификации;
- организует и проводит проверку условий производства сертифицируемой продукции;
- выдает, отказывает в выдаче или отменяет сертификаты соответствия;
- взаимодействует с территориальными органами и институтами Ростехрегулирования по вопросам инспекционного контроля за производством сертифицированной продукции;
- взаимодействует с техническим комитетом по стандартизации сертифицируемых видов продукции и услуг;
- взаимодействует с потребителями и другими организациями в части получения информации на соответствие продукции сертифицированному образцу.

Испытательный центр (лаборатория):

- разрабатывает программы, типовые и рабочие методики испытаний по каждому нормативному документу;
- рассматривает полученную от изготовителя документацию и проводит экспертизу объектов испытаний на соответствие этой документации;
- проводит сертификационные испытания, регистрацию и учет испытаний, анализ сертификационных испытаний; оформляет и направляет в орган по сертификации и заявителю официальные протоколы по результатам испытаний;
- проводит испытания сертифицированной продукции в рамках инспекционного контроля;
- выдает заключения о возможности распространения результатов испытаний, сертификатов соответствия, одобрения типа продукции;
- участвует в разработке и совершенствовании нормативных документов на продукцию, методы и средства испытаний;

- обращается в орган по сертификации с предложениями о прекращении действия ранее выданных сертификатов соответствия;
- вносит в орган по сертификации предложения о приостановке (запрещении) изготовления, поставки, продажи, закупки, эксплуатации, использования отдельных видов продукции (моделей, модификаций), в том числе импортированной, если при испытаниях обнаружено несоответствие полученных значений характеристик требованиям нормативных документов либо эти значения свидетельствуют об угрозе жизни, здоровью и имуществу граждан или вредном воздействии на окружающую среду;
- участвует в контрольных испытаниях, проводимых в испытательных лабораториях изготовителей сертифицированной продукции;
- участвует совместно или по поручению органа по сертификации в проверке условий производства;
- взаимодействует с другими испытательными лабораториями (центрами);
- формирует предложения по методическому обеспечению и техническому оснащению испытательных лабораторий (центров);
- формирует и ведет фонд нормативных документов, применяемых при сертификации, ведет организационно-методические документы.

Совет по сертификации:

- разрабатывает предложения по формированию единой политики сертификации в рамках системы;
- осуществляет анализ функционирования системы, подготовку рекомендации по ее совершенствованию и содействует их реализации;
- рассматривает проекты программ работ в области сертификации, разрабатываемые участниками системы;
- подготавливает рекомендации по созданию органов по сертификации, испытательных центров (лабораторий), по номенклатуре продукции и срокам введения обязательной сертификации;
- содействует распространению информации об общих направлениях деятельности участников системы, ее состоянии и развитии с целью формирования общественного мнения;
- рассматривает, определяет и принимает планы (программы) работ совета по сертификации.

Подтверждение соответствия продукции (процессов, услуг и т. д.) требованиям технических регламентов (обязательные требования)

осуществляется в соответствии с формами и схемами обязательного подтверждения соответствия, применение которых позволяет обеспечивать единообразие приемов доказательств соответствия, заранее известных участникам подтверждения соответствия, органам государственного контроля (надзора) и другим заинтересованным сторонам. Схемы обязательного подтверждения соответствия завершаются выдачей сертификата соответствия или принятием декларации о соответствии.

Схемы, содержащиеся в документе Р 50.1.044—2003 «Рекомендации по разработке технических регламентов», гармонизированы с европейским модульным подходом к оценке соответствия в той степени, в которой это не противоречит нормам Федерального закона «О техническом регулировании».

В соответствии с документом Р 50.1.044—2003 приоритетной формой обязательного подтверждения соответствия является декларирование, осуществляемое согласно требованиям технических регламентов. Обязательная сертификация должна осуществляться только в обоснованных случаях. Обоснованность ее применения рекомендуется устанавливать с помощью следующих критериев:

- высокая степень потенциальной опасности продукции в сочетании со специальными мерами по защите рынка, когда необходимо дополнительно учитывать конкретную сложившуюся ситуацию в определенном секторе рынка (примером может служить введение обязательной сертификации лекарственных средств);
- принадлежность конкретной продукции к сфере действия международных соглашений, конвенций и других документов, к которым присоединилась Российская Федерация и в которых предусмотрена сертификация подобной продукции;
- исключение случаев, когда заявитель не может реализовать положения Федерального закона «Об обязательном подтверждении соответствия», например, при отсутствии на территории Российской Федерации полномочного представителя зарубежного изготовителя или при невозможности заявителя (продавца) обеспечить собственные доказательства подтверждения соответствия в требуемом объеме (предусмотренном техническим регламентом).

Первый критерий используется для обеспечения необходимой защиты рынка от опасной продукции в случае, когда состояние определенного сектора российского рынка не вызывает доверия к объективности декларирования соответствия поставщиками данной продукции (даже с частичным участием третьей стороны).

Второй критерий применяется в случаях, когда действующие в стране правила сертификации обусловлены международными соглашениями и функционируют в соответствии с этими соглашениями (например, системы сертификации механических транспортных средств на соответствие правилам ЕЭК ООН, электрооборудования (МЭК СЭ) и др.). Это положение не является обязательным по отношению к международным договорам, предусмотренным Федеральным законом «О техническом регулировании». Если международным договором Российской Федерации в сфере технического регулирования установлены иные правила, чем те, которые предусмотрены настоящим Федеральным законом, то действуют правила международного договора. В случаях если из международного договора следует, что для его применения требуется издание внутригосударственного акта, используются правила международного договора. Принятое на его основе законодательство Российской Федерации имеет приоритет в случае, когда выполнение положений соглашений носит добровольный характер.

Применение обязательной сертификации продукции, подпадающей под соглашение, позволяет сохранить возможность взаимного признания результатов подтверждения соответствия без повторной сертификации, предусмотренной этим соглашением (системой сертификации).

Третий критерий определяется случаями, когда заявитель не имеет возможности принять декларацию о соответствии, не нарушая норм Федерального закона «О техническом регулировании» и соответствующего технического регламента. Это положение относится прежде всего к импортируемой продукции, когда у зарубежного изготовителя нет полномочного представителя на территории Российской Федерации или когда первая сторона (в основном продавец) не имеет собственных доказательств соответствия, предусмотренных техническим регламентом.

Применение третьего критерия позволяет избежать ситуации, когда необходимая рынку продукция не может быть выпущена в обращение на территории Российской Федерации из-за отсутствия доступной для поставщика процедуры подтверждения соответствия (например, при отсутствии лица, выполняющего функции иностранного изготовителя).

Как уже отмечалось, подтверждение соответствия продукции обязательным требованиям в рамках установленной формы обязательного подтверждения соответствия осуществляется согласно специальным схемам, каждая из которых представляет собой полный набор операций и условий их выполнения участниками под-

тверждения соответствия. Схемы обязательного подтверждения соответствия устанавливаются техническими регламентами.

Схемы могут включать в себя одну или несколько операций (результаты которых необходимы для подтверждения соответствия продукции установленным требованиям), в том числе:

- испытания (типовых образцов, партий или единиц продукции);
- сертификацию системы качества (на стадиях проектирования и производства, только производства или при окончательном контроле и испытаниях);
- инспекционный контроль.

Схемы декларирования необходимо выбирать таким образом, чтобы они были не слишком обременительны в сравнении с требованиями, представленными в техническом регламенте.

Конкретные схемы декларирования для конкретных видов продукции определяются техническими регламентами. При разработке этих регламентов могут использоваться схемы декларирования и обязательной сертификации, рекомендованные Р 50.1.044—2003 «Рекомендации по стандартизации. Рекомендации по разработке технических регламентов». При декларировании завершающей операцией является принятие заявителем декларации о соответствии, в случае применения схем сертификации — выдача заявителю сертификата соответствия. В табл. 10.1 представлены схемы декларирования, рекомендованные Р 50.1.044—2003.

Таблица 10.1. Схемы декларирования

Обозначение схемы согласно документу Р 50.1.044—2003	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля, близкого к схеме
1д	<i>Заявитель</i> приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле и принимает декларацию о соответствии	A
2д	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии	C
3д	<i>Орган по сертификации</i> сертифицирует систему качества на стадии производства.	D

Обозначение схемы согласно документу Р 50.1.044—2003	Содержание схемы и ее исполнители	Обозначение европейского модуля, близ- кого к схеме
	<p><i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии. <i>Орган по сертификации</i> осуществляет инспекционный контроль за системой качества заявителя</p>	D
4д	<p><i>Орган по сертификации</i> сертифицирует систему качества на этапах окончательного контроля и испытаний. <i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии. <i>Орган по сертификации</i> осуществляет инспекционный контроль за системой качества заявителя</p>	E
5д	<p><i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания выборочной партии выпускаемой продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии</p>	F
6д	<p><i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания каждой единицы продукции. <i>Заявитель</i> принимает декларацию о соответствии</p>	G
7д	<p><i>Орган по сертификации</i> сертифицирует систему качества на стадиях проектирования и производства. <i>Заявитель</i> проводит испытания образца продукции и принимает декларацию о соответствии. <i>Орган по сертификации</i> осуществляет инспекционный контроль за системой качества заявителя</p>	H

Выбор схем осуществляется с учетом максимального риска, связанного с недостоверной оценкой соответствия и ущербом от применения продукции, прошедшей подтверждение соответствия. При этом также учитывается объективность оценки, характеризующая степень независимости исполнителей операции (первая или третья сторона).

Схему 1д следует рекомендовать для продукции, если:

- степень ее потенциальной опасности невысока или конструкция (проект) признается простой;
- показатели безопасности мало чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов;
- предусмотрен государственный контроль (надзор) на стадии обращения.

Схемы 2д—4д рекомендуются применять, когда затруднительно обеспечить достоверные испытания образца типовой продукции самим изготовителем, а характеристики продукции имеют важное значение для обеспечения безопасности. При этом схемы 3д и 4д рекомендуются использовать в тех случаях, когда конструкция (проект) признана простой, а чувствительность показателей безопасности продукции к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов высока. Схема 4д выбирается в том случае, когда соответствие продукции можно отслеживать в процессе контроля и испытаний.

Для продукции, степень потенциальной опасности которой достаточно высока, рекомендуется использовать схемы 5д—7д. Выбор между ними определяется степенью чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов, а также степенью сложности конструкции (проекта).

Схемы 5д и 6д рекомендуются для тех случаев, когда показатели безопасности продукции мало чувствительны к изменению производственных и эксплуатационных факторов.

Схема 7д может быть рекомендована для подтверждения соответствия сложной продукции, если показатели ее безопасности чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов.

Применение вышеприведенных схем рекомендуется в случаях, когда декларацию о соответствии принимает изготовитель. Если декларацию о соответствии принимает продавец, который не имеет возможности собрать собственные доказательства о соответствии, то должна использоваться схема 5д или 6д.

В конкретных случаях при необходимости все вышеперечисленные схемы могут дополняться и детализироваться положениями,

Таблица 10.2. Схемы обязательной сертификации

Обозначение схемы согласно документу Р 50.1.044—2003	Содержание схемы и ее исполнители	Прежнее обозначение схемы*
1с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия	1
2с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> проводит анализ состояния производства и выдает заявителю сертификат соответствия	1а
3с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия и осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов сертифицированной продукции)	2—4
4с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> проводит анализ состояния производства, выдает заявителю сертификат соответствия и осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции и анализ состояния производства)	2а, 3а, 4а
5с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания типового образца продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> проводит сертификацию системы	5

Обозначение схемы согласно документу Р 50.1.044—2003	Содержание схемы и ее исполнители	Прежнее обозначение схемы*
	качества или производства, выдает заявителю сертификат соответствия, осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (контроль системы качества или производства) и испытания образцов продукции, взятых у изготовителя или продавца	
6с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания партии продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия	7
7с	<i>Аккредитованная испытательная лаборатория</i> проводит испытания каждой единицы продукции. <i>Аккредитованный орган по сертификации</i> выдает заявителю сертификат соответствия	8

* Из числа схем, установленных Порядком проведения сертификации продукции в Российской Федерации.

учитывающим специфику продукции, особенности ее производства и применения.

При необходимости обязательной сертификации продукции используются схемы сертификации, приведенные в табл. 10.2.

Схема осуществления обязательной сертификации определяется техническим регламентом или органом по сертификации на основании требований технического регламента.

Схемы 1с — 5с применяются в отношении серийно выпускаемой заявителем продукции, а схемы 6с и 7с — в отношении отдельных партий или единиц продукции, выпущенных заявителем-изготовителем продукции или реализуемых заявителем-продавцом (не изготовителем).

Схемы 1с и 2с рекомендуется использовать для продукции, показатели безопасности которой мало чувствительны к изменению

производственных факторов; в противном случае целесообразно применять схемы 3с — 5с.

Схемы 4с и 5с используются и в том случае, когда результаты испытаний типового образца в силу их одноразовости не могут дать достаточной уверенности в стабильности подтвержденных показателей в течение срока действия сертификата соответствия или, по крайней мере, за время до очередного инспекционного контроля.

Выбор между схемами 4с и 5с определяется степенью чувствительности значений показателей безопасности продукции к изменению производственных факторов, а также весомости этих показателей для обеспечения безопасности продукции в целом. Схема 5с в наибольшей степени решает такие задачи, но она применима не ко всем изготовителям. Например, в сфере малого предпринимательства такая схема будет довольно обременительна из-за трудности создания в маломасштабном производстве системы качества, соответствующей современным требованиям, и из-за высокой стоимости сертификации системы качества.

Схемы 6с и 7с предназначены в основном для продукции, приобретенной продавцами и не имеющей сертификата соответствия, например продукции, закупленной за рубежом. В отдельных случаях эти схемы могут применяться и изготовителями, например, при разовой поставке партии продукции или выпуске уникального изделия.

10.4. СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Сертификация любой системы менеджмента качества осуществляется на соответствие определенным нормативным документам, в которых изложены требования к системам качества. Таким документом является ГОСТ Р ИСО 9001 — 2015 «Системы менеджмента качества. Требования». Кроме того, требования к системам качества могут предъявляться и другими документами, например, техническими регламентами, условиями международного соглашения и т. д.

Система качества (СК) — это совокупность установленных правил и мероприятий по обеспечению качества продукции и услуг.

Система менеджмента качества (СМК) — система менеджмента для руководства и управления организацией применительно к качеству.

Этап 0

Проведение работ предприятием по подготовке и внутренней проверке СК

Этап 1

1. Направление заявки предприятием в орган по сертификации СК с необходимыми материалами и подтверждением оплаты регистрационного взноса

2. Регистрация заявки и копии платежного поручения

3. Назначение главного аудитора. Подготовка заключения о степени готовности СК предприятия к сертификации и информации заявителя

Этап 2

1. Оформление договорных документов и оплата работ по второму этапу

2. Формирование состава рабочей группы аудиторов, разработка программы и установление сроков проведения работ

3. Анализ экспертами-аудиторами описания СК по представленным документам и материалам

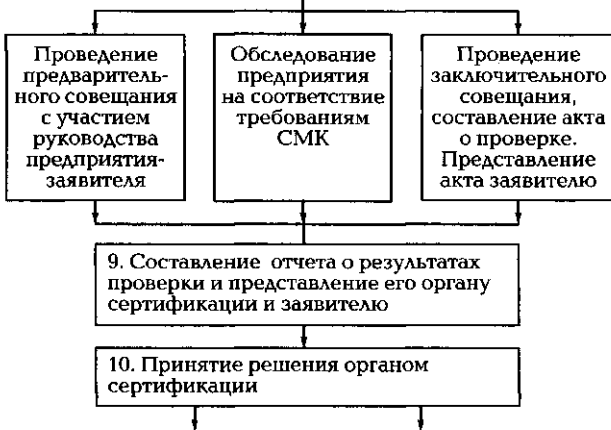
4. Запрос (при необходимости) дополнительных материалов от предприятия

5. Разработка программных проверок

6. Распределение обязанностей между членами рабочей группы экспертов-аудиторов

7. Разработка рабочих документов проверки СК

8. Проведение проверки СК на предприятии



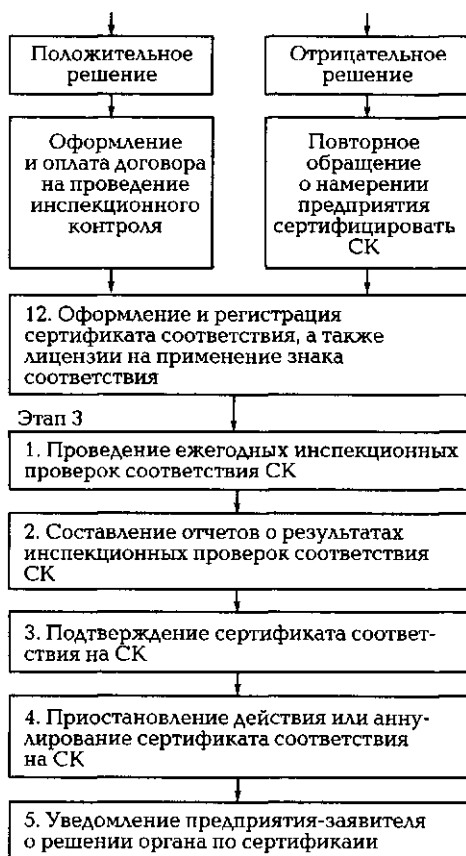


Рис. 10.4. Последовательность действий при подготовке и проведении сертификации систем качества на предприятии

Система качества создается для достижения целей и выполнения задач, определенных политикой предприятия в области качества. Она является неотъемлемой частью общей системы управления научной, производственной и хозяйственной деятельностью предприятия.

Система менеджмента качества предназначена для решения следующих основных задач:

- создание, поддержание и повышение качества продукции на уровне, обеспечивающем постоянное удовлетворение требований потребителя при оптимальных затратах на ее разработку (производство). Например, при реализации программы «Союз—

«Аполлон» уровень качества всех систем был таким, что если бы с подобным качеством выпускались телевизоры, то не только до первого отказа, а до небольшого снижения уровня яркости экрана этот телевизор работал бы непрерывно в течение 150 лет. Однако его стоимость, естественно, превысила бы все разумные пределы. Поэтому необходимо определенное сочетание качества и стоимости (затрат на разработку и изготовление);

- предоставление потребителю гарантий соответствия разрабатываемой (изготавливаемой) продукции требованиям стандартов, технических условий и положениям договоров на поставку, а также подтверждение возможности выпуска продукции в необходимых объемах и в заданные сроки.

При подготовке СМК к сертификации необходимо установить:

- все ли требования международного стандарта ИСО 9001:2015 применимы к данному предприятию (организации);
- существуют ли какие-либо исключения, связанные с особенностями предприятия (организации) и его продукции;
- существуют ли какие-либо исключения из требований, влияющие на способность предприятия (организации) выпускать продукцию, отвечающую требованиям потребителей, нормам и правилам;
- действительно ли область применения СМК охватывает все процессы и виды продукции.

В процессе подготовки СМК к сертификации необходимо убедиться в том, что она действительно документирована, внедрена, поддерживается в рабочем состоянии, постоянно улучшается, ее эффективность повышается.

Проведение работ по сертификации предусматривает следующие этапы:

- **этап 0** — проведение работ на предприятии по доработке СК и ее внутренней проверке;
- **этап 1** — заочная оценка СК на основе изучения материалов, поступивших с заявкой от предприятия-заявителя, и подготовка заключения органа по сертификации СК по результатам рассмотрения заявки;
- **этап 2** — оценка СК, заключение договора, подтверждение предоплаты работ, проведение сертификационного аудита, оформление акта и отчета о результатах работы на предприятии-заявителе;
- **этап 3** — принятие решения о выдаче сертификата соответствия и его регистрация, заключение договора на инспекционный контроль за сертифицированной СК.

При подготовке к сертификации СК предприятие должно:

- знать точно нормативную базу сертификации системы качества;
- определить сроки подготовки к сертификации;
- подготовить экспертов по внутренним проверкам СК на предприятии;
- обучить по крайней мере одного из руководителей, который возглавит работу по подготовке к сертификации СК, а затем будет вести эту работу, выступая в роли представителя руководства по качеству;
- привести документы СК в соответствие с требованиями ИСО;
- привести в соответствие с требованиями ИСО технологические процессы, оборудование, средства измерений и т.д.

Сертификация СК на предприятиях проводится с соблюдением определенной последовательности действий (рис. 10.4).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под подтверждением соответствия?
2. Какие формы подтверждения соответствия приняты в настоящее время в Российской Федерации?
3. Какие принципы положены в основу подтверждения соответствия?
4. Что понимают под системой сертификации?
5. Кто является участником системы сертификации?
6. Каковы основные функции участников системы сертификации?
7. Какая форма подтверждения соответствия является приоритетной?
8. В каких случаях рекомендуется обязательная сертификация?
9. Что понимают под СК?
10. Для решения каких задач создается СМК?
11. Каким вопросам должна быть посвящена документация СМК?
12. Какие этапы включают в себя работы по подготовке и сертификации СМК?

Список литературы

1. Брюховец А. А. Метрология : учебник / А. А. Брюховец, Д. Д. Грибанов, О. Ф. Вячеславова ; под ред. С. А. Зайцева. — М. : Форум, 2011.
2. Грибанов Д. Д. Основы сертификации : учеб. пособие / Д. Д. Грибанов. — М. : Изд-во МГТУ «МАМИ» ; Академия проблем качества, 2000.
3. Зайцев С. А. Допуски и технические измерения : учебник / С. А. Зайцев, А. Д. Куранов, А. Н. Толстов. — М. : Издательский центр «Академия», 2017.
4. Зайцев С. А. Национальная система аккредитации Российской Федерации в области оценки соответствия : учеб. пособие / С. А. Зайцев, О. Ф. Вячеславова, И. Е. Парфеньева. — Новосибирск : СибАК, 2016.
5. Измерения в промышленности : справочник : в 3 кн. / пер. с нем. под ред. П. Профоса. — М. : Металлургия, 1990.
6. Интеграция производства и управление качеством продукции / [В. Г. Версан, В. И. Сиськов, Л. Г. Дубицкий и др.]. — М. : Изд-во стандартов, 1995.
7. Крылова Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии : учебник для вузов / Г. Д. Крылова. — М. : Аудит ; Юнити, 1998.
8. Лифшиц И. М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации : учебник / И. М. Лифшиц. — М. : Юрайт, 1999.
9. Марков Н. Н. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов : учебник / Н. Н. Марков, Г. М. Ганевский. — М. : Машиностроение, 1993.
10. Машиностроение : энциклопедия / ред. совет : К. В. Фролов и др. — Т. I-05 : Стандартизация и сертификация в машиностроении / [Г. П. Воронин, Ж. Н. Буденная, И. А. Коровкин и др.] ; под общ. ред. Г. П. Воронина. — М. : Машиностроение, 2000.
11. Никифоров А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учеб. пособие / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2000.
12. Саранча Г. А. Стандартизация, взаимозаменяемость и технические измерения : учебник / Г. А. Саранча. — М. : Изд-во стандартов, 1991.

13. Серый И. С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / И. С. Серый. — М. : Агропромиздат, 1987.

14. Справочник по производственному контролю в машиностроении / [К. И. Абаджи, А. Н. Бойцов, М. Г. Богуславский и др.] ; под ред. А. К. Кутая. — Л. : Машиностроение, 1974.

15. Стандартизация и техническое регулирование / [Д. Д. Грибанов, С. А. Зайцев, А. В. Карташов, А. Н. Толстов]. — М. : Изд-во МГТУ «МАМИ», 2006.

16. Технический контроль в машиностроении : справочник проектировщика / [В. Н. Чупырин, И. М. Дунаев, В. Г. Шолкин и др.] ; под общ. ред. В. Н. Чупырина, Л. Д. Никифорова. — М. : Машиностроение, 1987.

17. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы : учебник / [А. М. Беленький, В. Ф. Бердышев, О. М. Блинов и др.]. — М. : Металлургия, 1981.

18. Шишкин И. Ф. Квалиметрия и управление качеством : учебник / И. Ф. Шишкин. — М. : Изд-во ВЗПИ, 1992.

19. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. — М. : Машиностроение, 1987.

Оглавление

Предисловие.....	4
Глава 1. Основы стандартизации.....	5
1.1. История развития стандартизации.....	5
1.2. Нормативно-правовая основа стандартизации.....	11
1.3. Документы в области стандартизации.....	28
1.4. Основные функции и методы стандартизации.....	42
1.5. Стандартизация и качество продукции.....	51
Глава 2. Взаимозаменяемость деталей, узлов и механизмов.....	59
2.1. Структурная модель детали.....	59
2.2. Основные понятия о взаимозаменяемости деталей, узлов и механизмов.....	64
2.3. Понятия о точности и погрешности размера.....	66
2.4. Размеры, предельные отклонения, допуски и посадки.....	68
2.5. Взаимозаменяемость деталей по форме и взаимному расположению поверхностей.....	78
2.6. Волнистость и шероховатость поверхности.....	91
Глава 3. Система допусков и посадок гладких элементов деталей и соединений.....	101
3.1. Единые принципы построения системы допусков и посадок типовых соединений деталей машин.....	101
3.2. Посадки гладких цилиндрических соединений.....	107
3.3. Обозначение посадок на чертежах.....	119
3.4. Порядок выбора и назначения качеств точности и посадок.....	121
3.5. Допуски и посадки подшипников качения.....	126
Глава 4. Система допусков и посадок резьбовых деталей и соединений.....	132
4.1. Характеристика крепежных резьб.....	132
4.2. Резьбовые соединения с зазором.....	138
4.3. Резьбы с натягом.....	141
Глава 5. Система допусков и посадок шпоночных и шлицевых деталей и соединений.....	144
5.1. Допуски и посадки шпоночных соединений.....	144
5.2. Допуски и посадки шлицевых соединений.....	146

Глава 6. Нормирование точности и контроль зубчатых колес и передач	152
6.1. Разновидности передач по назначению.....	152
6.2. Допуски зубчатых колес и передач.....	153
Глава 7. Точность размерных цепей	160
7.1. Термины и определения	160
7.2. Методы расчета размерных цепей	164
Глава 8. Основы метрологии и метрологического обеспечения	169
8.1. Понятие о метрологии	169
8.2. Величина. Системы единиц физических величин	170
8.3. Воспроизведение и передача размеров величин	178
8.4. Основы теории измерений	183
8.5. Обеспечение единства измерений в Российской Федерации	194
8.6. Метрологическое обеспечение изделий на разных стадиях их жизненного цикла.....	198
Глава 9. Технические измерения	204
9.1. Основные понятия и определения.....	204
9.2. Классификация средств измерений и контроля по определяющим признакам	206
9.3. Обобщенная структурная схема средств измерений.....	207
9.4. Метрологические характеристики средств измерений.....	213
9.5. Измерения и контроль геометрических величин	221
9.6. Средства измерений и контроля с механическим преобразованием.....	231
9.7. Средства измерений и контроля с оптическим и оптико-механическим преобразованием.....	234
9.8. Средства измерений и контроля волнистости и шероховатости	236
9.9. Средства измерений и контроля с электрическим и электромеханическим преобразованием	239
9.10. Контроль калибрами	241
9.11. Поверочные линейки и плиты	247
9.12. Условия измерений и контроля	252
9.13. Выбор средств измерений и контроля	255
Глава 10. Основы технического регулирования. Подтверждение соответствия. Основы сертификации	258
10.1. Основы технического регулирования.....	258
10.2. Цели и задачи подтверждения соответствия	265
10.3. Системы сертификации и подтверждения соответствия. Схемы декларирования и сертификации	267
10.4. Сертификация систем менеджмента качества.....	279
Список литературы.....	284

Учебное издание

**Зайцев Сергей Алексеевич,
Толстов Андрей Николаевич,
Грибанов Дмитрий Дмитриевич,
Куранов Алексей Дмитриевич**

**Метрология, стандартизация и сертификация
в машиностроении**

Учебник

Редактор *И. В. Могилевец*
Компьютерная верстка: *Р. Ю. Волкова*
Корректоры *С. Ю. Свиридова, Т. М. Власенко*

Изд. № 101119183. Подписано в печать 04.07.2017. Формат 60×90/16.
Гарнитура «Балтика». Бумага офс. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,0.
Тираж 1 000 экз. Заказ № 6049.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.
Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.АД44.Н01603 от 31.05.2017.
Отпечатано с готовых файлов заказчика
в АО «Первая Образцовая типография»,
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ».
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, д. 14.

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ISBN 978-5-4468-5572-8



Издательский центр «Академия»
www.academia-moscow.ru