

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

В.С. Коротков, А.И. Афонасов

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Учебное пособие для студентов

Издательство
Томского политехнического университета
2012

УДК 658.516(075)

ББК 30.10я7

К68

Коротков В.С.

К68 Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.–195 с.

В пособии изложены основы метрологии, стандартизации и сертификации. Рассмотрены вопросы взаимозаменяемости для гладких цилиндрических изделий, особенности нормирования точности типовых соединений деталей машин.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 150700 «Машиностроение», 150100 «Материаловедение и технология материалов», 261400 «Технология художественной обработки материалов» и специальности 130602 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов».

УДК 658.516(075)

ББК 30.10я7

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор
заведующий лабораторией Института физики прочности
и материаловедения СО РАН

Г.А. Прибытков

Кандидат технических наук
генеральный директор ОАО «Авторемсалон»

В.А. Бутенко

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2012
© Коротков В.С., Афонасов А.И., 2012
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ	
1.1. Метрология. Задачи метрологии.....	7
1.2. Краткая история развития метрологии.....	7
1.3. Законодательная база метрологии.....	10
1.4. Юридическая ответственность за нарушение нормативных требований по метрологии.....	11
1.5. Объекты виды и методы измерений.....	11
1.6. Размерность измеряемой величины.....	14
1.7. Размер измеряемой величины.....	15
1.8. Международная система единиц физических величин.....	16
1.9. Стандартизация. Цели стандартизации.....	17
1.10. Роль стандартизации в экономике.....	17
1.11. Краткие сведения из истории развития стандартизации.....	18
1.12. Государственная система стандартизации (ГСС).....	20
1.13. Виды стандартов.....	21
1.14. Сертификация. Основные понятия, цели и объекты сертификации.....	22
1.15. История развития сертификации.....	23
1.16. Обязательная сертификация.....	24
1.17. Добровольная сертификация.....	25
1.18. Отличительные признаки обязательной (ОС) и добровольной (ДС) сертификации.....	26
Вопросы для самопроверки.....	27
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И ТОЧНОСТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
2.1. Основы взаимозаменяемости.....	28
2.2. Понятия о номинальном, действительном и предельных размерах деталей, о предельных отклонениях и допуске.....	32
2.3. Виды посадок сопрягаемых элементов деталей.....	36
2.3.1. Посадки с зазором.....	36
2.3.2. Посадки с натягом.....	38
2.3.3. Переходные посадки.....	40
2.3.4. Система отверстия и система вала.....	41
Вопросы для самопроверки.....	45
3. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК В МАШИНОСТРОЕНИИ	
3.1. Единая система допусков и посадок ЕСДП. Интервалы размеров. Единица допуска.....	46
3.2. Ряды точности. Поля допусков отверстий и валов.....	51
3.3. Посадки в системе отверстия и системе вала.....	56
3.4. Область применения некоторых посадок.....	59
3.5. Контроль гладких цилиндрических изделий предельными калибрами.....	62
Вопросы для самопроверки.....	67

4. ОСОБЕННОСТИ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	
4.1. Допуски и посадки подшипников качения.....	68
4.2. Нормирование точности шпоночных и. шлицевых соединений.....	77
4.3. Нормирование точности метрической резьбы.....	86
4.4. Контроль резьбовых соединений.....	98
Вопросы для самопроверки.....	100
5. НОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НЕРОВНОСТЯМ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ	
5.1. Нормирование требований к шероховатости поверхностей.....	101
5.2. Нормирование требований к волнистости поверхностей.....	112
Вопросы для самопроверки.....	113
6. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ	
6.1. Нормирование точности формы поверхностей элементов деталей.....	114
6.2. Нормирование точности расположения поверхностей элементов деталей...	122
6.3. Суммарные отклонения формы и расположения элементов деталей.....	128
Вопросы для самопроверки.....	132
7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ	
7.1. Виды размерных цепей.....	133
7.2. Основные понятия о размерных цепях.....	133
7.3. Задачи, решаемые при обеспечении точности размерных цепей.....	135
7.4. Расчет точности размерных цепей при обеспечении полной взаимозаменяемости (метод максимума-минимума).....	136
Вопросы для самопроверки.....	142
8. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ ИХ ВЫБОРА	
8.1. Средства измерения.....	143
8.2. Выбор средств измерений.....	162
Вопросы для самопроверки.....	164
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	165
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	166
ГЛОССАРИЙ.....	167
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	174

ВВЕДЕНИЕ

В современной рыночной экономике *качество* выпускаемой продукции определяет конкурентоспособность предприятия, его жизнеспособность и устойчивое развитие.

Проблема качества является важнейшим фактором повышения уровня жизни, экономической, социальной и экологической безопасности. Качество – это комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии, организация производства, маркетинг и др. Важнейшей составляющей всей системы качества является качество продукции.

Международная организация по стандартизации (ИСО) определяет **качество** как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности

Требования к качеству на международном уровне определены стандартами ИСО 9000. Эти стандарты вторглись непосредственно в производственные процессы, сферу управления и установили четкие требования к системам обеспечения качества, положили начало сертификации систем качества.

Рассматривая триаду (триаду) метрология, стандартизация и сертификация можно сказать, что *стандартизация нормирует* качество; *метрология контролирует* качество; *сертификация гарантирует* качество продукции, работ и услуг [3].

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» (МСиС) изучает принципы создания изделий высокого качества, а также методы и средства, обеспечивающие контроль и гарантию качества, поступающих потребителю изделий.

МСиС является общепрофессиональной дисциплиной, поэтому ее изучают студенты, обучающиеся по различным направлениям: 150700 «Машиностроение», 150100 «Материаловедение и технология материалов», 261400 «Технология художественной обработки материалов» и специальности 130602 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов».

Освоение дисциплины МСиС невозможно без знаний по «Высшей математике», «Начертательной геометрии и инженерной графике», «Сопrotивлению материалов» и «Материаловедению».

В таких общепрофессиональных дисциплинах как «Детали машин и основы конструирования», «Основы технологии машиностроения», «Основы САПР», «Методология конструирования» используются основные понятия и положения МСиС.

МСиС также лежит в основе специальных инженерных знаний и оказывает значительное влияние на качество подготовки будущего специалиста. Знания, умения и навыки, полученные студентом при изучении данной дисциплины, используются в таких спецкурсах как: «Технология машиностроительного производства», «Технологическая оснастка», «Резание материалов и режущий инструмент», при выполнении курсовых и выпускных работ.

В настоящее время существует большое количество учебников по «Метрологии, стандартизации и сертификации», которые предназначены для подготовки специалистов в различных отраслях экономики. Но некоторые из них устарели, а в других учебный материал изложен в сложной для понимания форме и перегружен ин-

формацией. Необходимо создать такое учебное пособие, которое бы учитывало специфику подготовки студентов машиностроительных специальностей и являлось базой для углубления знаний в ходе самостоятельной работы студентов.

При написании данного учебного пособия преследовалась цель представить учебный материал в доступной форме в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов и внутренних стандартов университета, подкрепить его наглядными иллюстрациями и примерами и в то же время не перегружать студентов большим объемом знаний.

Изучив содержание пособия, студент будет ориентироваться в большом потоке информации и при необходимости находить источники для углубления знаний по различным специальным вопросам.

Учебное пособие состоит из восьми глав.

В первой главе рассмотрены основные понятия о качестве, приведены цели и задачи, а также краткая история развития метрологии, стандартизации и сертификации. Представлена структура государственной системы стандартизации (ГСС). Описаны виды сертификации.

Во второй главе основное внимание уделено рассмотрению понятий взаимозаменяемости и точности в машиностроении. Здесь даны знания о номинальном, действительном и предельных размерах деталей, предельных отклонениях и допуске. Описаны виды посадок, сопрягаемых элементов деталей, назначение, достоинства и недостатки посадок, образованных в системе отверстия и системе вала.

В третьей главе проанализированы признаки «Единой системы допусков и посадок» (ЕСДП) в машиностроении, а также рассмотрены способы контроля гладких цилиндрических изделий калибрами.

В четвертой главе разъяснены особенности выбора посадок подшипников качения, допусков и посадок резьбовых, шпоночных и шлицевых соединений.

В пятой главе рассмотрены вопросы нормирования шероховатости и волнистости поверхностей деталей.

В шестой главе рассмотрены вопросы нормирования формы и взаимного расположения поверхностей элементов детали.

В седьмой главе представлен метод расчета точности размерных цепей, обеспечивающий полную взаимозаменяемость.

В восьмой главе приведена информация о средствах измерения размеров деталей и принципах их выбора в зависимости от требований к точности изготовления этих размеров.

Материал пособия изложен таким образом, что каждая его часть является самостоятельной единицей. Но для студента, который изучает материал впервые, рекомендуется последовательная работа над содержанием. Сначала необходимо прочитать и усвоить материал первой главы, затем проработать вторую и третью главы и закончить освоение учебного материала четвертой, пятой, шестой, седьмой и восьмой главой. В конце каждой главы приведен список вопросов для контроля уровня усвоения знаний. Если студент затрудняется ответить на эти вопросы, значит, материал усвоен слабо, и необходимо вернуться и проработать содержание главы заново. При возникновении трудностей с восприятием информации после вышеописанных действий следует обратиться за консультацией к ведущему преподавателю.

1. ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

1.1. Метрология. Задачи метрологии

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности

Измерения в современном обществе играют важную роль. Они служат не только основой научно-технических знаний, но имеют первостепенное значение для учета материальных ресурсов и планирования, для внутренней и внешней торговли, для обеспечения качества продукции, взаимозаменяемости узлов и деталей и совершенствования технологии, для обеспечения безопасности труда и других видов человеческой деятельности.

Метрология имеет большое значение для прогресса естественных и технических наук, так как повышение точности измерений – одно из средств совершенствования путей познания природы человеком, открытий и практического применения точных знаний.

Для обеспечения научно-технического прогресса метрология должна опережать в своем развитии другие области науки и техники, ибо для каждой из них точные измерения являются одним из основных путей их совершенствования.

Основными *задачами* метрологии в соответствии с рекомендациями по межгосударственной стандартизации (РМГ 29–99) являются:

- установление единиц физических величин, государственных эталонов и образцовых средств измерений;
- разработка теории, методов и средств измерений и контроля;
- обеспечение единства измерений;
- разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерения и контроля;
- разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

1.2. Краткая история развития метрологии

Потребность в измерениях возникла в незапамятные времена. На заре цивилизации примерно 6000 лет до н.э. в Сирии и Иране люди стремились сохранить собранный урожай до следующего года и не допустить голод. Существовала норма потребления пшеницы в день. Для работающего, здорового мужчины она устанавливалась в 2 раза больше, чем для детей и женщин. Эта норма измерялась пригоршнями (1 пригоршня для мужчин и 0,5 для женщин).

Для измерения использовались подручные средства. Например, единица измерения веса драгоценных камней – *карат* (0,2 г), в переводе означает «семя боба», «горошина». Единица аптекарского веса – *гран*, в переводе с английского, французского и испанского означает «зерно».

Многие меры имели антропометрическое происхождение (рис. 1.1, 1.2, 1.3 и 1.4). Так, в Киевской Руси в обиходе применялся *вершок* – длина фаланги указа-



Рис. 1.1. Мера длины «локоть»

тельного пальца. *Локоть* – расстояние от локтя до конца среднего пальца. *Сажень* – расстояние между кончиками средних пальцев, разведенных в стороны рук.

В первых документах из Месопотамии и Египта указывается, что система измерения длины базировалась на футе, равном 300 мм (при строительстве пирамид).

В Риме фут равнялся 297,1734 мм; в Англии – 304,799978 мм.

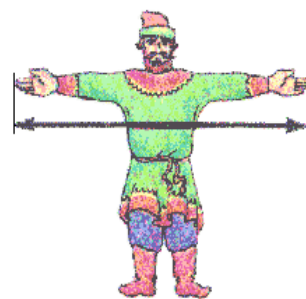


Рис. 1.2. Мера длины «сажень»



Рис. 1.3. Мера длины «фут», которая использовалась при строительстве пирамид в Гизе



Рис. 1.4. Мера длины «фут», которая использовалась в Англии

Древние вавилоняне установили *год, месяц, час*. Впоследствии $1/86400$ часть среднего периода обращения Земли вокруг своей оси (суток) получила название *секунды*.

В Вавилоне во II веке до н.э. время измерялось в *минах*. Мина равнялась промежутку времени (равному примерно двум астрономическим часам), за который из принятых в Вавилоне водяных часов вытекала «мина» воды, масса которой составляла около 500 г. Затем мина сократилась и превратилась в привычную для нас *минуту*.

Важнейшим метрологическим документом в России является Двинская грамота Ивана Грозного (1550 г.) (рис. 1.5). В ней регламентированы правила хранения и передачи размера новой меры сыпучих веществ – *осьмины* (104,95 л). Ее медные экземпляры рассылались по городам на хранение выборным людям (старостам, соцким, целовальникам). С этих мер изготавливались деревянные копии для городских померщиков, а с тех, в свою очередь, деревянные копии для использования в обиходе.



Рис. 1.5. Иван Грозный

Метрологической реформой Петра 1 в России к обращению были допущены английские меры, получившие особенно широкое распространение на флоте и кораблестроении: *дюймы* (2,54 см) и *футы* (12 дюймов). В 1736 г. по решению Сената была образована Комиссия весов и мер под председательством главного директора Монетного двора графа М. Г. Головкина. В качестве исходных мер, комиссия изготовила *медный аршин* (0,711 м) и *деревянную сажень* (3 аршина или 7 английских футов). За меру веществ было принято *ведро* московского Каменноостовского питейного двора. Важнейшим шагом, подытожившим работу комиссии, было создание русского *эталонного фунта* (0,45 кг).

Идея построения системы измерений на десятичной основе принадлежит французскому астроному Г. Мутону, жившему в 17 веке. Позже было предложено принять в качестве единицы длины одну сорокамиллионную часть земного меридиана. На основе единственной единицы – *метра* – строилась вся система, получившая название *метрической*.

В России в 1835 г. Указом «О системе Российских мер и весов» были утверждены эталоны длины и массы – *платиновая сажень* и *платиновый фунт*.

В 1875 г. в соответствии с международной Метрологической конвенцией Россия получила платиноиридиевые эталоны массы №12 и №26 и эталоны единиц длины №11 и 28, которые были доставлены в Санкт-Петербург в новое здание Депо образцовых мер и весов. В 1892 г. управляющим Депо был назначен Д.И. Менделеев, которое он в 1893 г. преобразует в Главную палату мер и весов – одно из первых в мире научно-исследовательских учреждений метрологического профиля.

Метрическая система в России была введена в 1918 г. декретом Совета Народных Комиссаров «О введении Международной метрической системы мер и весов». Дальнейшее развитие метрологии в России связано с созданием системы и органов служб стандартизации.

Развитие естественных наук привело к появлению все новых и новых средств измерений, а они в свою очередь стимулировали развитие наук, становясь все более мощным средством исследования [3].

1.3. Законодательная база метрологии

Закон «Об обеспечении единства измерений» осуществляет регулирование отношений, связанных с обеспечением единства измерений в России, в соответствии с Конституцией РФ. Он также создает условия для взаимодействия с международной и национальными системами измерений зарубежных стран. Это необходимо для взаимного признания результатов испытаний, калибровки и сертификации, а также для использования мирового опыта и учета тенденций развития современной метрологии.

Основными правовыми актами по метрологии в России являются:

1. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93, №4871-1 в редакции 2003 г.
2. РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
3. МИ 2247-93 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
4. ГОСТ 8.417-81 ГСИ. Единицы физических величин.
5. ПР 50.2.006-94 ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения.
6. ПР 50.2.009-94 ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения.
7. ПР 50.2.014-94 ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений.
8. МИ 2277-94 ГСИ. Система сертификации средств измерений. Основные положения и порядок проведения работ.
9. ПР 50.2.002-94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора над выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм.
10. ПР 50.2.004-94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при расфасовке и продаже.
11. ПР 50.2.017-95 ГСИ. Положение о российской системе калибровки.
12. Постановление Госстандарта России от 8 февраля 1994г. №8 «Порядок лицензирования деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. №741).
13. Постановление Госстандарта России от 8 февраля 1994г. №8 «Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. № 740).
14. Постановление Госстандарта России от 28 декабря 1995г. № 95 «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 27 февраля 1996 г. №1037).
15. Постановление Госстандарта России от 8 февраля 1994г. №8 «Требования к государственным центрам испытаний средств измерений и порядок их аккредитации» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 13 июля 1994 г. № 635).
16. ИСО 10012-1:1992. «Требования, гарантирующие качество измерительного оборудования. – Часть 1. Система подтверждения метрологической пригодности измерительного оборудования».

1.4. Юридическая ответственность за нарушение нормативных требований по метрологии

Статья 25 Закона «Об обеспечении единства измерений» предусматривает возможность привлечения юридических и физических лиц, а также государственных органов управления РФ, виновных в нарушении положений этого Закона к административной, гражданской, правовой или уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Кодексом об административных нарушениях и, в частности, статьей 170 «Нарушение обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации, нарушение требований нормативных документов по обеспечению единства измерений» предусмотрено наложение штрафа от пяти до ста минимальных размеров оплаты труда.

Дисциплинарная ответственность за нарушение метрологических правил и норм определяется решением администрации (организации) на основании Кодекса законов о труде.

Гражданско-правовая ответственность наступает в ситуациях, когда в результате нарушений метрологических правил и норм юридическим или физическим лицам причинен имущественный или иной ущерб. Причиненный ущерб подлежит возмещению по иску потерпевшего на основании соответствующих актов гражданского законодательства.

К уголовной ответственности нарушители метрологических требований привлекаются в тех случаях, когда имеются признаки состава преступления, предусмотренные уголовным кодексом.

1.5. Объекты, виды и методы измерений

Измерение – совокупность операций по применению системы измерений для получения значения измеряемой величины

Измерения являются инструментом познания объектов и явлений окружающего мира. *Объектами измерений* являются физические объекты и процессы, протекающие в окружающей среде.

Вся современная физика может быть построена на 7 основных величинах, которые характеризуют фундаментальные свойства материального мира. К ним относятся: *длина, масса, время, сила электрического тока, термодинамическая температура, количество вещества и сила света*. С помощью этих и двух дополнительных величин – *плоского и телесного углов* – введенных исключительно для удобства, образуется все многообразие производных физических величин и обеспечивается описание свойств физических объектов и явлений.

Основные виды измеряемых величин:

1. Геометрические величины.
2. Механические величины.
3. Параметры потока, уровня, расхода, объема веществ.
4. Величины давления и вакуума.
5. Физико-химические величины.
6. Теплофизические и температурные величины.
7. Время и частота.
8. Электрические и магнитные величины на постоянном и переменном токе.

9. Радиоэлектронные величины.
10. Акустические величины.
11. Оптические и оптико-физические
12. Величины ионизирующих излучений и ядерных констант.

Различают следующие виды и методы измерений [3]:

1. По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения методы измерений подразделяются на:

- *статические*, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени;
- *динамические*, в процессе которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени.

Статическими измерениями являются, например, измерения размеров тела, постоянного давления; динамическими – измерения пульсирующих давлений, вибраций.

2. По способу получения результатов измерений методы измерений разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

При *прямом* измерении искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных, например, измерение угла угломером или измерение диаметра штангенциркулем.

При *косвенном* измерении искомое значение величины определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, например, определение наружного диаметра трубы в зависимости от величины значения длины окружности: $l = \pi d$.

Совместными называют измерения, производимые одновременно (прямые или косвенные) двух или нескольких неоднородных величин. Целью совместных измерений является нахождение функциональной зависимости между величинами, например зависимости длины тела от температуры, зависимости электрического сопротивления проводника от давления и т. п.

Совокупные – это такие измерения, в которых значения измеряемых величин находят по данным повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Результаты совокупных измерений находят путем решения системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений. Например, совокупными являются измерения, при которых массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

3. По условиям, определяющим точность результата измерения, методы делятся на три класса.

Измерения с максимально возможной точностью, достижимой при существующем уровне техники. К ним относятся в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин, и, кроме того, измерения физических констант, прежде всего универсальных (например, абсолютного значения ускорения свободного падения и др.).

К этому же классу относятся и некоторые специальные измерения, требующие высокой точности.

Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторое заданное значение. К ним относятся измерения, выполняемые лабораториями государственного надзора за внедрением и

соблюдением стандартов и состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями с погрешностью заранее заданного значения.

Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на машиностроительных предприятиях, на щитах распределительных устройств электрических станций и др.

4. По способу выражения результатов измерений различают абсолютные и относительные методы измерения.

Абсолютное измерение основано на прямых измерениях величины и (или) использовании значений физических констант, например, измерение размеров деталей штангенциркулем или микрометром.

Абсолютный метод измерения – это метод, при котором искомое значение измерения считывается непосредственно со шкалы измерительного средства (не требует дополнительных расчетов).

При *относительных* измерениях величину сравнивают с одноименной, играющей роль единицы или принятой за исходную, например измерение диаметра вращающейся детали по числу оборотов соприкасающегося с ней аттестованного ролика.

Относительный метод измерений – это метод, при котором со шкалы измерительного средства считывается разница между действительным размером и эталоном.

5. В зависимости от совокупности измеряемых параметров изделия различают поэлементный и комплексный методы измерения.

Поэлементный метод характеризуется измерением каждого параметра изделия в отдельности (например, эксцентриситета, овальности, огранки цилиндрического вала).

Комплексный метод характеризуется измерением суммарного показателя качества (а не физической величины), на который оказывают влияние отдельные его составляющие (например, измерение радиального биения цилиндрической детали, на которое влияют эксцентриситет, овальность и др.).

Различные методы измерений также классифицируются:

1. По способу получения значений измеряемых величин различают два основных метода измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

Метод непосредственной оценки – метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение длины с помощью линейки или размеров деталей микрометром, угломером и т. д.).

Метод сравнения с мерой – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, для измерения диаметра калибра микрокатор устанавливают на нуль по блоку концевых мер длины, а результаты измерения получают по отклонению стрелки микрокатора от нуля, то есть сравнивается измеряемая величина с размером блока концевых мер. О величине размера судят по отклонению стрелки микрокатора относительно нулевого положения.

Существуют несколько разновидностей метода сравнения:

– *метод противопоставления*, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения;

– *дифференциальный метод*, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой. Этим методом, например, определяют отклонение контролируемого диаметра детали на индикаторе после его настройки на нуль по блоку концевых мер длины;

– *нулевой метод*, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля. Подобным методом измеряют электрическое сопротивление по схеме моста с полным его уравниванием;

– *метод совпадений*, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов (например, при измерении штангенциркулем используют совпадение отметок основной и нониусной шкал).

2. При измерении линейных величин независимо от рассмотренных методов различают *контактный* (например, штангенциркулем) и *бесконтактный* (например, на инструментальном микроскопе) методы измерений.

3. В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения, различают инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический методы измерений.

Инструментальный метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.

Экспертный метод оценки основан на использовании данных нескольких специалистов. Широко применяется в квалиметрии, спорте, искусстве, медицине.

Эвристические методы оценки основаны на интуиции. Широко используется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сначала сравниваются между собой попарно, а затем производится ранжирование на основании результатов этого сравнения.

Органолептические методы оценки основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса). Часто используются измерения на основе впечатлений (конкурсы мастеров искусств, соревнования спортсменов).

1.6. Размерность измеряемой величины

Размерность измеряемой величины является *качественной* ее характеристикой и обозначается символом \dim , происходящим от слова dimension. Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами.

Например:

длина $\dim l = L$; масса $\dim m = M$; время $\dim t = T$.

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1. Размерности правой и левой частей уравнений не могут не совпадать, так как сравниваться между собой могут только одинаковые свойства. Объединяя левую и правую части уравнений можно прийти к выводу, что алгебраически могут суммироваться только величины, имеющие одинаковые размерности.

2. Алгебра размерностей мультипликативная, т. е. состоит из единственного действия – умножения.

Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей $T = F \cdot d$; $\dim T = \dim F \dim d$; $H_m = H \cdot m$

Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, т. е. если $Q = A/B$, то $\dim Q = \dim A / \dim B$.

Размерность любой величины, возведенной в степень, равна такой же степени ее размерности [3].

1.7. Размер измеряемой величины

Размер измеряемой величины является *количественной* ее характеристикой. Получение информации о размере физической величины является содержанием любого измерения.

Важно помнить, что результат измерения является случайным числом, которое зависит от множества факторов (случайных и неслучайных), аддитивных (прибавляемых) и мультипликативных (умножаемых), точный учет которых невозможен, а результат совместного действия непредсказуем.

В теории измерений принято разделять 5 типов шкал:

- наименований;
- порядка;
- разностей;
- отношений;
- абсолютные.

Шкала наименований характеризуется только отношением эквивалентности. Классификация цветов по наименованиям.

Пример: Атласы цветов до 1000 наименований.

Шкала порядка – это расположенные в порядке возрастания или убывания размеры измеряемой величины.

Пример: знания студентов по баллам; чувствительность фотопленок и др.

Шкала разностей (интервалов) – отличаются от шкал порядка тем, что по этой шкале можно судить не только о том, что размер больше другого, но и на сколько больше.

Шкала отношений – описывает свойства, к которым применимы отношения эквивалентности, порядка и суммирования, а следовательно и вычитания и умножения. В этой шкале существует нулевое значение показателя свойства.

Пример: Шкала длин. (Линейка).

Абсолютные шкалы – обладают всеми признаками шкал отношений, но в них дополнительно существует естественное однозначное определение единицы измерения. Такие шкалы соответствуют относительным величинам (отношения одноименных физических величин, описываемых шкалами отношений).

К таким величинам относится коэффициент усиления (ослабления). Среди этих шкал существуют шкалы, значения которых находятся в пределах от 0 до 1 (коэффициент полезного действия и т.п.).

1.8. Международная система единиц физических величин

Международная система единиц физических величин (СИ) принята в 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам. Она состоит из 7 *основных* и 2 *дополнительных* единиц, а также большого числа производных единиц (Вт, Гц, Н, Дж, Па и т. д).

Определение основных единиц СИ увязаны с физическими методами воспроизведения их размеров в эталонах.

Примеры: За *эталон массы* принят килограмм, который представляет собой цилиндр из сплава платины (90 %) и иридия (10 %), у которого диаметр и высота примерно одинаковы (около 30 мм).

За *эталон количества вещества* принят моль – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов частиц, сколько атомов содержится в 12 г углерода –12 (1 моль углерода имеет массу 2 г, 1 моль кислорода – 32 г, а 1 моль воды – 18 г).

В табл. 1.1 представлены основные и дополнительные единицы системы СИ, которые используются в большинстве развитых стран мира и на территории Российской Федерации.

Таблица 1.1. Основные и дополнительные единицы системы СИ

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			международное	русское
ОСНОВНЫЕ				
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	килограмм	kg	кг
Время	T	секунда	s	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	θ	кельвин	K	К
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	кандела	cd	кд
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ				
Плоский угол		радиан	rad	рад
Телесный угол		стерадиан	sr	ср

1.9. Стандартизация. Цели стандартизации

Стандартизация – это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного и многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышения конкурентоспособности продукции, работ и услуг

Стандартизация осуществляется *в целях*:

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

1.10. Роль стандартизации в экономике

В развитом обществе *стандартизация* является одним из инструментов управления экономикой. Она непосредственно влияет на повышение эффективности общественного производства, представляя собой научный метод оптимального упорядочения в масштабах государства номенклатуры и качества выпускаемой продукции.

Стандарт и качество неотделимы друг от друга. Государственный стандарт предназначен концентрировать передовой промышленный опыт и новейшие достижения науки и техники, связывая их с перспективами развития экономики.

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

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

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

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

Продукция производственно-технического назначения и товары народного потребления являются наиболее традиционными *объектами стандартизации*, на них разработано наибольшее количество стандартов.

Объектами стандартизации являются также типовые технологические процессы, формы и методы организации труда и производства, правила выполнения производственных и контрольных операций, правила транспортировки и хранения продукции и т.п.

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

1.11. Краткие сведения из истории развития стандартизации

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

Карты, содержащие символические обозначения городов и деревень, известны в Китае с 206 г. до н.э. Также в Китае в 5 веке до н.э. (рис. 1.6) был принят календарь, насчитывающий 365, 25 дней.

Император Китая Цинь Шихуанди (около 2200 лет назад) для упрощения сбора налогов сделал все гири (рис. 1.7), меры и монеты одинаковыми по форме. Он унифицировал написание иероглифов и даже установил одинаковыми длины осей у телег для обеспечения единой колеи на дорогах.



Рис. 1.6. Китай

В Египетских гробницах были найдены эталоны длины, которые применялись при строительстве пирамид, в частности *царский локоть*, равный 52,6 см.

В 18 веке до н.э. царь Хаммурапи издал закон, в котором были установлены и стандартизованы веса и меры.

Сложнее становились сделки и стали появляться поддельные меры и гири, что привело к появлению новых, более совершенных законов. Цитата из Библии: «Мерзость пред Господом – неодинаковые гири, и неверные весы – не добро» (Притчи Соломона гл.20, стих 23).

«Верные весы и весовые чаши – от Господа; от Него же все гири в суме» (Притчи Соломона гл.16, стих 11).

«Не делайте неправды в суде, в мере, в весе и в измерении. Да будут у вас весы верные, гири



Рис. 1.7. Гири торговые

верные...» (Левит гл. 19, стих 36).

В период перехода к машинному производству в Германии на королевском оружейном заводе был установлен стандарт на ружья, по которому калибр последних был определен 13,9 мм.

В 1845 г. в Англии была введена система крепежных резьб (рис. 1.8). Тогда же в Германии была стандартизирована ширина железнодорожной колеи.

Началом развития международной стандартизации следует считать принятие в 1875 г. представителями 19 государств (Россия входила в их число) Международной метрической конвенции и учреждение Международного бюро мер и весов.



Рис. 1.8. Крепежная резьба

Первые упоминания о стандартах в России отмечены во времена правления Ивана Грозного. Тогда были введены для измерения пушечных ядер стандартные калибры – *кружала*.

Развитие государственной стандартизации началось только при Советской власти. В 1918 г. Ленин подписал декрет Совета Народных Комиссаров РСФСР «О введении Международной метрической системы мер и весов».

В 1923 г. создано бюро по стандартизации.

В 1925 г. организован Комитет по стандартизации при Совете Труда и Обороне СССР и введена государственная стандартизация в СССР. Первым председателем комитета был назначен В.В. Куйбышев.

В 1926 г. утвержден первый общесоюзный стандарт «Пшеница. Селективные сорта зерна. Номенклатура». В последующие три года Комитет по стандартизации утвердил более 300 стандартов.

С 1929 по 1932 гг. было утверждено более 4500 стандартов, главным образом на продукцию тяжелой промышленности.

В 1940 г. постановлением СНК СССР введена категория государственных стандартов (ГОСТ).

До 1941 г. было разработано и утверждено 8600 ГОСТов, что подготовило промышленность страны к работе в военных условиях.

Стандарты периода войны и послевоенных пятилеток (1945–1965) предусматривали сокращение типов, марок, видов, размеров изделий, что обусловило ускорение выпуска продукции для фронта (рис. 1.9) и процесс восстановления народного хозяйства.

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

В 1968 г. был разработан и утвержден комплекс образовательных стандартов «Государственная система стандартизации» (ГСС).

Согласно ГОСТ 1.0-68 были введены четыре категории стандартов: государственный стандарт СССР (ГОСТ), республиканский стандарт (РСТ), отраслевой стандарт (ОСТ), стандарт предприятия (СТП).



Рис. 1.9. Танк второй мировой войны

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

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

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

На 1 января 1985 г. было утверждено более 5000 СТ СЭВ.

13 марта 1992 г. правительства стран участников СНГ подписали Соглашение о политике в области стандартизации, метрологии и сертификации.

В 1993 г. был принят Закон РФ «О стандартизации», который определил меры государственной защиты интересов потребителей посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации [3].

1.12. Государственная система стандартизации (ГСС)

ГСС устанавливает общие организационно-технические правила системы стандартизации в РФ. Положения стандартов ГСС применяют государственные органы управления, субъекты хозяйственной деятельности, научно-технические, инженерные общества и др. общественные объединения, в том числе технические комитеты (ТК) по стандартизации.

ГСС изложена в нормативных документах (см. Приложение 1).

Государственное управление стандартизацией в РФ осуществляет Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии (Госстандарт России) (рис. 1.10). Работы по стандартизации в области строительства организует Государственный комитет по жилищной и строительной политике (Госстрой России) (рис. 1.11) [13].

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

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

Госстандарт осуществляет свои функции через созданные им органы. К территориальным органам Госстандарта относятся центры стандартизации и метрологии (ЦСМ), которых в России более 100 (например, в Москве, Санкт-Петербурге, Томске, Новосибирске, Иркутске и др. экономически развитых центрах районов).

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

К **научно-исследовательским институтам** Госстандарта относятся:

ВНИИстандарт – головной институт в области ГСС.

ВНИИС – головной институт в области сертификации продукции, работ и услуг.

ВНИИНМАШ – головной институт в области разработки научных основ унификации и агрегатирования в машиностроении и приборостроении.

ВНИИКИ – головной институт в области комплексной информации по стандартизации и качеству (разработка и развитие единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации).

Деятельность по стандартизации осуществляется и другими федеральными органами исполнительной власти в пределах их компетенции [13, 14, 15].

Эти органы в своих стандартах могут устанавливать обязательные требования к качеству продукции (работ и услуг), т. е. создавать технические регламенты. В частности роль технических регламентов выполняют санитарные нормы и правила (СанНиП), вводимые Минздравом России; строительные нормы и правила (СНиП) Госстроя России; государственные образовательные стандарты Минобрнауки РФ и др.

Субъекты хозяйственной деятельности (предприятия) также проводят работы по стандартизации. Конструкторско-технологические и научно-исследовательские отделы, лаборатории участвуют в выполнении работ по стандартизации, а также осуществляют организационно-методическое руководство работами по стандартизации на этих предприятиях.



Рис. 1.10. Госстандарт России



Рис. 1.11. Госстрой России

1.13. Виды стандартов

В РФ нормативные документы по стандартизации в зависимости от уровня утверждения и области действия подразделяются на категории [3]. Стандарт более низкого уровня не должен входить в противоречие со стандартом более высокого уровня. Виды стандартов приводятся ниже:

1. Регламент
2. Межгосударственный стандарт (ГОСТ)
3. Государственный стандарт РФ (ГОСТ Р)
4. Отраслевой стандарт (ОСТ)
5. Стандарт предприятия (СТП)
6. Стандарты научно-технических и инженерных обществ (СТО)
7. Технические условия (ТУ)
8. Правила (ПР)
9. Рекомендации (Р)

Примеры обозначения стандартов: **ГОСТ Р 2.51 93** – (ГОСТ Р – государственный стандарт РФ; 2 – код системы ЕСКД; 5 – классификационная группа; 1 – порядковый регистрационный номер; 93 – год утверждения стандарта). Государственный стандарт, оформленный на основе применения аутентичного текста международного или регионального стандарта (например, ИСО/МЭК 2593: 1993) и не содержащий дополнительных требований обозначается как: **ГОСТ Р ИСО/МЭК 2593-98**. Если в государственном стандарте имеются дополнительные требования по сравнению с международным (региональным) стандартом, то в скобках приводится обозначение международного стандарта: **ГОСТ Р 51295-99 (ИСО 2965-97)**.

1.14. Сертификация. Основные понятия, цели и объекты сертификации

Сертификация – это форма подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров, осуществляемая органом по сертификации

Сертификация продукции является одним из путей обеспечения высокого качества продукции, повышения научного и торгово-экономического сотрудничества между странами, укрепления доверия между ними [3].

К *объектам сертификации* относятся: продукция, работы, услуги, системы качества, персонал, рабочие места и др.

В соответствии с законом РФ «О техническом регулировании» сертификация осуществляется в *целях*:

- удостоверение соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;
- содействия покупателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории РФ, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

В сертификации продукции, работ, услуг и иных объектов участвуют 3 стороны.

Первая сторона – изготовитель или продавец.

Вторая сторона – потребитель или покупатель.

Третья сторона – лицо или орган, которые признаны независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе.

Процесс по сертификации продукции, работ и услуг осуществляется следующим образом: заявитель подает заявку в орган по сертификации, где происходит идентификация продукции, оценка соответствия и при положительном решении выдается сертификат соответствия.

Заявитель – физическое или юридическое лицо, осуществляющее обязательное подтверждение соответствия.

Орган по сертификации – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

Идентификация продукции – установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам.

Оценка соответствия – прямое или косвенное определение соблюдения требований к объекту.

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом (обязательная и добровольная системы).

Сертификат соответствия – документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров (приложения 8, 9, 10, 11).

Декларирование соответствия – форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Декларация о соответствии – документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

Декларация о соответствии и *Сертификат соответствия* имеют одинаковую юридическую силу (см. приложение 8, 11).

1.15. История развития сертификации

«Сертификат» в переводе с латыни означает «сделано верно». Хотя термин *сертификация* стал известен в повседневной жизни и коммерческой практике сравнительно недавно, тем не менее, сертификация как процедура применяется давно и термин «сертификат» известен с 19 века.

В метрологии сертификация давно известна, как деятельность по официальной проверке и клеймлению (или пломбированию) прибора (весов, гирь). Клеймление свидетельствует о том, что прибор удовлетворяет сертификационным требованиям по его конструктивным и метрологическим характеристикам.

В течении нескольких столетий действуют так называемые «классификационные организации», которые, будучи неправительственными и независимыми организациями, оценивают безопасность судов (рис. 1.12) для целей их страхования. По существу это то же сертификация третьей стороной. Примером классификационной организации является Регистр Ллойда – авторитетнейшая международная организация, которая имеет представительства в 127 странах мира и в течении двух столетий остается мировым лидером сертификационных организаций.

В России также есть классификационная организация – Морской Регистр, созданный в 1913 г. С начала основания Русский Регистр (первое название) занимался



Рис. 1.12. Морское судно

тем, что сейчас называют сертификацией гражданских судов на их безопасность. Причем эта сертификация сразу же стала проводиться по международным правилам.

Страховка судна, безопасность которого подтверждена авторитетной международной организацией дешевле, а его фрахт дороже.

Сегодня Морской Регистр – одна из авторитетнейших организаций, занимающихся сертификацией систем качества.

Ведущие экономические державы начали развивать процессы сертификации в 20–30-е годы XX века. В 1920 г. немецкий институт стандартов (DIN) учредил в Германии знак соответствия стандартам DIN, зарегистрированный в ФРГ в соответствии с законом о защите торговых знаков.

Сертификация в России стала производиться с 1993 г. в соответствии с Законом РФ «О защите прав потребителей», который установил обязательность сертификации безопасности товаров народного потребления.

Предшественницей российской сертификации была сертификация в СССР отечественной экспортируемой продукции (с 1984 г.). Первоначально она проводилась в зарубежных центрах и ее обязательность фактически устанавливалась не отечественными законами, а законодательствами тех стран, в которые товары поставлялись из СССР.

В 1988 г. странами-членами СЭВ была подписана конвенция «О системе оценки качества и сертификации взаимопоставляемой продукции» (СЕПРО СЭВ). К 1991 г. в стране функционировало 14 испытательных центров, было аттестовано несколько производств.

В СССР оценка соответствия продукции установленным требованиям осуществлялась и в др. формах: аттестация по категориям качества, государственная приемка продукции, государственные испытания.

После ликвидации СССР эти виды деятельности были официально отменены.

1.16. Обязательная сертификация

Обязательное подтверждение соответствия (сертификация) вводится законодательными актами правительства РФ, а также требованиями технических регламентов. Перечни продукции и услуг, подлежащей обязательной сертификации по министерствам, утверждаются правительством России (см. приложение 2, 3).

Примечание: в РФ зарегистрировано 19 систем обязательной сертификации (ГОСТ Р, санитарно-эпидемиологическая экспертиза, пожарная безопасность, средства защиты информации и др.). Самая распространенная из них это система обязательной сертификации ГОСТ Р. В этой системе существуют 26 систем обязательной сертификации однородной продукции (см. приложение 4).

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

- принятия декларации о соответствии;
- обязательной сертификации.

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Система сертификации однородной продукции – система сертификации, распространяющаяся на виды продукции, объединенные по признакам общности назначения, характера требований, общим правилам и процедурам сертификации;

в отдельных случаях распространяющаяся на совокупность видов продукции, объединенных общностью одного или нескольких свойств.

Схема сертификации – форма сертификации, определяющая совокупность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательства соответствия продукции установленным требованиям (см. приложение 6, 7).

Знак соответствия – зарегистрированный в установленном порядке знак, выданный в соответствии с сертификатом соответствия и указывающий, что данная продукция соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу, указанному в сертификате (рис. 1.13, 1.14).



BZ 03

Рис. 1.13. Знак соответствия продукции, подлежащей обязательной сертификации, BZ 03 – шифр продукции

Испытание продукции – техническая операция по замеру характеристик или параметров изделия в соответствии с установленными правилами (программой испытаний).

Испытание изделия проводит, как правило, испытательная лаборатория, которая входит в орган сертификации, она должна быть независимой от первой и второй сторон, иметь грамотный персонал и оснащена проверенными приборами и испытательными стендами.

Для обеспечения вышеуказанных требований испытательные лаборатории должны пройти процедуру самоаттестации, аттестации и аккредитации.

Аккредитация – официальное признание органами государственной власти право испытательной лаборатории осуществлять конкретные типы испытаний продукции, т. е. подтверждается техническая, кадровая компетентность и независимость от первой и второй сторон.

Аттестация – оценка возможностей лаборатории проводить испытание продукции по всем параметрам или их части.

1.17. Добровольная сертификация

Добровольная сертификация проводится по инициативе юридических или физических лиц на договорных условиях между органом сертификации и заявителем в системе добровольной сертификации (см. приложение 5).

Примечание: допускается проведение добровольной сертификации в системе обязательной сертификации.

Нормативный документ, на соответствие которому осуществляется испытание изделия, выбирается *заявителем*.

Заявителем может быть изготовитель продукции, поставщик продукции, продавец, потребитель продукции. Система добровольной сертификации чаще всего объединяет изготовителей и потребителей продукции, заинтересованных в

развитии торговли на договорных партнерских отношениях. Т. о. *добровольная сертификация* продукции и услуг, не включена в обязательную сертификацию и инициируется заявителем.

Правила и процедуры системы добровольной сертификации определяются органом добровольной сертификации, и базируется на рекомендациях международных и региональных организаций по сертификации. Решение о добровольной сертификации продукции обычно связано с проблемами конкурентоспособности товара, продвижения его на рынок, особенно если он зарубежный, т. к. зарубежный рынок ориентирован в основном на сертифицированную продукцию.

Государственные органы власти поддерживают добровольную сертификацию товаров т. е. это увеличивает товарный оборот и отчисление в бюджет.



Рис. 1.14. Знак соответствия продукции, подлежащей добровольной сертификации

1.18. Отличительные признаки обязательной (ОС) и добровольной (ДС) сертификации

Цель проведения.

ОС: обеспечение безопасности и экологичности товаров.

ДС: обеспечение конкурентоспособности товара, реклама продукции, что она соответствует не только безопасности, но и повышенному качеству.

Основания для проведения сертификации.

ОС: законы РФ.

ДС: по инициативе юридических или физических лиц на договорных условиях между заявителем и органом ДС (допускается ОС).

Объект сертификации.

ОС: перечни товаров и услуг, утвержденные правительством РФ.

ДС: любые объекты на усмотрение заявителя.

Сущность оценки соответствия.

ОС: оценка соответствия обязательным требованиям, предусмотренным соответствующим законом.

ДС: оценка соответствия требованиям заявителя, согласованная с отделом стандартизации как дополнительные требования к обязательным.

Нормативная база сертификации.

ОС: государственные стандарты, технические регламенты, санитарные нормы и правила, т. е. утвержденные государственным стандартом документы, устанавливающие обязательные требования к продукции.

ДС: стандарты любых категорий, в том числе зарубежные и признанные государственным стандартом, предложенные заявителем.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое качество?
2. Как метрология, стандартизация и сертификация влияют на качество продукции, работ и услуг?
3. Основные задачи метрологии. Определение метрологии.
4. Почему возникла потребность у людей в метрологии? Приведите исторические примеры.
5. Что может являться объектом измерения?
6. Какие основные методы измерений вы знаете?
7. Основные задачи стандартизации. Определение стандартизации.
8. Какие виды стандартов действуют на территории России?
9. Какую структуру имеет государственная служба по стандартизации (ГСС) в России?
10. Как развивалась стандартизация на территории РФ? Приведите примеры.
11. Виды сертификации. Определение сертификации.
12. Что такое система сертификации? Приведите примеры.
13. Что такое система сертификации однородной продукции? Примеры.
14. Что такое схема сертификации? Приведите примеры.
15. В чем отличие обязательной сертификации от добровольной?
16. Какие документы подтверждают качество продукции, работ и услуг?
17. Какая ответственность наступает за невыполнение стандартов?
18. Какие международные организации по стандартизации работают в мире?
19. Какие исторические предпосылки существовали для развития сертификации?
20. С какого времени продукция, работы и услуги подвергаются сертификации на территории России?

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И ТОЧНОСТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

2.1. Основы взаимозаменяемости

Взаимозаменяемость, в совокупности со стандартизацией, метрологией, техническими измерениями и сертификацией является инструментом обеспечения качества.

Взаимозаменяемостью называется принцип нормирования требований к размерам элементов деталей, узлов, механизмов, используемый при конструировании, благодаря которому представляется возможным изготавливать их независимо и собирать или заменять без дополнительной обработки при соблюдении технических требований к изделию [10]

Основное *назначение* взаимозаменяемости заключается в обеспечении производства изделий необходимого качества с минимальными затратами.

Любое изделие (машина, механизм) состоит из некоторого количества деталей, соединенных между собой определенным образом так, чтобы выполнять свое функциональное назначение. Детали и сборочные единицы, из которых собирают механизм или узел имеют разнообразные, часто сложные технологии изготовления, которые постоянно должны совершенствоваться, а это возможно лишь в условиях специализированного производства. Узкая специализация на предприятии является одним из основных условий выпуска качественной продукции, а также повышает производительность труда. В такой ситуации возникает потребность изготавливать детали независимо, на разных специализированных предприятиях, а затем собирать их в изделие на том предприятии, где развивается высокопроизводительная технология сборки. Это становится возможным, когда осуществляются единые требования к точности изготовления элементов деталей, закрепленные в стандартах, а также при высоком уровне кооперации между заводами-изготовителями. Заводы могут находиться на большом удалении друг от друга, например в разных городах, а иногда и странах. Предприятие, на котором производится сборка готовой продукции, получает детали от различных поставщиков и собирает их без дополнительной обработки или подгонки, что способствует развитию автоматизации процессов сборки и удешевлению производства.

При поломке изделия в процессе эксплуатации, выясняют, какая деталь вышла из строя, а затем заменяют ее на однотипную деталь без дополнительной обработки, сокращая, таким образом, время ремонта.

Принцип взаимозаменяемости экономически обосновано применять в серийном и массовом производстве.

Различают следующие *виды взаимозаменяемости*:

1. Полная.
2. Неполная.

Неполная взаимозаменяемость может быть:

- 2.1. Размерной и параметрической.
- 2.2. Внешней и внутренней.

Полная взаимозаменяемость достигается в случае, когда обеспечиваются размерная, параметрическая, внешняя и внутренняя вместе.

Пример (полная взаимозаменяемость): В России, впервые в мире, в XVIII в. при Петре I, при проведении инспекции, ружья Тульского и Ижевского заводов подвергались такой проверке: брали 25 ружей того и другого заводов, разбирали их, перемешивали все составные части и затем вновь собирали, и получали при этом 50 полностью работающих ружей (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Драгунское ружье XVIII века

Пример (полная взаимозаменяемость): Колесо автомобиля ВАЗ 2107 состоит из диска, покрышки с камерой или без нее (рис. 2.2). Колесо крепится к ступице четырьмя винтами, расположенными на диаметре 98 мм, т. е. диск колеса имеет четыре отверстия для крепления. Все колеса автомобиля взаимозаменяемы между собой. Так же эти колеса могут быть установлены и на другие марки автомобилей семейства ВАЗ (ВАЗ-2103, 2104, 2108, 21099 и др.). Покрышки на всех вышеперечисленных моделях автомобилей имеют размеры 175/70 R13, где 175 – ширина покрышки (мм), 70 – высота профиля (%), а 13 – посадочный размер покрышки на диск (дюйм). Диски колес в данном примере изготавливаются на предприятии в Екатеринбурге, покрышки на другом предприятии в Ярославле, а шиномонтаж и установка колес на автомобиль на сборочном предприятии в Ижевске.

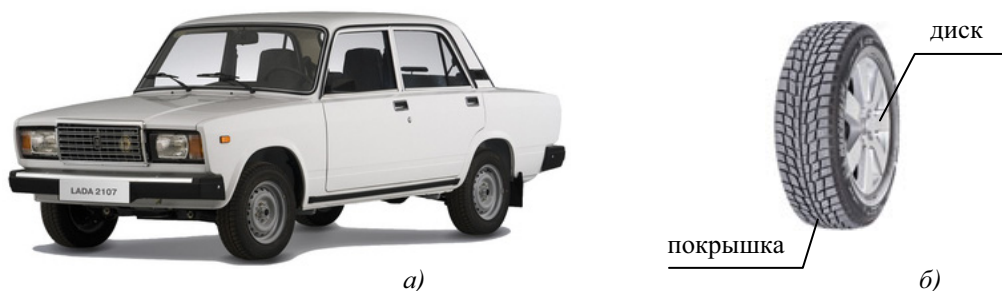


Рис. 2.2. а) автомобиль ВАЗ – 2107; б) колесо для ВАЗ – 2107

Пример (параметрическая взаимозаменяемость): Два электродвигателя (э/д) имеют одинаковую мощность, частоту вращения выходного вала и ресурс работы, но один двигатель выполнен на лапах в горизонтальном исполнении (рис. 2.3, а), а другой с фланцем в вертикальном исполнении (рис. 2.3, б). Крепление двигателя к раме или другой части привода, осуществляется с использованием различных установочных поверхностей и крепежных размеров. Двигатель (рис. 2.3, б) невозможно заменить (например, при поломке) на э/д (рис. 2.3, а), т. к. у него не предусмотрены отверстия во фланце, которые дают возможность закрепить двигатель в вертикальном положении.



Рис. 2.3. Электродвигатели ($N = 1кВт$; $n = 1000$ об/мин):
а) на лапах; б) фланцевый

Достоинства взаимозаменяемого производства:

1. Упрощается процесс проектирования.
2. Обеспечивается широкая специализация и кооперирование.
3. Удешевляется производство.
4. Обеспечивается организация поточного производства.
5. Упрощается процесс сборки.
6. Упрощается ремонт.

Точность и погрешность в технике

Любое механическое устройство состоит из деталей, которые необходимо изготовить с заданной точностью, обеспечив условия сборки, с соблюдением технических требований, которые предъявляются к этому устройству.

Точность в технике – это степень приближения значения параметра изделия, процесса и т. д. к его заданному значению

Погрешность – разность между приближенным значением некоторой величины и ее точным значением

Термин *точность* обычно используют для *качественной оценки* изделия.

Термин «погрешность» применяют для *количественной оценки* точности.

Так, например, употребляя выражения: *высокая точность, низкая точность* необходимо указывать и значение погрешности изготовления [10].

Пример: При измерении длины комнаты, равной 3 метра, погрешность в 1 мм будет соответствовать высокой точности измерения, а та же погрешность в 1 мм при измерении диаметра детали Ø50 мм будет соответствовать низкой точности измерения.

В машиностроении чаще всего нормируют требования к точности элементов детали.

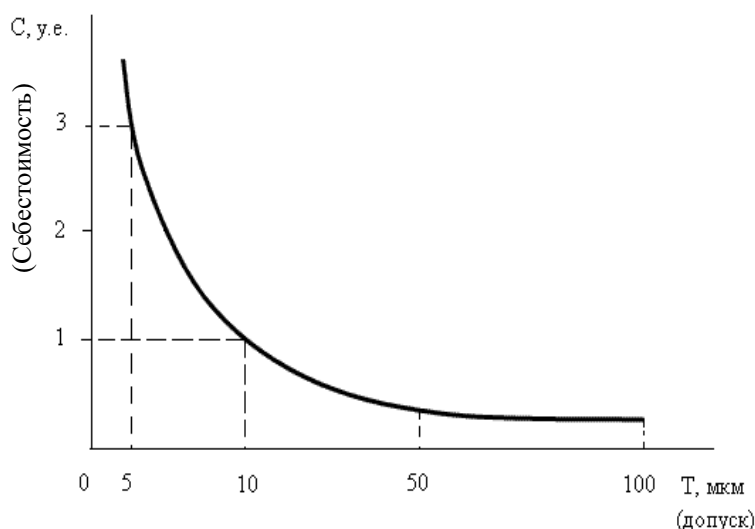


Рис. 2.2. Зависимость себестоимости от точности изготовления детали

Необходимо отметить, что абсолютно точно изготавливать все элементы детали не нужно, а потом и невозможно. Требования к ним должны быть разными в зависимости от функционального назначения.

Чем точнее требуется выполнить элемент детали, тем дороже будет стоить изготовление (см. рис. 2.2).

Пример: Изготовлены два подшипника с одинаковыми размерами. Один из них предназначен для механизма, который используется в с/х машинах, а другой для работы в космической технике. Подшипник для с/х машин будет дешевле, т. к. выполнен с меньшей точностью, чем подшипник для космической техники. Этот факт

объясняется тем, что поломка изделия в с/х машине приведет к простоям и ремонту, а выход из строя детали в космическом пространстве может привести к многомиллионным убыткам и человеческим жертвам. Поэтому для ответственных деталей назначается более высокая точность изготовления.

Для элементов деталей в машиностроении можно и нужно нормировать точность, т. е. устанавливать степень приближения к заданным значениям, по нескольким параметрам, которые определяют функциональные или эксплуатационные свойства и устанавливают связь этих параметров с причинами появления неточностей.

Таких *параметров*, которые характеризуют геометрическую точность элемента детали – четыре.

Это точность:

1. Размеры.
2. Формы поверхности.
3. Взаимного расположения поверхностей элементов детали.
4. Шероховатости поверхности.

После изготовления детали, ее реальные размеры, форма и др. геометрические параметры отличаются от идеальных (номинальных) (рис. 2.3).

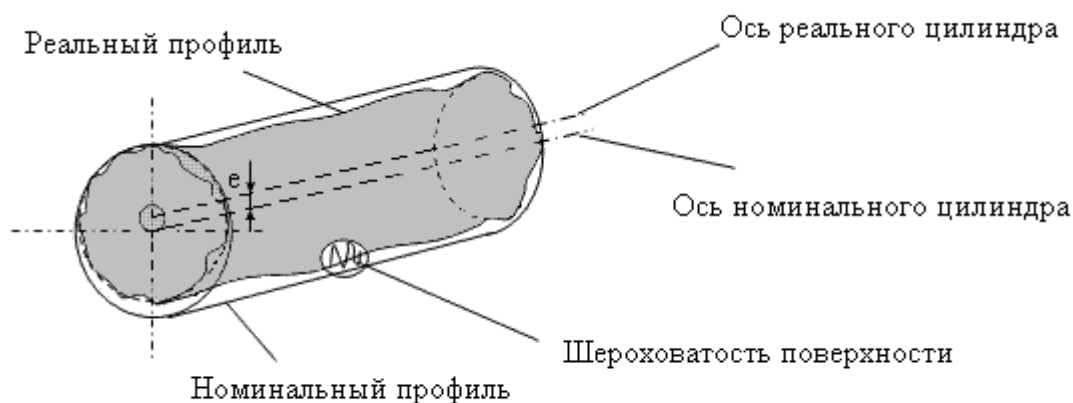


Рис. 2.3. Номинальный и реальный профиль цилиндра, e-смещение осей (эксцентриситет)

Основные причины появления погрешностей геометрических параметров элементов деталей:

1. Состояние оборудования и его точность.
2. Качество и состояние технологической оснастки и инструмента.
3. Режимы обработки.
4. Неоднородность материала заготовок.
5. Упругие деформации станка, приспособления, инструмента и детали.
6. Температурные деформации станка, приспособления, инструмента и детали.
7. Квалификация и субъективные ошибки рабочего.

Основным документом по нормированию требований к точности является *стандарт*.

На территории России с 1976 г. действует «Единая система допусков и посадок СЭВ», сокращенно – ЕСДП. Эта система соответствует международному стандарту ИСО (ISO) International Standard Organization (1962 г.).

Ограниченное действие имеет ОСТ (общегосударственный стандарт) принятый в 1929 г. Он используется, но не для нового проектирования.

2.2. Понятия о номинальном, действительном и предельных размерах деталей, о предельных отклонениях и допуске

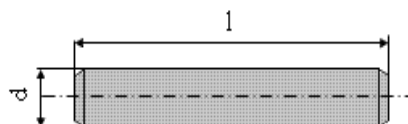
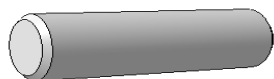
На первой стадии конструирования детали конструктор выбирает форму детали, в зависимости от ее функционального назначения и на основании расчетов назначает номинальные размеры в соответствии со стандартом ГОСТ 8032-84:

Размер – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения (мм).

Номинальный размер: размер, относительно которого определяются отклонения.

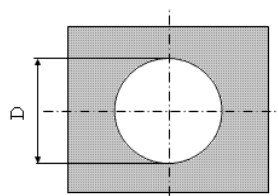
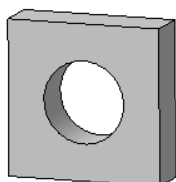
Различают *три основных вида* размеров:

1. Охватываемые размеры.



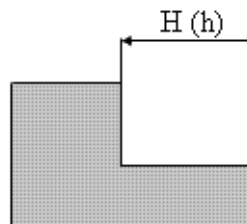
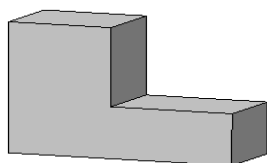
Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и элементы, ограниченные плоскими поверхностями.

2. Охватывающие размеры.



Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая и элементы, ограниченные плоскими поверхностями.

3. Полуоткрытые размеры.



Термин *вал* и *отверстие* относятся не ко всей детали, а к ее элементам. И применяются не только к замкнутым поверхностям, но и к полукруглым.

В обозначениях размеров деталей используются буквы латинского алфавита:

1. Для *охватываемых* размеров применяют *строчные* буквы (a,b,c,d...).
2. Для *охватывающих* размеров применяют *прописные* буквы (A,B,C,D...).
3. Для *полуоткрытых* размеров можно использовать как строчные, так и прописные буквы.

На второй стадии конструирования детали конструктор назначает предельные размеры детали.

Предельные размеры: два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер

Действительный размер: размер элемента, установленный измерением с допустимой погрешностью

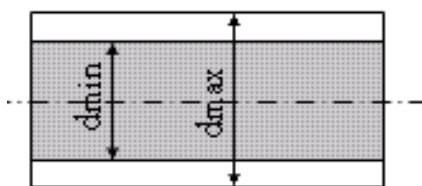


Рис. 2.4. Предельные размеры вала

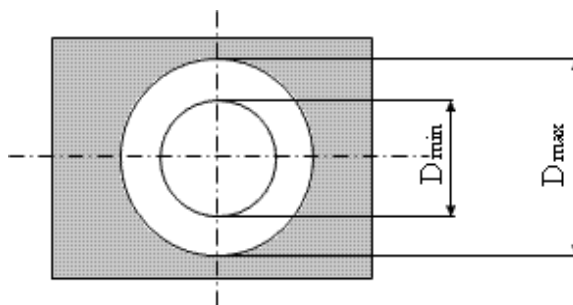


Рис. 2.5. Предельные размеры отверстия

D_{max} , d_{max} – *наибольший предельный размер*: наибольший допустимый размер элемента

D_{min} , d_{min} – *наименьший предельный размер*: наименьший допустимый размер элемента.

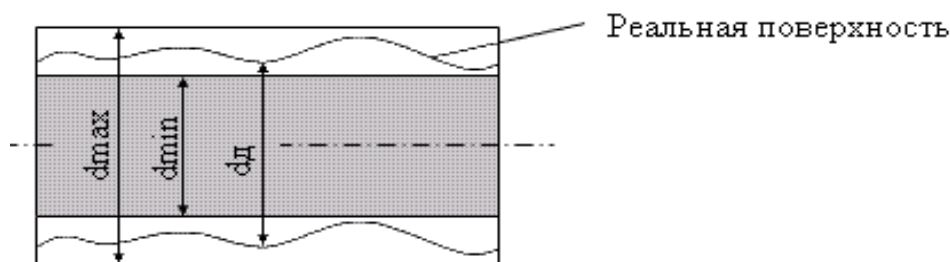


Рис. 2.6. Действительный размер вала

Действительный размер годного изделия должен находиться между предельными размерами (рис. 2.6).

$$d_{min} \leq d_d \leq d_{max};$$

$$D_{min} \leq D_d \leq D_{max}.$$

d_d , (D_d) – действительный размер вала (отверстия).

Наибольший и наименьший предельные размеры тесно связаны с понятием *допуск*.

Можно сказать, что *допуск* (TD, Td) – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами отверстия или вала.

$$TD = D_{\max} - D_{\min}; Td = d_{\max} - d_{\min}.$$

На рис. 2.4 и 2.5 допуск расположен симметрично, по половине с каждой стороны детали. Предпочтительно (принято) изображать его так, чтобы он располагался с одной стороны элемента детали (рис. 2.7, 2.8).

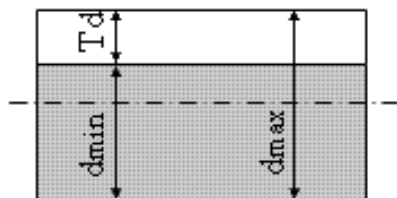


Рис. 2.7. Предпочтительное изображение вала, Td – допуск на диаметр вала

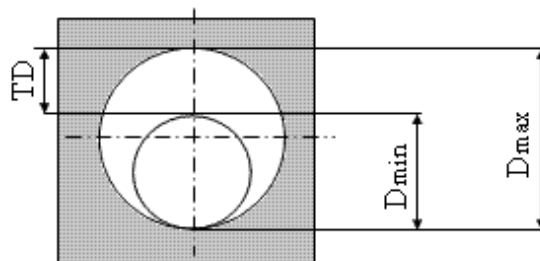


Рис. 2.8. Предпочтительное изображение отверстия, TD – допуск на диаметр отверстия

Значение *допуска* можно также определить, как разницу между *верхним и нижним отклонениями отверстия или вала*.

Верхнее отклонение (ES, es): алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами.

$$ES = D_{\max} - D \text{ (для отверстия); } es = d_{\max} - d \text{ (для вала).}$$

Нижнее отклонение (EI, ei): алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами.

$$EI = D_{\min} - D \text{ (для отверстия); } ei = d_{\min} - d \text{ (для вала).}$$

$$\text{Значение допуска для отверстия: } TD = ES - EI; \text{ для вала: } Td = es - ei.$$

На рис. 2.9 показаны номинальный размер, предельные размеры и предельные отклонения для общего случая [2, 3, 4, 10].

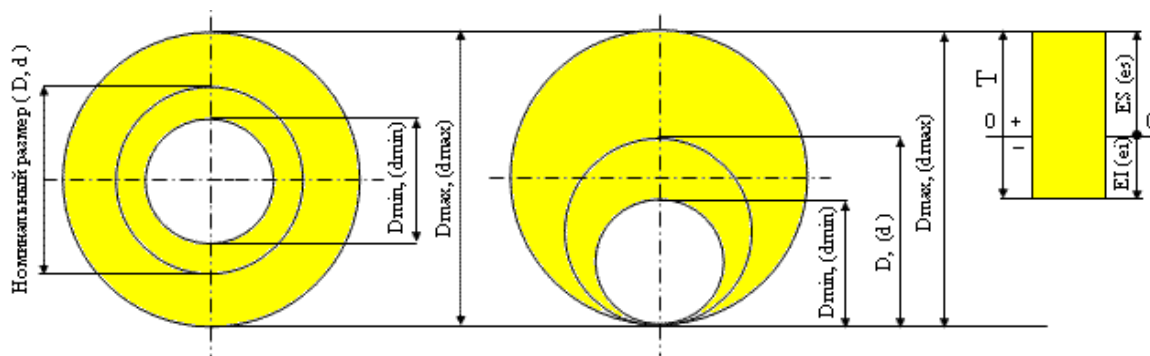


Рис. 2.9. Поле допуска (T) для общего случая

В общем случае *допуск* обозначается буквой T (*Tolerance*).

ES – верхнее отклонение отверстия, EI – нижнее отклонение отверстия,

es – верхнее отклонение вала, ei – нижнее отклонение вала.

Итак, окончательно определение допуска имеет следующий вид:

Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями

Значение *допуска* всегда положительное.

Отклонение всегда имеет знак (+) или (-). Отклонения, расположенные выше линии номинального размера всегда положительные, а расположенные ниже – отрицательные.

Изобразим узел, т. е. соединение вала с втулкой и покажем необходимые размеры, отклонения и допуски.

Когда создаем соединение (узел), то для сопрягаемых деталей назначаем один номинальный размер $d(D)$ для вала и отверстия (рис. 2.10) [2].

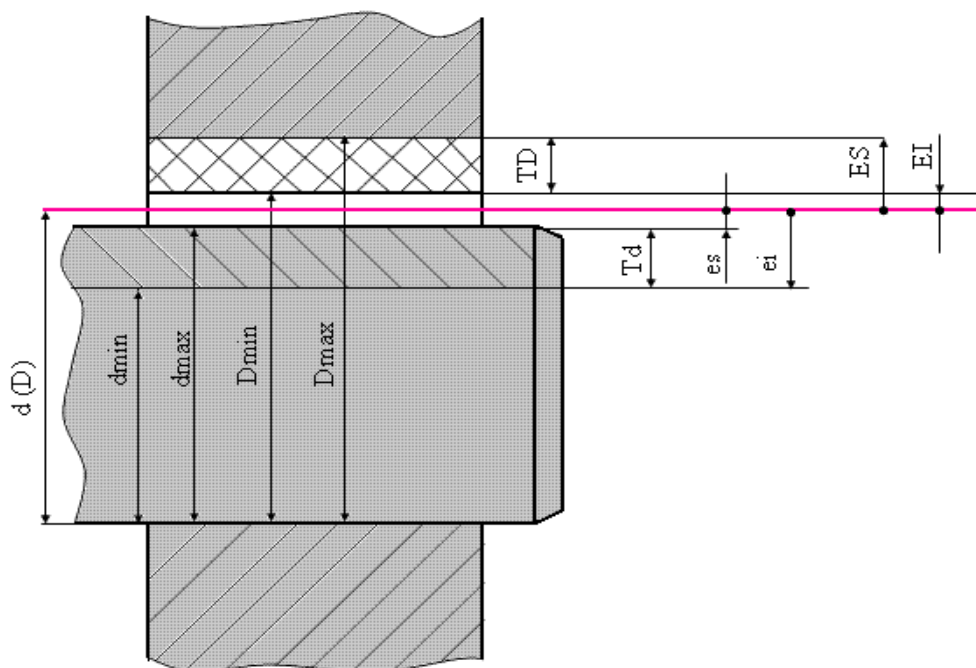


Рис. 2.10. Условное изображение соединения вала и втулки с зазором

На схематическом изображении соединения показываются только поля допусков (рис. 2.11).

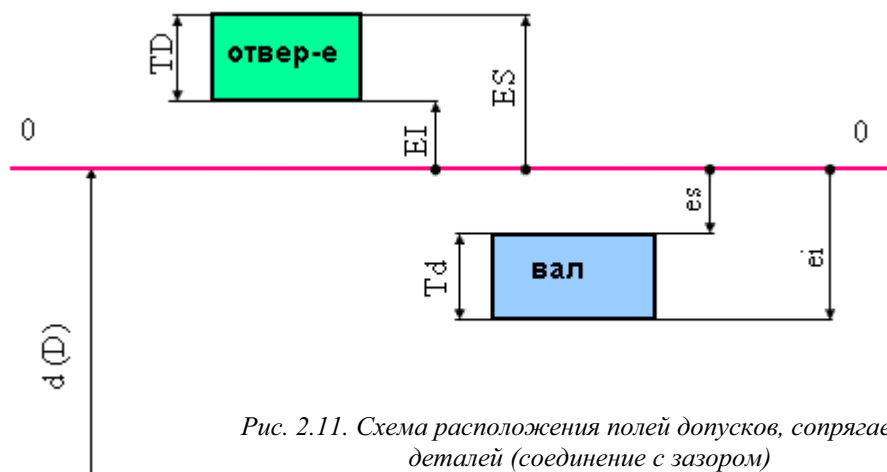


Рис. 2.11. Схема расположения полей допусков, сопрягаемых деталей (соединение с зазором)

Линия, обозначенная на схеме $0 - 0$, называется *нулевой линией* и соответствует номинальному размеру соединения.

Нулевая линия – это линия, соответствующая номинальному размеру, от которого откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные вниз

Наибольшие и наименьшие предельные размеры на рисунке 2.11 не указаны. Проставьте эти размеры самостоятельно.

2.3. Виды посадок сопрягаемых элементов деталей

Элементы деталей машин соединяются друг с другом определенным образом (посадкой отверстия на вал), в зависимости от функционального назначения узла механизма.

Посадка: характер соединения деталей, определяемый разностью их размеров до сборки

В зависимости от возможности относительного перемещения сопрягаемых деталей или степени сопротивления их взаимному смещению посадки разделяют на три вида:

1. Посадки с зазором.
2. Посадки с натягом.
3. Переходные посадки.

Зазор – разность между размерами отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала (*Clearance*).

Натяг – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия (*Interference*).

2.3.1. Посадки с зазором

Посадка с зазором: посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т. е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему

Значение величины зазора определяется по формуле (см. рис. 2.12):

$$S = D - d,$$

S – зазор,

D – диаметр отверстия,

d – диаметр вала.

На графическом изображении такой посадки поле допуска отверстия всегда расположено выше поля допуска вала, т. е. размер годного отверстия всегда больше размера годного вала.

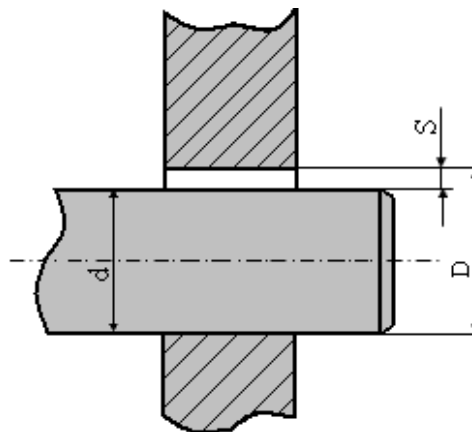


Рис. 2.12. Соединение с зазором

Графическая схема расположения полей допусков представлена на рис. 2.13:

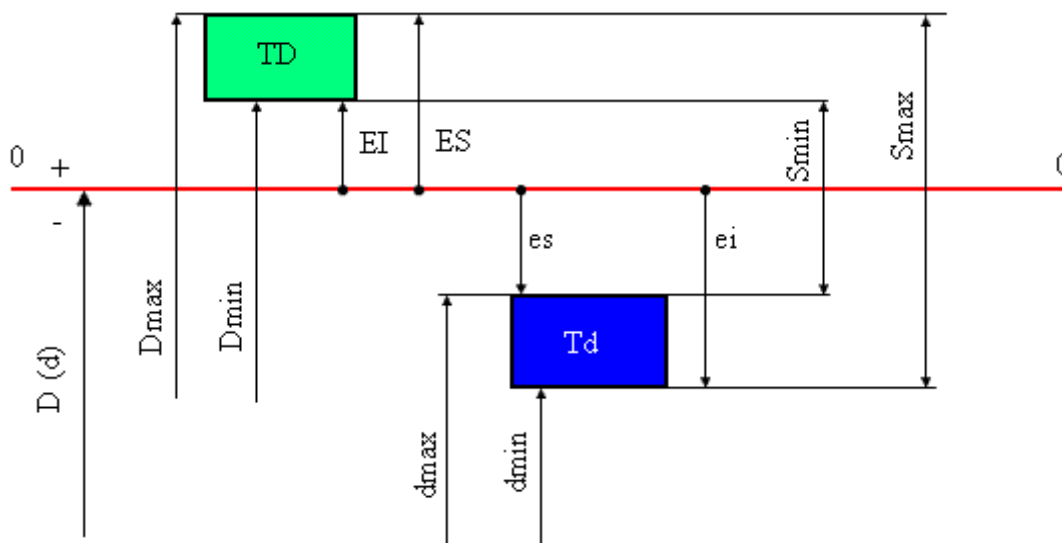


Рис. 2.13. Схематическое изображение посадки с зазором, TD – допуск на диаметр отверстия, Td – допуск на диаметр вала, Smin – наименьший зазор, Smax – наибольший зазор

Наименьший зазор: разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала в посадке с зазором.

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}.$$

Наибольший зазор: разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала в посадке с зазором.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}.$$

Допуск зазора (нет в стандарте): разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями зазора.

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = (D_{\max} - d_{\min}) - (D_{\min} - d_{\max}) = (D_{\max} - D_{\min}) + (d_{\max} - d_{\min}) = TD + Td,$$

TS – величина допуска зазора.

Допуск посадки сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

$$TP = TD + Td,$$

TP – допуск посадки.

Получаемый размер (действительный размер) это случайная величина. При лезвийной обработке с определенной точностью большинство размеров попадают в середину поля допуска (рис. 2.14). т.е. подчиняется нормальному закону распределения. При расчете и выборе посадок, конструктора могут интересоваться не только предельные зазоры и натяги, но и средние, обычно наиболее вероятные зазоры и натяги. Поэтому вводится понятие *среднего зазора*.

Средний зазор: среднее арифметическое наименьшего и наибольшего зазоров.

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}.$$

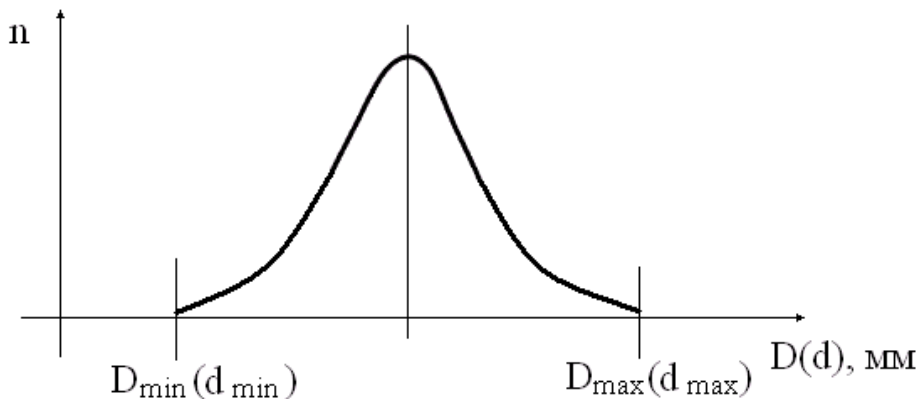


Рис. 2.14. Нормальный закон распределения размеров,
 n – количество деталей в партии, $D(d)$ – действительный диаметр отверстия (вала),
 $D_{min}(d_{min})$ – наименьший предельный размер отверстия (вала),
 $D_{max}(d_{max})$ – наибольший предельный размер отверстия (вала)

Назначение посадки с зазором: обеспечить легко разъемное соединение элементов деталей или для подвижных соединений, в которых детали без особых усилий смещаются друг относительно друга.

Примеры: посадка накладной крышки подшипника в корпус редуктора; посадка вала в подшипник скольжения.

2.3.2. Посадки с натягом

Посадка с натягом: посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т. е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему

Значение величины натяга определяется по формуле (см. рис. 2.15):

$$N = d - D,$$

- N – натяг,
- D – диаметр отверстия,
- d – диаметр вала.

При графическом изображении посадки с натягом поле допуска отверстия расположено ниже поля допуска вала.

Графическая схема расположения полей допусков представлена на рис. 2.16:

Допуск посадки с натягом:

$$TN = TD + Td.$$

Наименьший натяг: разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом.

$$N_{min} = d_{min} - D_{max}.$$

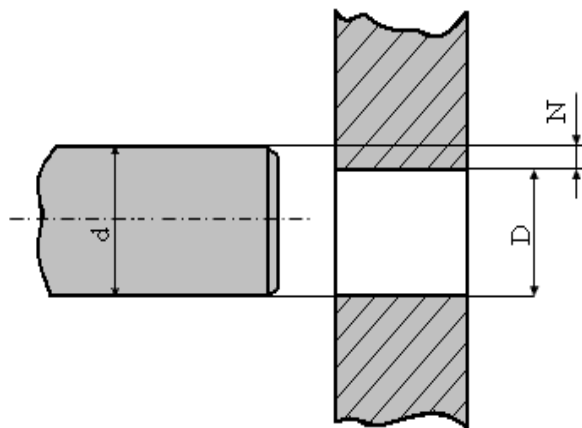


Рис. 2.15. Схема образования соединения с натягом

Наибольший натяг: разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом.

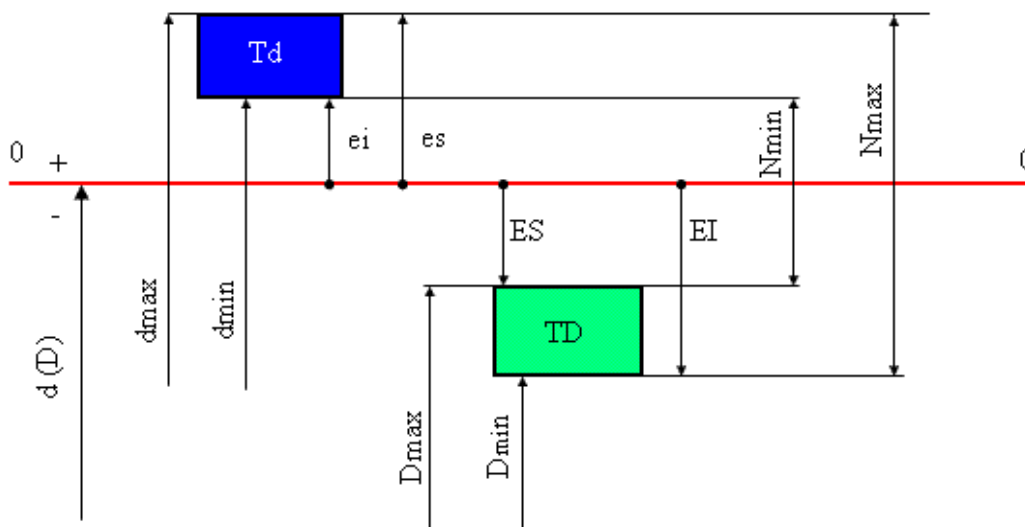


Рис. 2.16. Схематическое изображение посадки с натягом, TD – допуск на диаметр отверстия, Td – допуск на диаметр вала, Nmin – наименьший натяг, Nmax – наибольший натяг

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}.$$

Средний натяг: среднее арифметическое наибольшего и наименьшего натягов.

$$N_m = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}.$$

Как правило, соединение с натягом работает при упругих деформациях. Кривая зависимости деформаций от напряжений для сталей и область работы посадки с натягом представлены на рис. 2.17. При возникновении в соединении напряжений, превышающих предел текучести, появляются пластические деформации в металле, которые могут привести к значительному снижению величины натяга.

Назначение посадки с натягом: обеспечить плотное соединение элементов деталей, предотвращающее смещение под воздействием внешних нагрузок.



Рис. 2.17. Зависимость напряжений от деформаций, σВ – предел прочности материала, σТ – предел текучести материала

Пример: посадка вагонных колес на ось.

Внимание!

Вал и втулка в соединении упруго деформированы. Так как сопрягаемые поверхности имеют шероховатость, то после распрессовки изменяется диаметр вала и отверстия в пределах этой шероховатости. Как следствие, при повторной сборке величина натяга в соединении уменьшается.

2.3.3. Переходные посадки

Переходная посадка: посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга в соединении в зависимости от действительных размеров отверстия и вала

При графическом изображении поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью.

Различают следующие *виды переходных посадок*:

1. С наиболее вероятным натягом в соединении.
2. С наиболее вероятным зазором в соединении.
3. С равновероятным зазором и натягом в соединении.

Графическая схема расположения полей допусков с *наиболее вероятным натягом* в соединении представлена на рис. 2.18:

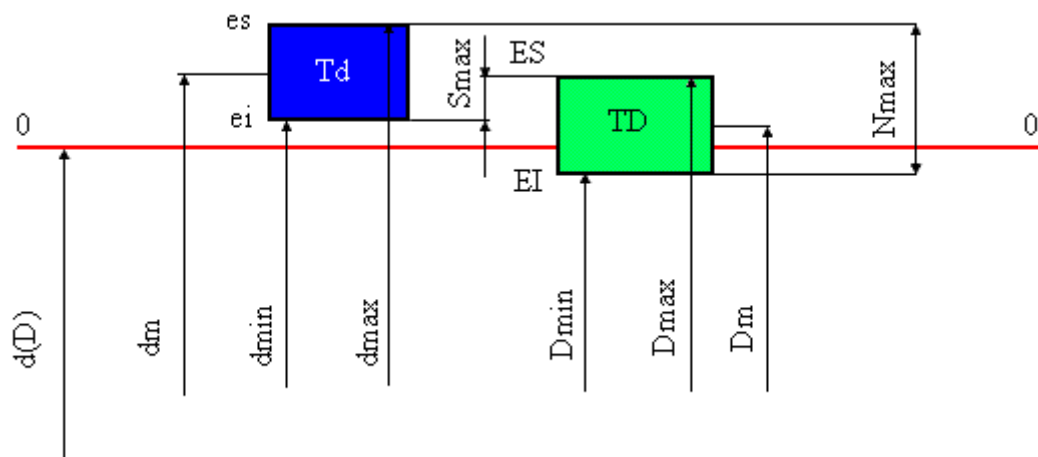


Рис. 2.18. Переходная посадка с наиболее вероятным натягом

Если среднее значение диаметра вала (d_m) больше среднего значения диаметра отверстия (D_m):

$$d_m > D_m,$$

или, если максимальный натяг больше максимального зазора:

$$N_{\max} > S_{\max},$$

то в соединении *наиболее вероятен натяг*.

Допуск переходной посадки:

$$T_P = T_S(T_N) = S_{\max} + N_{\max} = T_D + T_d.$$

Переходная посадка, в которой *наиболее вероятен зазор*, графически показана на рис. 2.19

Значения максимального натяга (N_{\max}) и зазора (S_{\max}) находятся по зависимостям (для всех видов переходных посадок):

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min},$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}.$$

Если среднее значение диаметра вала (d_m) меньше среднего значения диаметра отверстия (D_m): $d_m < D_m$ или, если максимальный зазор больше максимального натяга: $S_{\max} > N_{\max}$, то в соединении *наиболее вероятен зазор*.

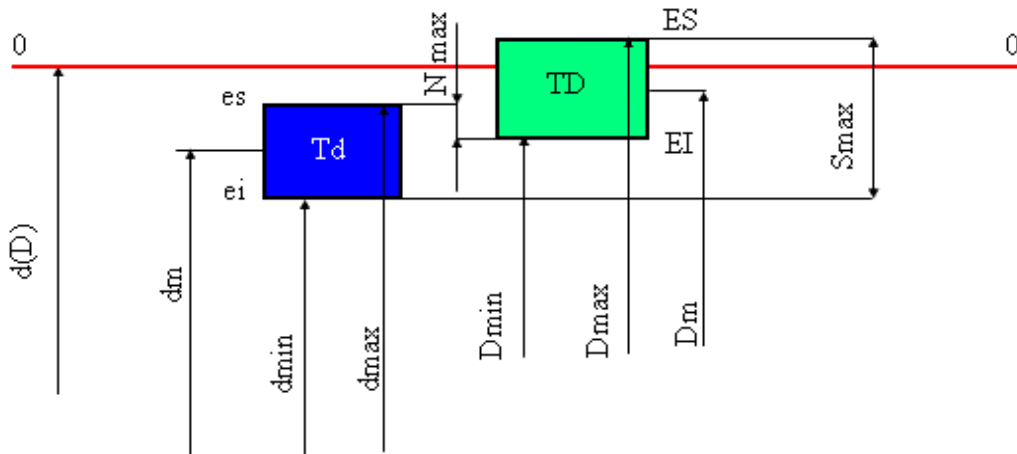


Рис. 2.19. Переходная посадка с наиболее вероятным зазором

Переходная посадка, в которой зазор и натяг равновероятны, графически показана на рис. 2.20.

В посадке такого типа максимальный зазор равен максимальному натягу: $S_{max} = N_{max}$.

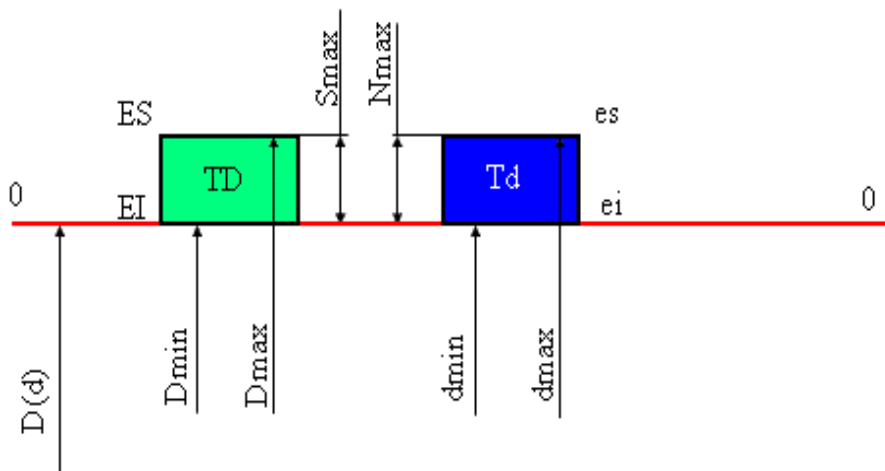


Рис. 2.20. Переходная посадка, в которой зазор и натяг равновероятны

Назначение переходной посадки: обеспечить точность центрирования соединяемых элементов деталей.

Пример: соединение шкива или зубчатого колеса с валом редуктора.

2.3.4. Система отверстия и система вала

Посадки с одинаковыми зазорами или натягами можно получить при разном положении полей допусков отверстия и вала, так как величины зазоров или натягов определяются относительным расположением полей допусков отверстия и вала. Можно, например, задать отклонения отверстия и вала, направленные в плюсовую сторону от номинала или же в минусовую сторону, и обеспечить получение одинакового зазора (рис. 2.21 а, б). Такая «свобода» выбора оказывается экономически

невыгодной. Если при конструировании будут назначены любые поля допусков, то таких полей допусков может оказаться бесчисленное множество. Но это означает, что практически невозможно будет централизованно выпускать в продажу мерный обрабатывающий инструмент для изготовления отверстий (сверла, зенковки, развертки) – инструмент, непосредственно формирующий размер (рис. 2.22).

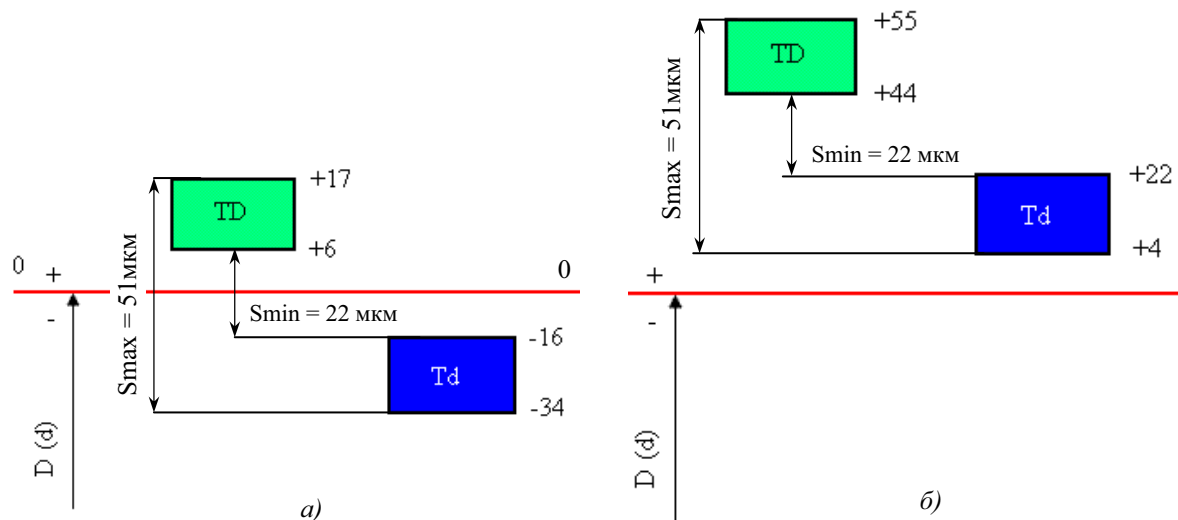


Рис. 2.21. Посадки с одинаковой величиной зазора

Поэтому в нормативных документах всех стран мира, связанных с точностью размера, используется принципиальный подход к ограничению свободы в установлении полей допусков валов и отверстий. Это ограничение сформулировано в понятии – *система отверстия и система вала*. В этих системах при образовании всех



Рис. 2.22. Инструмент для изготовления отверстий, а) сверло; б) развертка

трех видов посадок вводится ограничение в расположении допусков одного из участвующих в сопряжении элемента, т. е. принимается постоянное положение одного из полей допусков (вала или отверстия), причем один из предельных размеров вала или отверстия будет совпадать с номинальным размером. Такие отверстия и валы получили название *основные*.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.
Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю

Посадки в системе отверстия: посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия (рис. 2.23).

Посадки в системе вала: посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала (рис. 2.24).

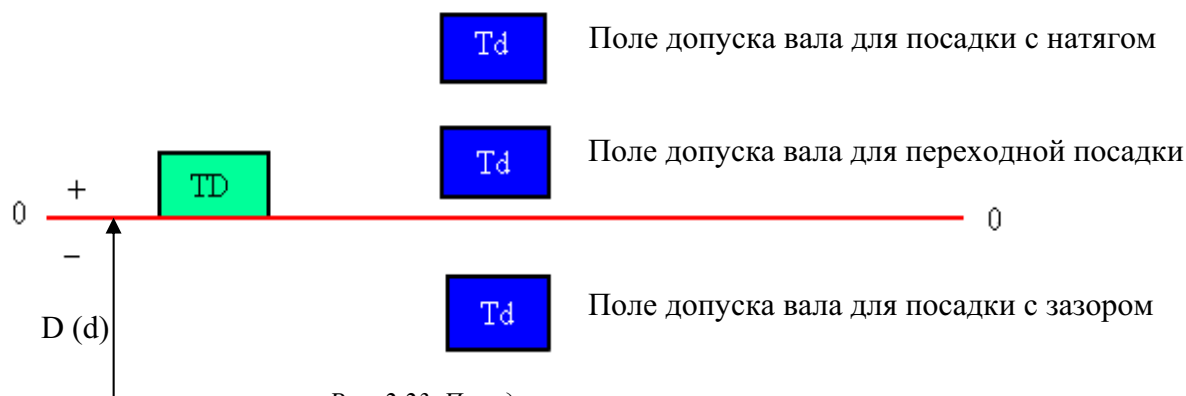


Рис. 2.23. Посадки в системе отверстия



Рис. 2.24. Посадки в системе вала

Таким образом, у основного отверстия с номинальным размером совпадает *наименьший предельный размер*, а у основного вала – *наибольший предельный размер*. И эти границы установлены не случайно. Дело в том, что при обработке вала происходит изменение его размера в сторону уменьшения (размер изменяется от большего к меньшему) и, следовательно, можно прекращать обработку, когда размер будет равен наибольшему предельному значению. И очень удобно, если этот первый из возможных размеров годного элемента, за которым следит оператор, будет числом, равным номинальному. При обработке отверстия размер изменяется от меньшего к большему и первый годный размер является наименьшим допустимым и соответствует номинальному.

Отметим, что *предпочтение отдается системе отверстия*, поскольку при применении этой системы уменьшается номенклатура мерного режущего инструмента для обработки размеров отверстий. Считается, что изготовить отверстие и измерить его значительно труднее и дороже, чем изготовить и измерить вал такого же размера и той же точности.

Практически только для *системы отверстия* можно централизованно изготавливать режущий инструмент для отверстий, так как в системе вала получается очень много отверстий с различными предельными отклонениями при одном и том же номинальном размере. Систему вала обычно используют, исходя из некоторых конструктивных или технологических соображений, когда это экономически выгодно. Но случаи использования системы вала весьма ограничены [4, 5].

Пример посадки в системе вала и в системе отверстия показан на рис. 2.25. Кольца подшипника качения являются элементами готового изделия, поэтому они не обрабатываются при создании соединения.

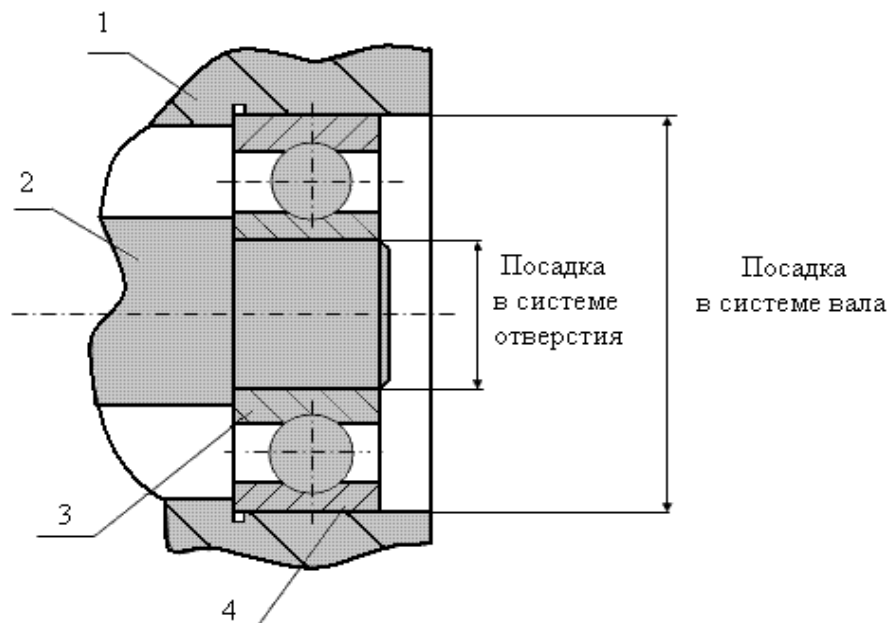


Рис. 2.25. Пример посадки в системе вала и системе отверстия, 1 – корпус; 2 – вал; 3 – внутреннее кольцо подшипника, 4 – наружное кольцо подшипника

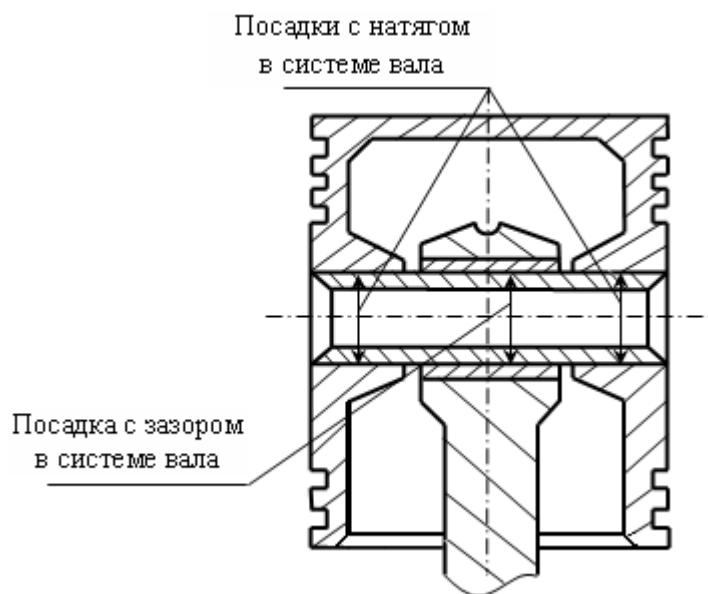


Рис. 2.26. Пример посадки в системе вала

На рис. 2.26 приведен пример технологически обоснованного решения использования системы вала. В данном случае необходимо размер вала по всей длине оставить постоянным, а отверстия в поршне и шатуне обработать для получения необходимых зазоров и натягов в соединениях. Только в этом случае будет обеспечена сборка узла.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое взаимозаменяемость? Виды взаимозаменяемости.
2. Что такое точность и погрешность? Как эти понятия связаны между собой?
3. Какие параметры характеризуют геометрическую точность элементов детали?
4. Какие основные причины появления погрешностей при изготовлении деталей вы знаете?
5. Что такое размер? Какие основные виды размеров существуют?
6. Какие элементы детали называют отверстием, а какие валом?
7. Какой размер называют номинальным?
8. Какой размер называют действительным? Где должны располагаться действительные размеры у годного к эксплуатации изделия?
9. Что такое допуск? Какая связь между допуском, точностью изготовления и экономикой производства?
10. Что такое верхнее и нижнее отклонения? Какая связь существует между предельными отклонениями и предельными размерами элементов детали?
11. Что такое посадка? Виды посадок используемых в машиностроении?
12. Что такое зазор и натяг?
13. Сколько номинальных размеров имеет соединение вала с отверстием?
14. Как обозначается номинальный размер на схематическом изображении посадки?
15. Как расположены на схематическом изображении поля допусков вала и отверстия в посадке с зазором?
16. Как расположены на схематическом изображении поля допусков вала и отверстия в посадке с натягом?
17. Как расположены на схематическом изображении поля допусков вала и отверстия в переходных посадках? Какие виды переходных посадок существуют?
18. Какое отверстие называют основным?
19. Какой вал называют основным?
20. Как образуются посадки в системе отверстия?
21. Как образуются посадки в системе вала?
22. Какая система посадок является предпочтительной и почему?
23. Как рассчитать допуск посадки по известным допускам сопрягаемых элементов детали или по известным зазорам и натягам?
24. Приведите примеры использования в различных узлах и механизмах посадок с зазором, натягом и переходных посадок.

3. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК В МАШИНОСТРОЕНИИ (для гладких соединений)

3.1. Единая система допусков и посадок ЕСДП. Интервалы размеров. Единица допуска

Гладкое цилиндрическое соединение: соединение, в котором поверхности отверстия и вала круглые цилиндрические

С развитием торговли и кооперации между отдельными заводами и отраслями, а также с развитием международного сотрудничества, появилась необходимость в выработке единого подхода к нормированию требований к точности валов и отверстий для того, чтобы можно было внедрить принципы взаимозаменяемости в действующие производства и воспользоваться всеми ее достоинствами. Такой единый подход к нормированию требований к точности размеров элементов деталей реализован созданием *системы допусков и посадок*.

Системой допусков и посадок называется закономерно построенная совокупность стандартизованных допусков и предельных отклонений размеров деталей, а также посадок, образованных отверстиями и валами, имеющими стандартные предельные отклонения [10]

Особенность существующей системы допусков и посадок заключается в том, что она учитывает опыт нормирования точности размеров в промышленности, который был накоплен к моменту ее создания, и использует научно-обоснованные решения, присущие любой системе, которая объединяет множество взаимосвязанных элементов в определенную целостность. В связи с этим можно дать еще одно определение:

Система допусков и посадок – это совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе производственного опыта, экспериментальных исследований, теоретических обобщений и оформленных в виде стандарта

В России первые попытки по созданию общегосударственной системы допусков и посадок относятся к 1914 – 1915 гг., когда профессор И. И. Куколевский разработал такую систему для использования ее в первую очередь для военных заказов.

В период с 1924 по 1925 гг. под руководством профессора А.Д. Гатцука был разработан проект стандарта «Допуски для пригонок». В 1929 г. был утвержден первый ОСТ (общегосударственный стандарт) для общего применения. Он используется до сих пор, и будет частично использоваться и дальше, но не для нового проектирования.

Первый проект международной системы допусков и посадок был разработан в 1931 г. для размеров от 1 до 180 мм, а в 1935 г. – до 500 мм. Эти проекты были разработаны международной организацией по стандартизации (ИСА). На базе этих проектов страны мира создавали национальные стандарты (1932–1936 гг.) и внедряли их до 1940 г.

Официально международная система допусков и посадок ИСА была принята в 1940 г.

После второй мировой войны была создана новая международная организация по стандартизации ИСО, а в 1962 г. были разработаны рекомендации ИСО № 286 «Система допусков и посадок ИСО. Часть 1. Общие сведения. Допуски и отклонения». Эта система допусков не отличалась от проекта ИСА 1940 г. После создания Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) острее встал вопрос о создании системы допусков и посадок, единой для стран с учетом существовавшей тогда мировой системы. Исходя из этого, была разработана единая система, названная «Единая система допусков и посадок СЭВ», сокращенно ЕСДП СЭВ или просто ЕСДП (рис. 3.1). При переходе на эту систему по целому ряду изделий для нашей промышленности нецелесообразно было перерабатывать всю техническую документацию. Поэтому, видимо, еще некоторое время будут правомочны обе системы (ЕСДП и ОСТ). При разработке новых изделий и модернизации можно использовать только ЕСДП.

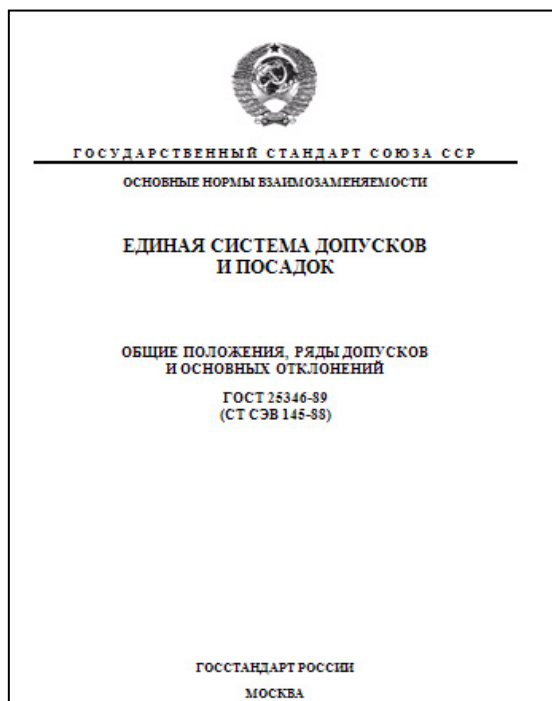


Рис. 3.1. Единая система допусков и посадок ГОСТ 25346–89 (СТ СЭВ 145–88)

Основные признаки системы допусков и посадок:

1. Интервалы размеров.
2. Единица допуска.
3. Ряды точности.
4. Поля допусков отверстий и валов.
5. Посадки в системе отверстия и системе вала.
6. Нормальная температура.

ЕСДП используется для размеров: *малых* от 0,001 до 1мм; *средних* от 1 до 500 мм; *больших* от 500 до 3150 мм; *очень больших* от 3150 до 10000 мм [6, 7].

Мы будем рассматривать основные признаки системы допусков и посадок в основном для *средних размеров*, как имеющих наибольшее применение для образования посадок.

Интервалы размеров

Значения номинальных размеров при проектировании принимают не произвольные, а из числа предпочтительных чисел, представляющих собой ряды геометрических прогрессий с определенными знаменателями.

Во всем мире существуют ограничения на использование значений размеров, которое заложено в понятии *предпочтительных чисел* и *рядов предпочтительных чисел*, т. е. стандартизованы значения, до которых надо округлять расчетные значения. Такой подход дает возможность сократить количество типоразмеров деталей и узлов, количество режущего мерного инструмента и другой технологической и измерительной оснастки. *Ряды предпочтительных чисел* одинаковы во всем мире и представляют собой члены геометрических прогрессий со знаменателями: 1,6; 1,25; 1,12; 1,06.

$$\sqrt[5]{10} \approx 1,6; \quad \sqrt[10]{10} \approx 1,25; \quad \sqrt[20]{10} \approx 1,12; \quad \sqrt[40]{10} \approx 1,06.$$

(Геометрическая прогрессия – это ряд чисел, в котором каждое последующее число получается умножением предыдущего на одно и то же число – знаменатель прогрессии).

Эти ряды условно названы R5, R10, R20, R40 (см. приложение 12).

Номинальные значения линейных размеров берут из указанных рядов предпочтительных чисел с некоторым округлением.

Например: по R5 (знаменатель 1,6) принимают значения из ряда:

R5: ...10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630 и т. д.

По R10 (знаменатель 1,25) принимают значения из ряда:

R10: ...10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630 и т. д.

При небольших отличиях номинальных размеров друг от друга допускаемые отклонения для них при любом способе подсчета, будут отличаться незначительно, и поэтому нет необходимости для близких значений номинальных размеров давать разные допуски. Кроме того, установлено, что с одинаковой трудоемкостью можно изготовить детали в определенном диапазоне размеров. Также известно, что этот диапазон уменьшается с уменьшением номинальных размеров. Поэтому в любой системе допусков и посадок допуски даются одинаковые для каждого интервала размеров, благодаря чему учитывается возможность обработки детали определенной точности в различных диапазонах с одинаковой трудоемкостью.

В системах допусков весь диапазон размеров разделен на интервалы. Так, ЕСДП предусматривает 13 интервалов размеров в диапазоне от 1 до 500 мм, в пределах которых значения допусков устанавливаются постоянными. Эти интервалы называют *основными*. Интервалы увеличиваются вместе с размерами, составляя приближенную геометрическую прогрессию со знаменателем 1,6 [4, 5, 6, 7].

Внимание!

При определении принадлежности размера к тому или иному интервалу следует помнить, что последнее число интервала относится к данному интервалу, а первое число – к предыдущему.

Например: необходимо определить величины отклонений от номинального размера для вала $\varnothing 18g5$. По табл. 3.1 находим интервал размеров, в который попадает значение 18. Из таблицы видно, что этот размер лежит на границе интервалов св.14 до 18 и св. 18 до 24. В первом случае значение 18 является последним в интервале размеров и значит принадлежит этому интервалу. Поэтому, в нашем случае для поля допуска **g5** верхнее отклонение $es = -6$ мкм, нижнее отклонение $ei = -14$ мкм.

В табл. 3.1 приводятся предельные значения отклонений валов с размерами от 1 до 500 мм (по ГОСТ 25347-82) (выборочно) [6].

Таблица 3.1. Предельные отклонения валов с размерами от 1 до 500 мм по ГОСТ 25347-82 (выборочно)

Интервал размеров, мм	Поле допуска														
	g4	h4	js4	k4	m4	n4	g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5
от 1 до 3	-2	0	+1,5	+3	+5	+7	-2	0	+2,0	+4	+6	+8	+10	+14	+18
	-5	-3	-1,5	0	+2	+4	-6	-4	-2,0	0	+2	+4	+6	+10	+14
св. 3 > 6	-4				+8	+12	-4	0	+2,5	+6	+9	+13	+17	+20	+24
	-8				+4	+8	-9	-5	-2,5	+1	+4	+8	+12	+15	+19
> 6 > 10	-5	0	+2,0	+5	+10	+14	-5	0	+3,0	+7	+12	+16	+21	+25	+29
	-9	-4	-2,0	+1	+6	+10	-11	-6	-3,0	+1	+6	+10	+15	+19	+23
> 10 > 14	-6	0	+2,5	+6	+12	+17	-6	0	+4,0	+9	+15	+20	+26	+31	+36
	-11	-5	-2,5	+1	+7	+12	-14	-8	-4,0	+1	+7	+12	+18	+23	+28
> 14 > 18	-7	0	+3,0	+8	+14	+21	-7	0	+4,5	+11	+17	+24	+31	+37	+44
	-13	-6	-3,0	+2	+8	+15	-16	-9	-4,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35
> 18 > 24	-9	0	+3,5	+9	+16	+24	-9	0	+5,5	+13	+20	+28	+37	+45	+54
	-16	-7	-3,5	+2	+9	+17	-20	-11	-5,5	+2	+9	+17	+26	+34	+43
> 24 > 30	-9	0	+3,5	+9	+16	+24	-9	0	+5,5	+13	+20	+28	+37	+45	+54
	-16	-7	-3,5	+2	+9	+17	-20	-11	-5,5	+2	+9	+17	+26	+34	+43

Интервал размеров, мм	Поле допуска														
	g4	h4	js4	k4	m4	n4	g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5
	Предельное отклонение, мкм														
> 50 ≥ 65	-10	0	+4,0	+10	+19	+28	-10	0	+6,5	+15	+24	+33	+45		
> 65 ≥ 80	-18	-8	-4,0	+2	+11	+20	-23	-13	-6,5	+2	+11	+20	+32		
> 80 ≥ 100	-12	0	+5,0	+13	+23	+33	-12	0	+7,5	+18	+28	+38	+52		
> 100 ≥ 120	-22	-10	-5,0	+3	+13	+23	-27	-15	-7,5	+3	+13	+23	+37		
> 120 ≥ 140	-14	0	+6,0	+15	+27	+39	-14	0	+9,0	+21	+33	+45	+61		
> 140 ≥ 160	-26	-12	-6,0	+3	+15	+27	-32	-18	-9,0	+3	+15	+27	+43		
> 160 ≥ 180	-15	0	+7,0	+18	+31	+45	-15	0	+10,0	+24	+37	+51	+70		
> 180 ≥ 200	-29	-14	-7,0	+4	+17	+31	-35	-20	-10,0	+4	+17	+31	+50		
> 200 ≥ 225	-17	0	+8,0	+20	+36	+50	-17	0	+11,5	+27	+43	+57	+79		
> 225 ≥ 250	-33	-16	-8,0	+4	+20	+34	-40	-23	-11,5	+4	+20	+34	+56		
> 250 ≥ 280	-18	0	+9,0	+22	+39	+55	-18	0	+12,5	+29	+46	+62	+87		
> 280 ≥ 315	-36	-18	-9,0	+4	+21	+37	-43	-25	-12,5	+4	+21	+37	+62		
> 315 ≥ 355	-20	0	+10,0	+25	+43	+60	-20	0	+13,5	+32	+50	+67	+95		
> 355 ≥ 400	-40	-20	-10,0	+5	+23	+40	-47	-27	-13,5	+5	+23	+40	+68		

Единица допуска

Практика показала, что *погрешности обработки возрастают с увеличением обрабатываемого диаметра*, и становится сложнее получить заданную точность изготовления. Специальными исследованиями был установлен вид зависимости между диаметром и погрешностью изготовления при различных видах обработки. Эти данные легли в основу построения ЕСДП через введение *единицы допуска*.

Единица допуска (i) – мера, характеризующая сложность изготовления детали в зависимости от ее размера

В системе ЕСДП для размеров от 1 до 500 мм:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D_{\text{cp}}} + 0,001 \cdot D_{\text{cp}},$$

i – единица допуска, мкм;

D_{cp} – среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала, мм;

$0,001 \cdot D_{\text{cp}}$ – погрешность измерения, мкм.

$$D_{\text{cp}} = \sqrt{D_{\text{нм}} \cdot D_{\text{нб}}}.$$

В зависимости от *величины единицы допуска* рассчитывается *значение допуска*.

Например: Значение допуска для 7 квалитета принимается равным 16 единицам допуска для данного интервала размеров. IT7 = 16*i* (формулы приводятся в стандарте [6] или см. табл. 3.2).

3.2. Ряды точности. Поля допусков отверстий и валов. Ряды точности

В системе допусков для каждого номинального размера необходимо предусмотреть возможность назначения допусков различной величины в зависимости от той роли, которую играет нормируемый элемент детали в выполнении возложенных на него функций. Это совершенно очевидно, так как допуск на изготовление диаметра, например, рукоятки для отвертки, должен быть гораздо больше, чем допуск на диаметр поршня насоса или гидравлического домкрата, несмотря на то, что номинальные размеры у них могут быть почти одинаковыми, т. е. относятся к одному интервалу размеров.

Поэтому необходимо иметь возможность выбора нужного допуска из ряда возможных значений допусков для каждого интервала размеров. Системы допусков обеспечивают выполнение такой возможности введением *рядов точности*, которые в системе ЕСДП называют *квалитетами*. (В некоторых нормативных документах *степени точности*).

Квалитет (степень точности, в ОСТ – класс точности) – это совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров

Значение допуска в каждом из квалитетов (с 5...18) определяется по формуле:

$$T = a \cdot i,$$

a – число единиц допуска, определенное для данного квалитета;

i – единица допуска, зависящая от значения нормируемого размера.

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов (01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,...17, 18).

Таблица 3.2. Значения допусков для размеров до 500 мм по ГОСТ 25346-89 (выборочно)

Интервал размеров, мм	Квалитет																				
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Допуск, мкм																				
1 – 3	0,3	0,5	0,8	1,2	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
3 – 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800	2200
6 – 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200	2700
10 – 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700	3300
18 – 30	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900	4600
30 – 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900	4600
50 – 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600	5400
80 – 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	6600
Формулы для расчета допуска	---	---	---	----	---	---	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i	3900i

Формулы для расчета величины допуска (квалитеты 01...4)

$$IT01 = 0,3 + 0,008D; \quad IT0 = 0,5 + 0,012D; \quad IT1 = 0,8 + 0,02D; \quad IT2 = \sqrt{IT1 \cdot IT3} \quad IT3 = \sqrt{IT1 \cdot IT5} \quad IT4 = \sqrt{IT3 \cdot IT5}$$

Возрастание номера качества соответствует увеличению значения допуска. Значения допусков для размеров до 500 мм представлены в табл. 3.2.

Пример обозначения: IT8 – International Tolerance (международный допуск, соответствующий 8 качеству).

В среднем машиностроении при создании соединений деталей используются в основном качества, начиная с 5. Точнее изготавливать элементы детали сложно. Качества 01, 0, 1, 2, 3, 4 используются при изготовлении различных эталонов и контролирующего инструмента.

Поля допусков отверстий и валов

В ЕСДП для указания положения поля допуска относительно номинального размера введено понятие *основных отклонений*, которыми называют нормируемые отклонения, ближайšie к нулевой линии. Для полей допусков, расположенных *выше нулевой линии*, за основное отклонение принимают нижнее отклонение (e_i – для вала; E_I – для отверстия); а для полей допусков, расположенных *ниже нулевой линии*, основным отклонением является верхнее отклонение (e_s – для вала; E_S – для отверстия). Другими словами, во всех случаях основным отклонением является ближайšie к номинальному размеру или минимальное отклонение (Обозначается латинскими буквами: **ПРОПИСНЫМИ** для отверстий от **A...ZC** и **строчными** для валов от **a...zc**).

Основное отклонение – одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии (отклонение, ближайšie к нулевой линии)

На рис. 3.2 представлен полный набор основных отклонений, который характеризует потенциальные возможности системы ЕСДП и схематично показывает относительное положение полей допусков, определяемые основными отклонениями.

Общепринятые назначения основных отклонений в ЕСДП и их особенности:

1. Основные отклонения **H** и **h** равны нулю. Эти отклонения относятся к основному отверстию (для построения посадок в системе отверстия) и основному валу (для построения посадок в системе вала). Поэтому они наиболее широко используются.

2. Основные отклонения валов от **a** до **h** используют для получения посадок с зазором в *системе отверстия*. Основные отклонения отверстий от **A** до **H** применяют для получения посадок с зазором в *системе вала*.

3. Основные отклонения валов от **j** до **n** (основные отклонения отверстий от **J** до **N**) предназначены для образования переходных посадок в системе отверстия (и вала) соответственно.

4. Для полей допусков, имеющих основные отклонения **js** и **JS**, верхнее и нижнее отклонения располагаются строго симметрично относительно нулевой линии. Основные отклонения **j** и **J** отличаются тем, что поле допуска с таким основным отклонением не имеет строго симметричного расположения.

5. Основные отклонения валов от **p** до **zc** и основные отклонения отверстий от **P** до **ZC** служат для получения посадок с натягом в системе отверстия и вала соответственно.

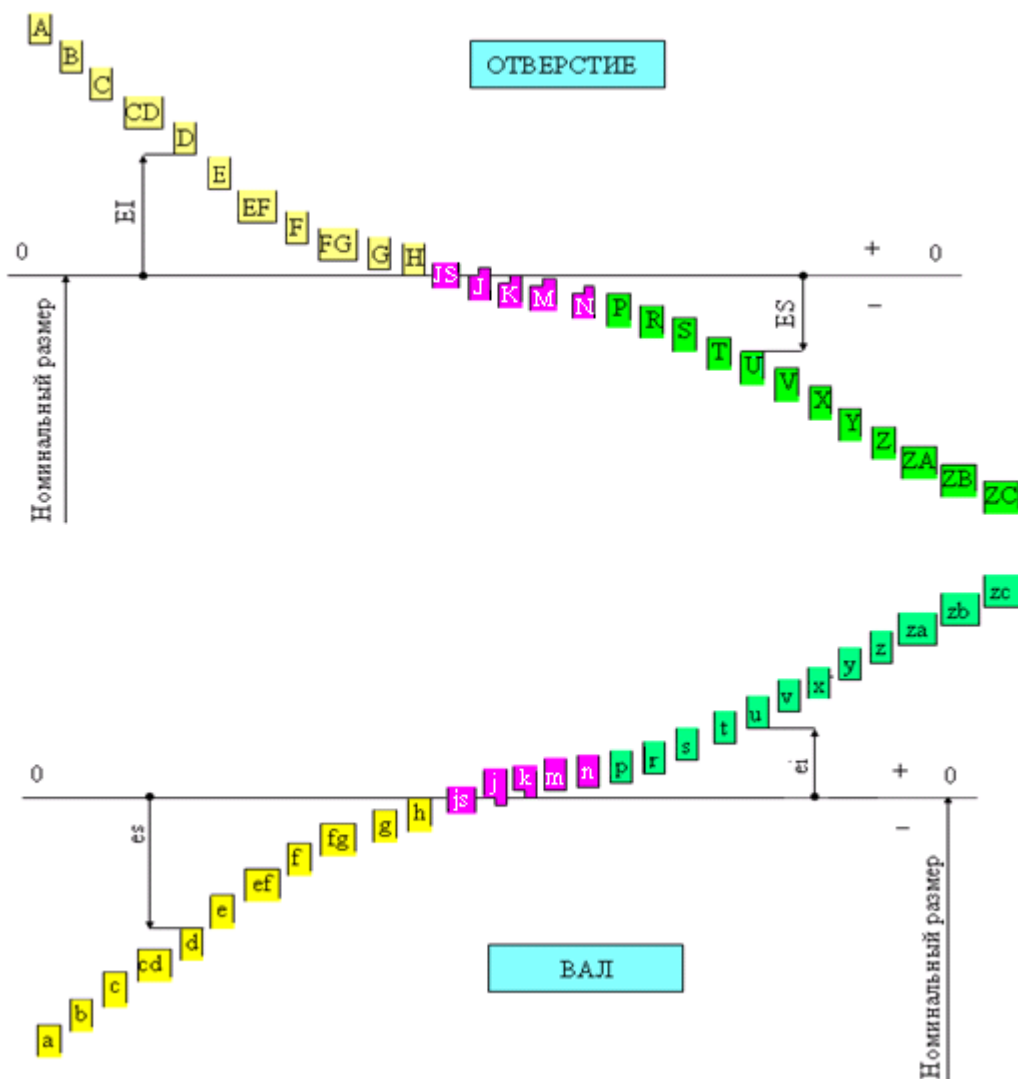


Рис. 3.2. Основные отклонения отверстий и валов

6. Величины одноименных основных отклонений нормируются разными для разных интервалов размеров.

7. В пределах одного интервала размеров одноименные основные отклонения, как правило, одинаковы для вала и отверстия, но с разными знаками. (Из рис. 3.2 видно, что одноименные отклонения вала и отверстия являются зеркальным отображением друг друга относительно нулевой линии). Для одноименного поля допуска для отверстий от А до Н: $EI = -es$; для отверстий от К до ZC: $ES = -ei$. Это правило действительно для всех отклонений за исключением отклонений, на которые распространяется приведенное ниже специальное правило.

8. **Специальное правило** действительно для *отверстий свыше 3 мм*: J, K, M, N до IT8 включительно и от P до ZC до IT7 включительно.

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

$\Delta = IT_n - IT_{n-1}$, т. е. значение Δ равно разности между допуском рассматриваемого квалитета и допуском ближайшего более точного квалитета.

$$|ei| + IT_{n-1} = |ES| + IT_n; \quad |ei| - IT_n = |ES| - IT_{n-1}.$$

Согласно специальному правилу, основное отклонение должно иметь такое числовое значение, чтобы две соответствующие друг другу посадки в системе отверстия и в системе вала, в которых отверстие данного квалитета соединяется с валом ближайшего более точного квалитета (например **H7/p6** и **P7/h6**), имели одинаковые натяги (рис. 3.3).

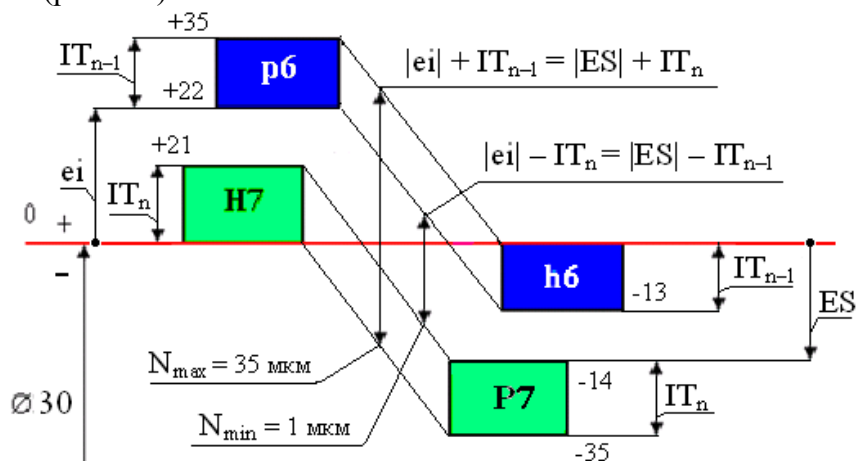


Рис. 3.3. Схема определения основных отклонений по специальному правилу

Основные отклонения отверстий с размерами свыше 500 мм определяются на основании общего правила.

Поле допуска в ЕСДП образуется сочетанием одного из основных отклонений и допуском по одному из квалитетов [4, 6, 9]. Поле допуска обозначается следующим образом: сначала записывается основное отклонение и затем указывается номер квалитета.

Например, для вала: **h6, g6, p6**, а для отверстия: **H7, F8, JS6**. В этом сочетании основное отклонение определяет расположение поля допуска относительно нулевой линии или номинального размера, а квалитет величину допуска.

Всего имеется **28 отклонений у отверстий и 28 отклонений у валов**.

В ЕСДП [6, с.22] приводятся формулы расчета основных отклонений всех полей допусков и формулы для расчета величины допуска для каждого квалитета.

Для пользователей стандартов не надо вычислять самим отклонения размеров для каждого поля допуска и квалитета. Это уже выполнено, причем с учетом того какие поля допусков наиболее часто применяются на практике. Такое ограничение называют *основным набором полей допусков*, который включает в себя 72 поля допуска отверстий и 80 полей допусков валов. Тем не менее, и основной набор содержит значительно больше полей допусков валов и отверстий, чем это практически необходимо и можно обойтись гораздо меньшим набором. Поэтому в стандарты введены так называемые **предпочтительные поля допусков**, в которые входят 10 полей допусков для отверстий и 16 полей допусков для валов (см. табл. 3.3). В практической деятельности необходимо всегда стремиться к использованию **предпочтительных полей допусков**. Это будет способствовать повышению экономической эффективности производства, так как только для этих полей допусков стандартами предусмотрен выпуск различных видов мерных обрабатывающих и измерительных инструментов.

Таблица 3.3. Предпочтительные поля допусков

Квалитеты	Предпочтительные поля допусков валов	Предпочтительные поля допусков отверстий
6	g6, h6, js6, k6, n6, p6, r6, s6	–
7	f7, h7	H7, JS7, K7, N7, P7
8	e8, h8	F8, H8
9	d9, h9	E9, H9
11	d11, h11	H11

Примечание: в стандартах также выделяются посадки предпочтительного применения, они обведены жирной рамкой [4, с.145...157].

3.3. Посадки в системе отверстия и системе вала

Стандартом установлены две системы образования посадок: *система отверстия и система вала*.

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают сочетанием различных полей допусков валов с одним (основным) полем допуска отверстия (см. приложение 13).

Посадки в системе вала – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают сочетанием различных полей допусков отверстий с одним (основным) полем допуска вала (см. приложение 14).

Обозначают посадки записью полей допусков отверстия и вала, обычно в виде дроби. При этом поле допуска отверстия всегда указывается в числителе дроби, а поле допуска вала – в знаменателе.

Пример: Ø20 H7/g6 – посадка *в системе отверстия* (рис. 3.4);

Ø20 G7/h6 – посадка *в системе вала* (рис. 3.5).

Первая запись означает, что сопряжение выполнено для номинального диаметра 20 мм, в системе отверстия, т. к. *поле допуска отверстия* обозначено **H7** (основное отклонение для **H** равно нулю и соответствует обозначению основного отверстия, а цифра **7** показывает, что допуск для отверстия надо брать по **7** квалитету для интервала размеров свыше 18 до 30 мм, в который попадает размер 20мм); *поле допуска вала* **g6** (основное отклонение **g** с допуском по **6** квалитету).

Вторая запись означает, что сопряжение выполнено для номинального диаметра 20 мм, в системе вала, т. к. *поле допуска вала* обозначено **h6** (основное отклонение для **h** равно нулю и соответствует обозначению основного вала, а цифра **6** показывает, что допуск для вала надо брать по **6** квалитету для интервала размеров свыше 18 до 30 мм, в который попадает размер 20 мм); *поле допуска отверстия* **G7** (основное отклонение **G** с допуском по **7** квалитету).

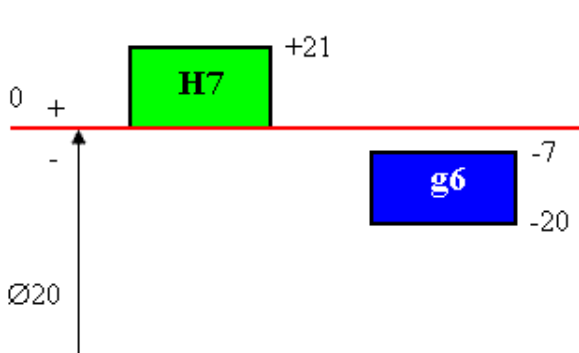


Рис. 3.4. Графическое изображение посадки с зазором в системе отверстия (Ø20 H7/g6)

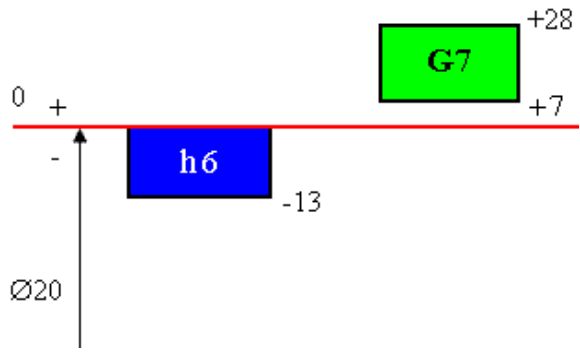


Рис. 3.5. Графическое изображение посадки с зазором в системе вала (Ø20 G7/h6)

На чертеже посадки обозначаются следующими способами:

1. Буквенным.
2. Цифровым.
3. Буквенно-цифровым.

На сборочных чертежах предпочтительно обозначать посадки *буквенным* способом.

Внимание! На графических схемах номинальный размер указывается в мм, а отклонения в мкм. На сборочных и рабочих чертежах все размеры и все отклонения указываются в мм (рис. 3.6, 3.7, 3.8, приложение 15, приложение 16).

Примеры обозначения полей допусков на чертежах:

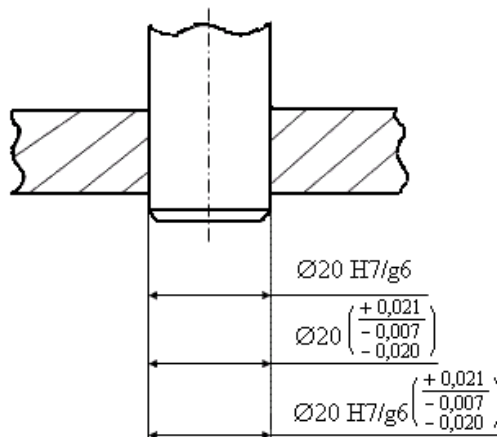


Рис. 3.6. Обозначение посадки на сборочном чертеже различными способами

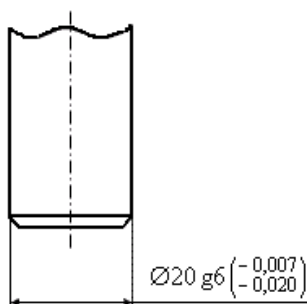


Рис. 3.7. Обозначение поля допуска на диаметр вала

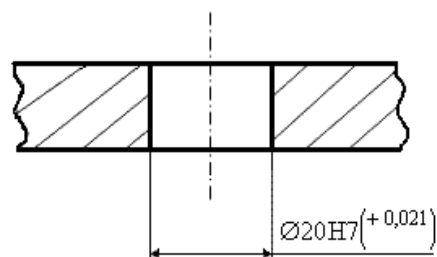


Рис. 3.8. Обозначение поля допуска на диаметр отверстия

На рабочем чертеже детали предпочтительно поля допусков обозначать *буквенно-цифровым* (для курсового проекта) или *цифровым* способом (для станочника в цехе). Для поля допуска **H7** нижнее отклонение EI = 0, рекомендуется не указывать.

Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками

Допуски на размеры элементов деталей, которые не указаны непосредственно у размера на чертеже, нормируют в соответствии с ГОСТ 30893.1-2002. По этому стандарту допуски должны браться по 12 и более грубым квалитетам из ГОСТ 25346-89.

В ГОСТ 30893.1-2002 даны два ряда точности и выбор того или иного ряда предоставлен на усмотрение пользователей (разработчиков чертежей).

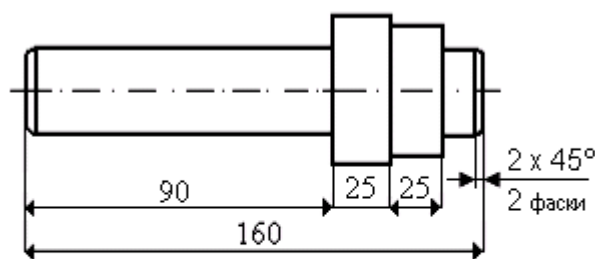
Между этими рядами существуют следующие соотношения:

- IT12** класс «точный» (t1),
- IT14** или класс «средний» (t2),
- IT16** или класс «грубый» (t3),
- IT17** класс «очень грубый» (t4).

Итак, на размеры с неуказанными допусками требования к точности приводят в технических требованиях на деталь записью (рис. 3.9, приложение 14).

Например: H14; h14; ±IT14/2 (рис. 3.9) или **+t2; -t2; ±t2/2**.

Такая запись означает, что все размеры на чертеже, для которых не указано поле допуска, должны изготавливаться так: *отверстия* – с полем допуска как у основного отверстия по 14 квалитету; *валы* – с полем допуска как у основного вала по 14 квалитету, а *остальные размеры (полуоткрытые)* с симметричным расположением допуска по 14 квалитету.



Технические требования:

1. H14, h14, ±IT14/2
2.

Рис. 3.9. Обозначение поля допуска для размера с неуказанными допусками

Поле допуска располагается в «тело» детали. Отклонение, которое равно допуску, дается в минус от номинала для вала и в плюс для отверстия.

Нормальная температура

Во всем мире принято считать значения размеров, которые приводятся в нормативных документах, относящимися к деталям при их температуре равной 20°C. Если температура детали отличается от 20°C, то необходимо пересчетом «привести размер к 20°C».

$$\Delta l \approx l \cdot (\alpha_1 \cdot \Delta t_1 - \alpha_2 \cdot \Delta t_2),$$

Δl – температурная погрешность; l – измеряемый размер, мм;

Δt_1 – разность между температурой детали и температурой 20°C.

Δt_2 – разность между температурой измерительного средства и нормальной температурой 20°C.

α_1, α_2 – температурные коэффициенты линейного расширения материалов детали и измерительного средства, C⁻¹.

3.4. Область применения некоторых посадок

Посадки с зазором

Посадки **H/h** – «скользящие». Наименьший зазор в посадках равен нулю. Они установлены во всем диапазоне точностей сопрягаемых размеров (4... 12-й квалификации). В точных квалитетах они применяются как центрирующие посадки, т. е. обеспечивают высокую степень совпадения центра вала с центром сопрягаемого с ним отверстия. Допускают медленное вращение и продольное перемещение, чаще всего используемое при настройках и регулировках.

Посадка **H7/h6** применяется в неподвижных соединениях при высоких требованиях к точности центрирования часто разбираемых деталей: сменные зубчатые колеса на валах, фрезы на оправках, центрирующие корпуса под подшипники качения, сменные кондукторные втулки и т. д. Для подвижных соединений применяется посадка шпинделя в корпусе сверлильного станка

Посадки **H8/h7, H8/h8** имеют примерно то же назначение, что и посадка **H7/h6**, но характеризуются более широкими допусками, облегчающими изготовление детали.

Посадки **H/h** в более грубых квалитетах (с 9-го по 12-й) предназначены для неподвижных и подвижных соединений малой точности. Применяются для посадки муфт, звездочек, шкивов на валы, для неотчетственных шарниров, роликов и т. п.

Посадки **H/g, G/h** – «движения». Обладают минимальным по сравнению с другими посадками гарантированным зазором. Они установлены только в точных квалитетах с 4-го по 7-й. Применяются для плавных, чаще всего возвратно-поступательных перемещений, допускают медленное вращение при малых нагрузках.

Посадки **H6/g5, H7/g6** применяются в плунжерных и золотниковых парах, в шпинделе делительной головки и т. п.

Посадки **H/f, F/h** – «ходовые». Характеризуются умеренным гарантированным зазором. Применяются для обеспечения свободного вращения в подшипниках скольжения общего назначения при легких и средних режимах работы со скоростями не более 150 рад/с и в опорах поступательного перемещения.

Посадки **H7/f7, H8/f8** применяются в подшипниках скольжения коробок передач различных станков, в сопряжениях поршня с цилиндром в компрессорах, в гидравлических прессах и т. п.

Посадки **H/e, E/h** – «легкоходовые». Обладают значительным гарантированным зазором, вдвое большим, чем у ходовых посадок. Применяются для свободного вращательного движения при повышенных режимах работы со скоростями более 150 рад/с, а также для компенсации погрешностей монтажа и деформаций, возникающих во время работы.

Посадки **H7/f8, H8/e8** применяются для подшипников жидкостного трения турбогенераторов, больших электромашин, коренных шеек коленчатых валов.

Посадки **H/d, D/h** – «широкоходовые». Характеризуются большим гарантированным зазором, позволяющим компенсировать значительные отклонения расположения сопрягаемых поверхностей и температурные деформации и обеспечить свободное перемещение деталей или их регулировку и сборку.

Посадки **H8/d9, H9/d9** применяются для соединений при невысоких требованиях к точности, для подшипников трансмиссионных валов, для поршней в цилиндрах компрессоров.

Посадка **H11/d11** применяется для крышек подшипников и распорных втулок в корпусах, для шарниров и роликов на осях.

Переходные посадки

Посадки **H/js; Js/h** – «плотные». Вероятность получения натяга $P(N) \approx 0,5...5\%$, и, следовательно, в сопряжении образуются преимущественно зазоры. Обеспечивают легкую собираемость.

Посадка **H7/js6** применяется для сопряжения стаканов подшипников с корпусами, небольших шкивов и ручных маховичков с валами.

Посадки **H/k; K/h** – «напряженные». Вероятность получения натяга $P(N) \approx 24...68\%$. Однако из-за влияния отклонений формы, особенно при большой длине соединения, зазоры в большинстве случаев не ощущаются. Обеспечивают хорошее центрирование. Сборка и разборка производится без значительных усилий, например при помощи ручных молотков.

Посадка **H7/k6** широко применяется для сопряжения зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт с валами.

Посадки **H/m; M/h** – «тугие». Вероятность получения натяга $P(N) \approx 60...99,98\%$. Обладают высокой степенью центрирования. Сборка и разборка осуществляется при значительных усилиях. Разбираются, как правило, только при ремонте.

Посадка **H7/m6** применяется для сопряжения зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт с валами, для установки тонкостенных втулок в корпуса, кулачков на распределительном валу.

Посадки **H/n; N/h** – «глухие». Вероятность получения натяга $P(N) \approx 88...100\%$. Обладают высокой степенью центрирования. Сборка и разборка осуществляется при значительных усилиях: применяются прессы. Разбираются, как правило, только при капитальном ремонте.

Посадка **H7/n6** применяется для сопряжения тяжело нагруженных зубчатых колес, муфт, кривошипов с валами, для установки постоянных кондукторных втулок в корпусах кондукторов, штифтов и т. п.

Посадки с натягом

Посадки **H/p; P/h** – «легкопрессовые». Имеют минимальный гарантированный натяг. Обладают высокой степенью центрирования. Применяются, как правило, с дополнительным креплением.

Посадка **H7/p6** применяется для сопряжения тяжело нагруженных зубчатых колес, втулок, установочных колец с валами, для установки тонкостенных втулок и колец в корпуса.

Посадки **H/r, H/s; H/t и R/h; S/h; T/h** – «прессовые средние». Имеют умеренный гарантированный натяг в пределах $N = (0,0002...0,0006)D$. Применяются как с дополнительным креплением, так и без него. При сопряжении возникают, как правило, упругие деформации.

Посадки **H7/r6, H7/s6** применяются для сопряжения зубчатых и червячных колес с валами в условиях тяжелых ударных нагрузок с дополнительным креплением (для стандартных втулок подшипников скольжения предусмотрена посадка **H7/r6**).

Посадки **H/u; H/x; H/z и U/h** – «прессовые тяжелые». Имеют большой гарантированный натяг в пределах $N = (0,001...0,002)D$. Предназначены для соединений, на которые воздействуют большие, в том числе и динамические нагрузки. Применяются, как правило, без дополнительного крепления соединяемых деталей. В сопряжении возникают упругопластические деформации. Детали должны быть проверены на прочность.

Посадки **H7/u7; H8/u8** наиболее распространенные из числа тяжелых посадок. Примеры применения: вагонные колеса на осях, бронзовые венцы червячных колес на стальных ступицах, пальцы эксцентриков и кривошипов с дисками [1].

Внесистемные посадки

Иногда, в технически обоснованных случаях (при единичном, опытном производстве или ремонте) применяются *внесистемные* посадки (рис. 3.10).

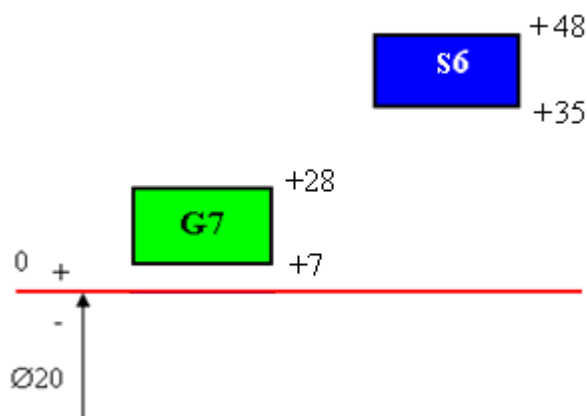


Рис. 3.10. Схема полей допусков внесистемной посадки с натягом $\varnothing 20$ G7/s6

Такие посадки могут иметь любые основные отклонения для вала и отверстия, исключая **H** для отверстий и **h** для валов. Например: **G7/s6; F8/k7** и т.п.

3.5. Контроль гладких цилиндрических изделий предельными калибрами

Для контроля гладких цилиндрических изделий типа валов и втулок, особенно в крупносерийном и массовом производстве, широко применяют *предельные гладкие калибры*. Калибры для отверстий называются *пробками*, а для валов – *скобами* (ГОСТ 24853-81). Комплект состоит из проходного и непроходного калибров (см. рис. 3.11, 3.12, 3.13, 3.14).

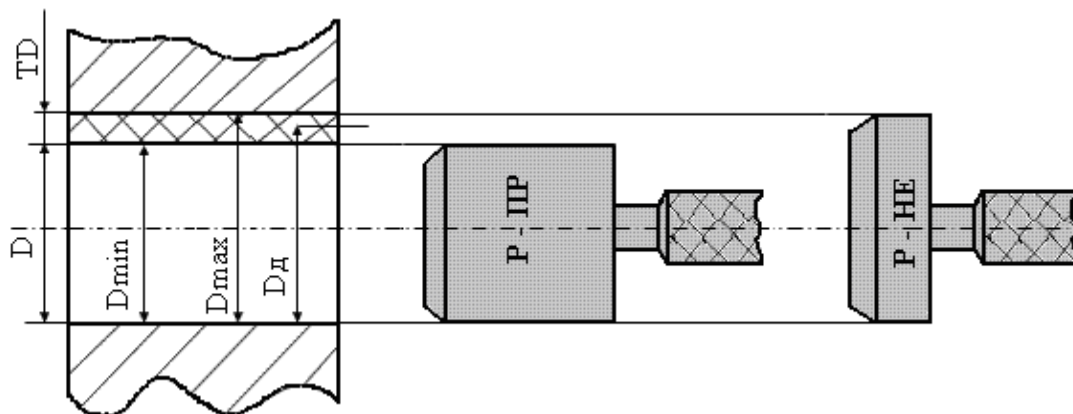


Рис. 3.11. Контроль диаметра отверстия калибрами-пробками

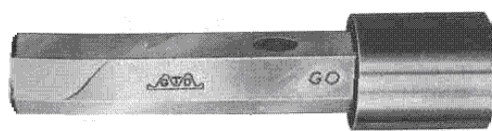


Рис. 3.12. Проходной калибр-пробка (P-PP)

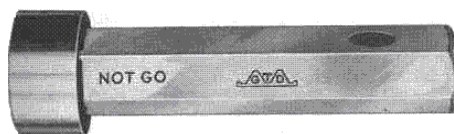


Рис. 3.13. Непроходной калибр-пробка (P-HE)



Рис. 3.14. Двухсторонний калибр-пробка

Годность деталей с допуском от **IT6** до **IT17**, особенно *при массовом и крупносерийном производствах*, целесообразно проверять предельными калибрами.

Проходным калибром PP: контролируют предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта.

Непроходным калибром HE: контролируют предельный размер, соответствующий минимуму материала проверяемого объекта.

Деталь считают годной, если проходной калибр под действием собственного веса или усилия, примерно равного ему, проходит, а непроходной калибр не проходит по контролируемой поверхности детали. В этом случае действительный размер детали находится между заданными предельными размерами. Валы и отверстия с допуском **IT5** и точнее не рекомендуется проверять калибрами, так как они вносят большую погрешность при контроле. Такие детали проверяют универсальными измерительными средствами.

Для снижения затрат на калибры стремятся увеличить их износостойкость. Так, износостойкость калибров, оснащенных твердым сплавом, в 50 – 150 раз выше по сравнению с износостойкостью стальных калибров и в 25 – 40 раз выше по сравнению с износостойкостью хромированных калибров при повышении стоимости калибров только в 3 – 5 раз [9].

Для контроля валов используют *калибры-кольца* (рис. 3.15, 3.16) и *скобы*. Наиболее распространены *односторонние двухпредельные скобы* (рис. 3.17).

Применяют также *регулируемые скобы* (рис. 3.18), которые можно настраивать на разные размеры, что позволяет компенсировать износ и использовать одну скобу для измерения размеров, лежащих в определенном интервале. Регулируемые скобы (ГОСТ 2216-84) по сравнению с жесткими имеют меньшую точность и надежность, поэтому их чаще применяют для контроля изделий качества 8 и грубее.

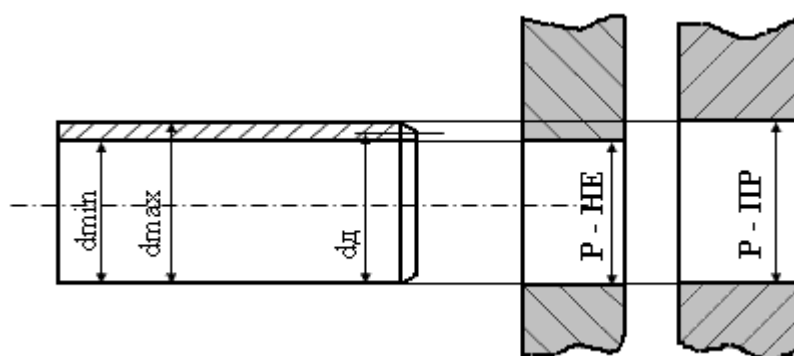


Рис. 3.15. Контроль диаметра вала калибрами-кольцами

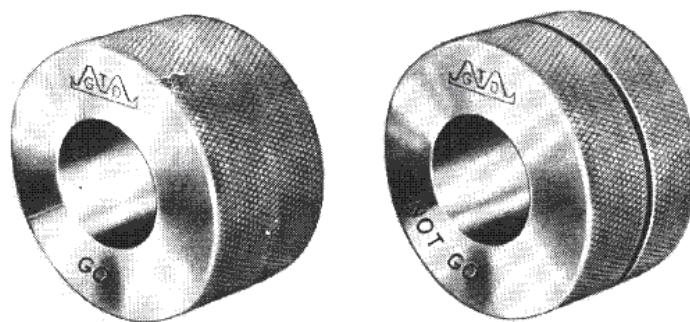


Рис. 3.16. Калибры-кольца

При конструировании предельных калибров для гладких цилиндрических изделий следует соблюдать *принцип подобия Тейлора*, согласно которому *проходные калибры по форме* должны являться прототипом сопрягаемой детали с длиной равной длине соединения (то есть калибры для валов должны иметь форму колец и контролировать размеры по всей длине соединения с учетом погрешностей формы деталей). *Непроходные калибры* должны иметь малую измерительную длину и контакт, приближающийся к точечному, чтобы проверять только размер детали. Таким образом, изделие считают годным, когда погрешности размера, формы и расположения поверхностей находятся в поле допуска.

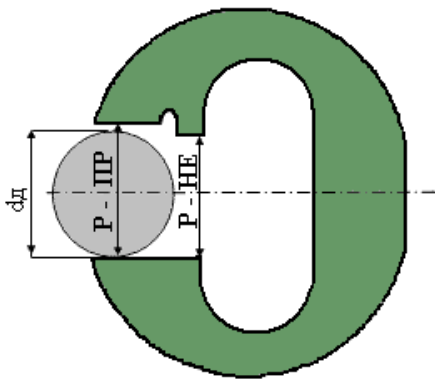


Рис. 3.17. Контроль вала калибром-скобой



Рис. 3.18. Регулируемый калибр-скоба

На практике приходится отступать от принципа Тейлора вследствие неудобств контроля, например, проходным кольцом, так как это требует многократного снятия детали, закрепленной в центрах станка. Вместо контроля проходными кольцами применяют многократный контроль проходными скобами с широкими измерительными поверхностями.

Схемы расположения полей допусков калибров для номинальных размеров до 180 мм приведены на рис. 3.19, 3.20.

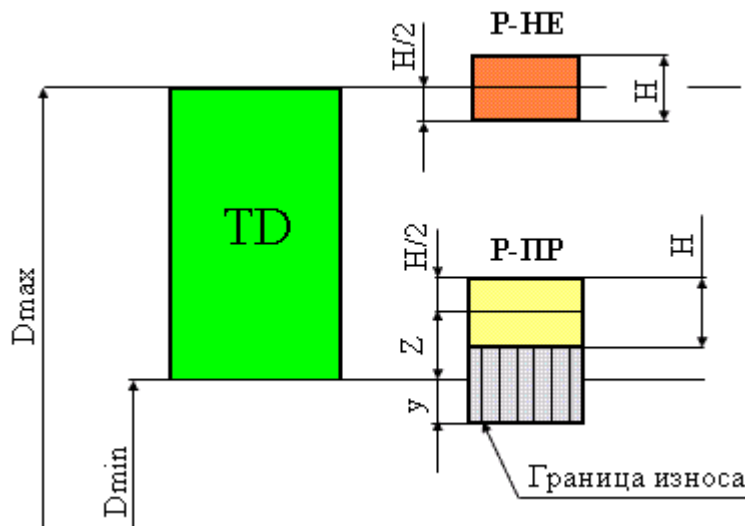


Рис. 3.19. Схема расположения полей допусков калибров для отверстий IT6-IT8

Допуски на изготовление калибров устанавливаются по ГОСТ 24853-81.

H – допуск на изготовление калибров для отверстия;

H_s – допуск на изготовление калибров со сферическими измерительными поверхностями для отверстия;

Z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия;

y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия.

P-НЕ – поле допуска на изготовление рабочего непроходного калибра пробки.

P-ПР – поле допуска на изготовление рабочего проходного калибра пробки.

D_{min}, D_{max} – предельные размеры отверстия [7].

Поля допусков для непроходных калибров пробок и скоб расположены симметрично относительно наибольшего предельного размера контролируемого отверстия для пробок и наименьшего предельного размера контролируемого вала для скоб и колец. Поля допусков проходных калибров смещены относительно наименьшего предельного размера отверстия на величину Z для пробок и относительно линии наибольшего предельного размера вала на величину Z_1 для скоб и колец. Это смещение выполнено для того, чтобы не пропустить в эксплуатацию деталь с размерами, которые не входят в установленное поле допуска, даже если придется выбраковать годное изделие. В процессе работы проходные калибры изнашиваются быстрее, т.к. контактируют с деталью всей площадью контрольной поверхности. Поэтому, если бы поля допусков для проходных калибров располагались симметрично относительно предельных размеров, то пришлось бы чаще их выбраковывать, а изготовление нового калибра экономически не выгодно (дорого). Из-за этого метод контроля предельными калибрами допускает отбраковку годных изделий, но процент таких изделий не высок.

Существуют *контрольные калибры* (пробки), предназначенные для контроля калибров-скоб, поля допусков которых представлены на рис. 3.20 (**К-И**; **К-ПР**; **К-НЕ**).

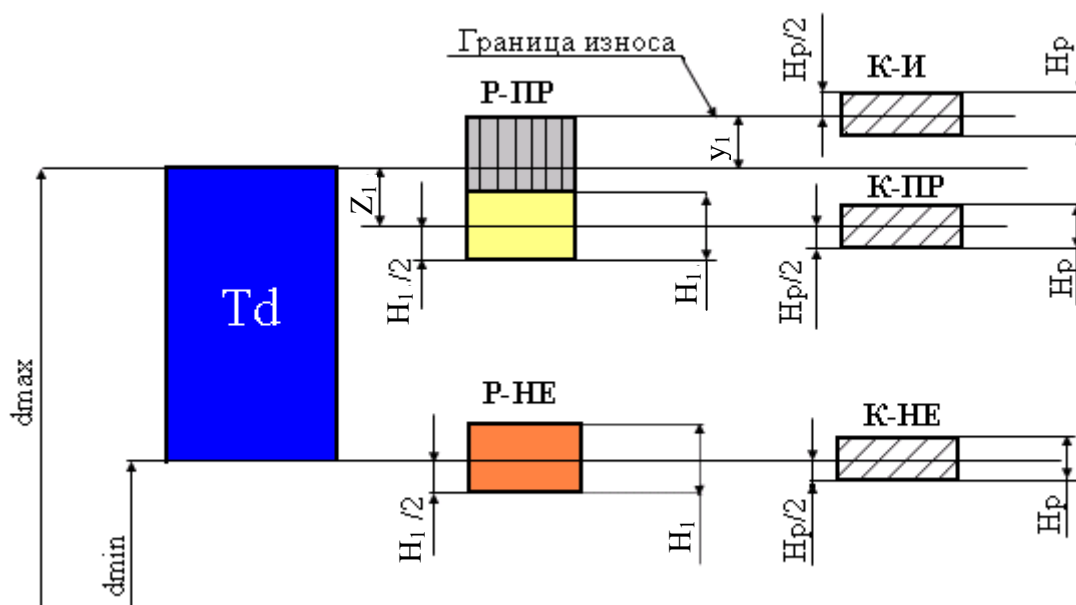


Рис. 3.20. Схема расположения полей допусков калибров для валов IT6-IT8

H_1 — допуск на изготовление калибров для вала,

H_p — допуск на изготовление контрольного калибра для скобы,

Z_1 — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера изделия,

y_1 — допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия [7].

Схемы расположения полей допусков калибров для размеров с 180 до 500 мм приведены в стандарте [7].

Примечание: определения, выделенные рамкой, данные во второй и третьей главе взяты из ГОСТ 25346-89.

Таблица 3.4. Допуски и отклонения калибров по ГОСТ 24853-81 (выборочно)

Квалитеты допусков изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм												Допуск на форму калибра	
		Размеры и допуски, мкм													
		до 3	св.3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80	св.80 до 120	св.120 до 180	св.180 до 250	св.250 до 315	св.315 до 400		св.400 до 500
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	
	H, H _s	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1
	Z, Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	Y, Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	
7	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	
	H, H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H _s	–	–	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое система допусков и посадок?
2. Какие основные признаки имеет система допусков и посадок?
3. Какое назначение имеют интервалы размеров и как они образуются?
4. От чего зависит и на что влияет единица допуска?
5. Каким образом нормируется точность в системе допусков и посадок?
6. Какая зависимость существует между допуском и качеством?
7. Какая зависимость существует между допуском и интервалом размеров?
8. Для чего используется понятие основного отклонения? Как обозначаются основные отклонения валов и отверстий на графическом изображении посадок?
9. Какие основные отклонения вала используются для образования посадок с зазором в системе отверстия?
10. Какие основные отклонения вала используются для образования посадок с натягом в системе отверстия?
11. Какие основные отклонения вала используются для образования переходных посадок в системе отверстия?
12. Для чего вводится понятие предпочтительных полей допусков и посадок?
13. В каких случаях используются внесистемные посадки?
14. Каким образом обозначаются посадки гладких цилиндрических соединений на сборочных чертежах?
15. Каким образом обозначаются допуски на размеры на рабочих чертежах деталей?
16. Как обозначаются на чертеже предельные отклонения размеров с неуказанными допусками?
17. Какое основное отклонение используется для обозначения системы отверстия на графическом изображении посадки?
18. Какое основное отклонение используется для обозначения системы вала на графическом изображении посадки?
19. При какой температуре установлены предельные отклонения размеров деталей в нормативных документах?
20. Каким образом контролируют предельные размеры валов и отверстий?
21. Какое общее правило используется при контроле размеров валов и отверстий предельными калибрами?
22. Для какой точности изготовления детали используют предельные калибры при контроле размеров? Почему?
23. Как выглядит схема расположения полей допусков калибров для контроля отверстий? Для чего установлена граница износа проходного калибра?
24. Как выглядит схема расположения полей допусков калибров для контроля валов? Для чего предназначены контрольные калибры?
25. Почему поля допусков контрольных калибров располагаются относительно поля допуска контролируемого вала или отверстия так, как показано на схемах?
26. Как маркируются предельные калибры?

4. ОСОБЕННОСТИ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

4.1. Допуски и посадки подшипников качения

Подшипники качения являются универсальными узлами и служат опорами вращающихся частей механизмов и машин и работают в условиях преобладающего трения качения, заменяя собой подшипники скольжения. Впервые в мире производство подшипников качения было организовано в Германии в 1883 г. и примерно тогда же в США. В России первые мастерские по сборке подшипников были созданы в 1916 г. Первый специализированный завод подшипниковой промышленности на территории России был пущен в 1932 г. (государственный подшипниковый завод ГПЗ –1) в городе Москве.

Подшипники качения, работающие при самых разнообразных нагрузках и частотах вращения, должны обеспечивать точность и равномерность перемещений подвижных частей машин и приборов, а также обладать высокой долговечностью. *Работоспособность* подшипников качения в большой степени зависит от качества материалов, из которых они изготовлены, от точности их изготовления, характера соединения с сопрягаемыми деталями и условиями эксплуатации [10].

Подшипник качения – это узел механизма, являющийся опорой для вращающихся валов. Подшипники воспринимают усилие, действующее на вал в радиальном и осевом направлении, и допускают вращение этого вала вокруг оси (рис. 4.1)

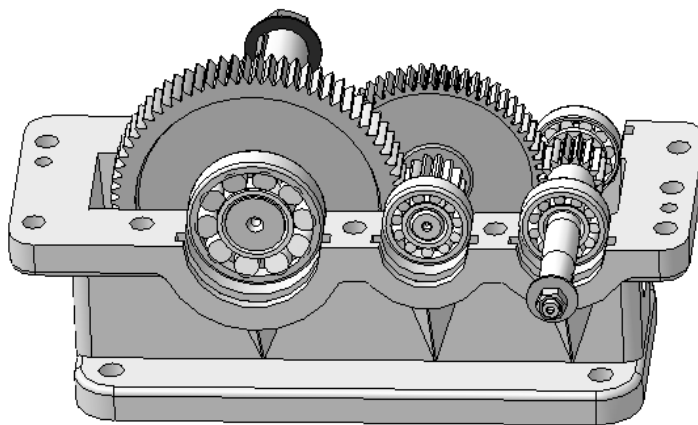


Рис. 4.1. Валы, установленные в корпусе редуктора на подшипниках качения

В подавляющем большинстве случаев подшипники качения изготавливаются в виде отдельного узла, состоящего из *наружного* и *внутреннего* колец и расположенных между ними *тел качения* (шариков или роликов) и детали, удерживающей тела качения на определенном расстоянии одного от другого (*сепаратор*) (рис. 4.2).

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники разделяются на радиальные, радиально-упорные, упорные.

По форме тел качения разделяют шариковые, роликовые цилиндрические, роликовые конические и др.

По числу рядов тел качения разделяют однорядные (рис. 4.3), двухрядные (рис. 4.2) и многорядные подшипники.



Рис. 4.2. Роликовый двухрядный подшипник качения:

1 – наружное кольцо подшипника;
2 – внутреннее кольцо подшипника;
3 – сепаратор; 4 – тела качения (ролики)

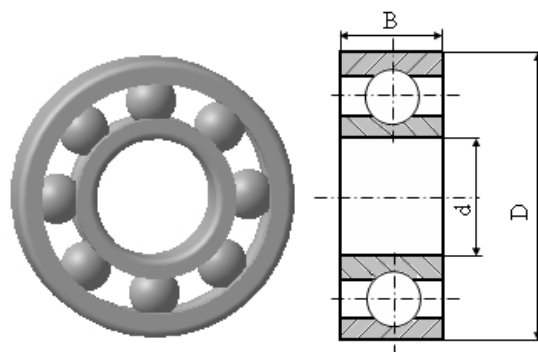


Рис. 4.3. Шариковый однорядный подшипник качения:

B – ширина подшипника;
 d – посадочный диаметр внутреннего кольца;
 D – посадочный диаметр наружного кольца

Особенности нормирования точности подшипников качения

В настоящем разделе мы будем рассматривать вопросы нормирования точности только в отношении *собранных подшипников* и образования посадок с использованием таких подшипников [2].

Подшипник качения – это стандартный узел, обладающий внешней взаимозаменяемостью своими присоединительными поверхностями.

При изготовлении подшипников не обеспечивается полная взаимозаменяемость, т. е. если разобрать несколько одинаковых подшипников и перемешать детали, то при их повторной сборке подшипники могут либо не собраться, либо их эксплуатационные показатели будут снижены.

Установлено несколько классов точности подшипников (ГОСТ 520-2002) в зависимости от используемых тел качения и от направления воспринимаемой нагрузки: **Классы 0, 6, 5, 4, 2, Т** – для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников.

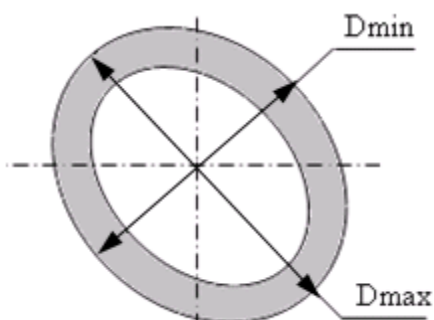
Классы 0, 6, 6X, 5, 4, 2 – для роликовых конических подшипников.

Классы 0, 6, 4, 2 – для упорных и упорно-радиальных подшипников.

Наиболее грубым является класс **0**, а наиболее точным – классы **2** и **Т**. Также нормируются дополнительные, более грубые классы **8** и **7**, по точности ниже, чем класс **0**. Эти классы поставляются по заказам потребителя.

Кольцо подшипника имеет погрешность формы. Вследствие этого, допуск назначается и на номинальный диаметр, и на средний диаметр кольца, который определяется расчетом как среднее арифметическое наибольшего и наименьшего диа-

метров, измеренных в двух крайних сечения кольца в одной радиальной плоскости перпендикулярной к оси (рис. 4.4) [10].



$$D_m = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2},$$

D_{\max} – наибольший измеренный размер;
 D_{\min} – наименьший измеренный размер.
 D_m – средний диаметр кольца.

Рис. 4.4. Наружное кольцо подшипника

Некоторые поля допусков на диаметры колец подшипников качения, отверстий в корпусах и валов представлены на рис. 4.5. Полный перечень этих полей допусков приведен в ГОСТ 3325-85. В стандарте выделены посадки обычного и ограниченного применения.

В данном случае речь идет о полях допусков на элементы деталей (валы и отверстия в корпусах), которые потребитель подшипников должен будет обработать, чтобы получить тот или иной характер сопряжения с подшипником.

Посадку соединения *наружного кольца с корпусом* назначают в *системе вала*, а посадку *внутреннего кольца с валом* – в *системе отверстия*. Однако поле допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца расположено в «минус» от номинального размера (а не в «плюс», как у обычного основного отверстия).

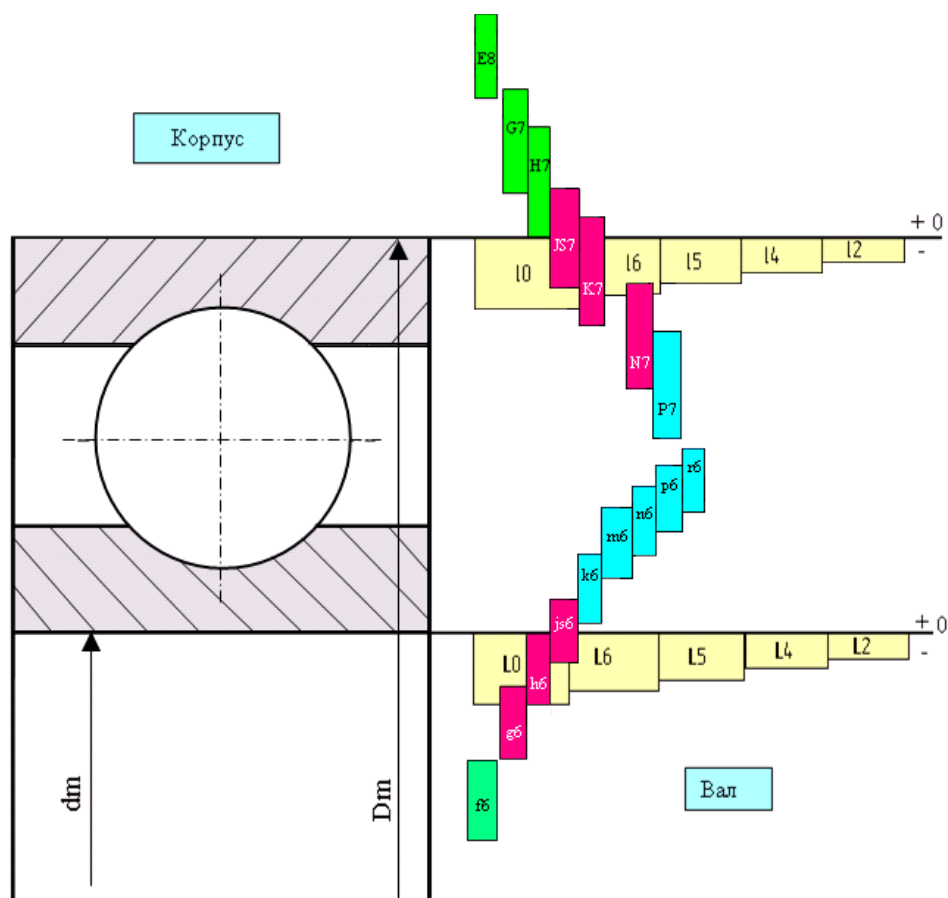


Рис. 4.5. Схема расположения полей допусков для подшипников качения (выборочно)

При таком перевернутом расположении поля допуска можно получать посадки с небольшими гарантированными натягами, используя для валов поля допусков **п6, m6, k6**. Посадки с большими натягами не применяют из-за тонкостенной конструкции колец и возможности заклинивания тел качения.

Полный набор полей допусков, используемых для образования посадок с подшипниками качения, приведен в [10, с.261].

Значения допусков на размеры колец подшипников *не совпадают* со значениями допусков для гладких цилиндрических соединений, из соответствующих интервалов размеров и приводятся в табл. 4.2.

К посадочным поверхностям под подшипники качения предъявляют повышенные требования к *точности формы и качеству поверхности*. Отклонения формы поверхностей корпусов и валов не должны превышать для подшипников **0 и 6 классов** значений, равных **IT/4**, а для подшипников **5 и 4 классов** – **IT/8**. Наиболее значительное отрицательное влияние на работоспособность подшипников качения оказывают конусообразность и овальность посадочных поверхностей, поэтому для этих поверхностей указывают *допуск круглости* и *допуск профиля продольного сечения*. Шероховатость поверхностей устанавливается в зависимости от класса точности подшипника и диаметра (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Шероховатость по параметру Ra (мкм) для посадочных мест и опорных торцевых поверхностей

Посадочная поверхность	Класс точности подшипника	Диаметр подшипника	
		До 80 мм	св.80 до 500 мм
Вал	0	1,25	2,5
	6 и 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
	2	0,16	0,32
Отверстие в корпусе	0	1,25	2,5
	6,5,4	0,63	1,25
	2	0,32	0,63
Опорные торцы заплечиков валов и корпусов	0	2,5	2,5
	6,5,4	1,25	2,5
	2	0,63	0,63

Посадочные и опорные поверхности деталей под подшипники, как правило, имеют самые высокие требования к шероховатости поверхности (приложение 13).

Подшипники качения, изготовленные с соблюдением технологии, выдерживают значительные нагрузки, долговечны и неприхотливы в эксплуатации (требуют периодической смазки). Имеются конструкции подшипников качения с маслозащитными шайбами, в таких подшипниках густая смазка закладывается в них при сборке и в процессе эксплуатации они не нуждаются в смазывании. Из-за своих достоинств подшипники качения вытесняют подшипники скольжения (ПС), для эксплуатации которых необходим постоянный подвод масла в рабочую зону. ПС находят применение только в тех случаях, когда это технически целесообразно.

Таблица 4.2. Нижние предельные отклонения размеров колец подшипников, мкм (верхние отклонения равны нулю)

Виды подшипников		Подшипники шариковые и шариковые радиально-упорные					Подшипники роликовые конические				
Классы подшипников		4	5	6	0	4	5	6	0		
Номинальные диаметры, мм	Кольца внутренние (L)	св.2,5до10	-4	-5	-7	-8	-	-	-	-	
		св.10до18	-4	-5	-7	-8	-5	-7	-7	-8	
		св.18до30	-5	-6	-8	-10	-6	-8	-8	-10	
		св.30до50	-6	-8	-10	-12	-7	-10	-10	-12	
		св.50до80	-7	-9	-12	-15	-8	-12	-12	-15	
		св.80до120	-8	-10	-15	-20	-10	-15	-15	-20	
		св.120до180	-10	-13	-18	-25	-13	-18	-18	-25	
		св.180до250	-12	-15	-22	-30	-15	-22	-22	-30	
		св.250до315	-	-18	-25	-35	-	-25	-25	-35	
		св.315до400	-	-23	-30	-40	-	-30	-30	-40	
		св.400до500	-	-	-35	-45	-	-	-	-	
		св.6до18	-4	-5	-7	-8	-	-	-	-	
		св.18до30	-5	-6	-8	-9	-6	-8	-8	-9	
		св.30до50	-6	-7	-9	-11	-9	-9	-9	-11	
		св.50до80	-7	-9	-11	-13	-9	-11	-11	-13	
Кольца наружные (D)	св.80до120	-8	-10	-13	-15	-10	-13	-13	-15		
	св.120до150	-9	-11	-15	-18	-11	-15	-15	-18		
	св.150до180	-10	-13	-18	-25	-13	-18	-18	-25		
	св.180до250	-11	-15	-20	-30	-15	-20	-20	-30		
	св.250до315	-13	-18	-25	-35	-18	-25	-25	-35		
	св.315до400	-15	-20	-28	-40	-20	-28	-28	-40		
	св.400до500	-	-23	-33	-45	-	-33	-33	-45		

Выбор посадок для колец подшипников

Можно сформулировать в общем виде следующие соображения, которыми необходимо руководствоваться при выборе посадок подшипников.

1. Нельзя устанавливать с *большим натягом* наружное и внутреннее кольца подшипников, так как в результате сборки может произойти заклинивание тел качения, и подшипник не будет выполнять свои функции.
2. Кольцо подшипника, которое соединяется с вращающимся элементом конструкции (валом или корпусом) должно устанавливаться с *гарантированным натягом*.
3. При двух-опорном вале (два подшипника на концах вала) посадка одного из не вращающихся колец должна быть с *гарантированным зазором*, для компенсации температурных деформаций вала или корпуса.
4. Для классов точности **0** и **6** рекомендуется для *валов* назначить квалитет **IT6**, а для *отверстий* – **IT7**. Для классов точности **2**, **4** и **5** для *валов* рекомендуется назначить квалитет **IT5**, а для *отверстий* – **IT6**.
5. Более точный расчет при выборе посадок должен выполняться с учетом степени и вида нагрузки каждого из колец.

По ГОСТ 3325-85 различают следующие *виды нагружений колец подшипников*:

1. Местное.
2. Циркуляционное.
3. Колебательное.

Кольца, которые подвергаются *местному нагружению*, должны устанавливаться с гарантированным зазором или по переходной посадке при минимальном натяге. Это необходимо для того, чтобы кольцо могло проворачиваться в процессе работы, и как следствие этого изнашивалось равномерно (рис. 4.6, 4.7).

При *циркуляционном нагружении* кольцо должно устанавливаться по посадке с натягом. Для того чтобы оно не проворачивалось в процессе работы и его износ происходил равномерно, так как сама нагрузка проходит последовательно по сопрягаемой поверхности.

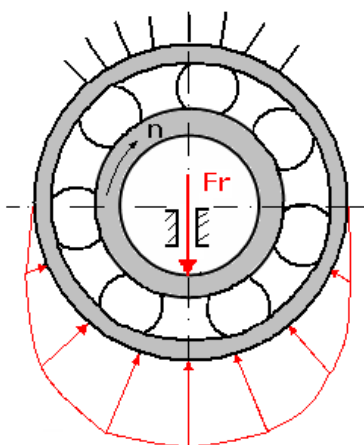


Рис. 4.6. Местное нагружение у наружного и циркуляционное у внутреннего кольца

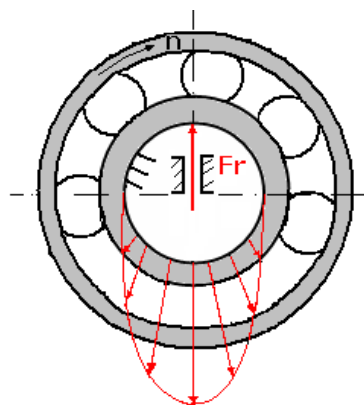


Рис. 4.7. Местное нагружение у внутреннего и циркуляционное у наружного кольца

При *колебательном нагружении* кольцо должно устанавливаться по переходной посадке для обеспечения возможности поворота кольца в процессе работы для равномерного износа.

Полный перечень полей допусков для образования посадок с подшипниками качения приведен в ГОСТ 3325-85 и в приложении к СТ СЭВ 773-77, в котором также рассмотрены случаи их использования. В стандарте выделены посадки обычного и ограниченного применения. Необходимо понимать, что в стандарте представлены поля допусков на элементы деталей (валы и отверстия в корпусах), которые потребитель подшипников должен будет обработать, чтобы получить необходимый характер сопряжения колец подшипников с этими элементами деталей.

Рекомендации по выбору полей допусков для установки подшипников качения в корпусе (под наружное кольцо) приводятся в табл. 4.3 [5, с.289].

Таблица 4.3. Рекомендуемые поля допусков для установки подшипников качения в корпусе (под наружное кольцо). По приложению к СТ СЭВ 773-77

Вращается корпус или вал	Характер нагружения кольца	Конструкция подшипниковых узлов	Режим работы подшипника	Класс точности подшипника			Примеры применения подшипниковых узлов
				10, 16	15, 14	12	
				Поля допусков корпусов			
Подшипники радиальные							
Вал	Местный	Корпус цельный или разъемный; наружное кольцо может перемещаться в осевом направлении	Нормальный или легкий; теплоотдача через вал	G7	–	–	Сушильные цилиндры бумагоделательных машин
				H8	–	–	Трансмиссионные валы с/х машин
			Тяжелый или нормальный	Js7, (J7)	Js6, (J6)	–	Электродвигатели, насосы, шпиндели металлорежущих станков
		Нагрузка динамическая $P > 0,15C$	H7, Js7, (J7)	–	–	Колесные пары ж/д транспорта и трамваев, большинство подшипниковых узлов общего машиностроения	
Вал или вал и корпус	Колебательный	Корпус цельный наружное кольцо не перемещается в осевом направлении	Нагрузки переменные по величине и направлению, высокая точность хода $P \leq 0,15C$	K6	K5, M5	K5	Роликподшипники цилиндрические для шпинделей металлорежущих станков
				H6	Js6, Js5	Js4	Шарикоподшипники для шлифовальных шпинделей и малых электромоторов
		Корпус цельный наружное кольцо легко перемещается в осевом направлении	Легкий, нагрузка переменного направления, высокая точность хода	H6, H7	H6, H5	H5, H4	Высокоскоростные электродвигатели для оборудования и высокоточных приборов

Вращается корпус или вал	Характер нагружения кольца	Конструкция подшипниковых узлов	Режим работы подшипника	Класс точности подшипника			Примеры применения подшипниковых узлов
				<i>l</i> ₀ , <i>l</i> ₆	<i>l</i> ₅ , <i>l</i> ₄	<i>l</i> ₂	
				Поля допусков корпусов			
Подшипники радиальные							
Корпус	Циркуляционный	Корпус цельный наружное кольцо не перемещается в осевом направлении	Нормальный, нагрузка переменная $P \leq 0,15C$	M7	–	–	Ролики ленточных транспортеров, колеса мостовых подъемных кранов
			Нормальный или тяжелый	N7	N6	–	Передние колеса автомашин и тягачей на шарикоподшипниках, коленчатые валы, канатные и натяжные шкивы
			Тяжелый; конструкция тонкостенная	P7	P6	–	Колеса самолетов, колеса автомобилей на конических подшипниках, ведущие барабаны гусеничных машин, колеса башенных подъемных кранов
Корпус или корпус и вал	Колебательный		Нормальный или тяжелый	K6, Js6, (J6), M6	M6, Js6, (J6), M5	M5	Для точных узлов, шпиндели тяжелых металлорежущих станков
				K7	–	–	Электродвигатели насосы, коробки передач, задние мосты автомобилей и тягачей
			Тяжелый; нагрузка динамическая	M7	–	–	Электродвигатели, тяговые электродвигатели

Рекомендации по выбору полей допусков для установки шариковых радиальных подшипников качения на вал (под внутреннее кольцо) приведены в табл. 4.4.

Рекомендуемые поля допусков для других типов подшипников (шариковых радиально-упорных, конических, роликовых цилиндрических и игольчатых и т. д.) представлены в [5, с. 292–295].

Посадки по наружному диаметру подшипника осуществляются в системе вала, чтобы уменьшить номенклатуру выпускаемых подшипников, и также готовое изделие экономически не целесообразно подвергать дополнительной обработке.

Таблица 4.4. Рекомендуемые поля допусков для установки подшипников качения на вал (под внутреннее кольцо). По приложению к СТ СЭВ 773-77

Вращается корпус или вал	Характер нагружения кольца	Режим работы подшипника	Разновидности и размеры подшипников	Класс точности подшипника			Примеры применения подшипниковых узлов
				L0, L6	L5, L4	L2	
				Поля допусков корпусов			
Вал	Циркуляционный	Легкий или нормальный, $0,07C < P \leq 0,15C$	Шариковые радиальные $d \leq 18$ мм	–	h5	–	Гидромоторы, электрошпиндели, центрифуги, с/х машины, редукторы коробок скоростей станков, цепные передачи, центробежные насосы
			Шариковые радиальные св. 18 мм до 100мм	k6, js6,	k5, js5, j5	js4, js3, k4, h4, h3	
	Циркуляционный или колебательный	Нормальный или тяжелый	Шариковые радиальные $d \leq 18$ мм		js5	h3	Электродвигатели мощностью до 100 кВт, коробки передач автомобилей и тракторов, шпиндели металлорежущих станков, крупные редукторы
			Шариковые радиальные св. 18 мм до 100 мм	k6, js6	k5	k4	
Корпус	Местный	Легкий и нормальный, требуется перемещение кольца на валу $P \leq 0,07C$	Шариковые подшипники всех диапазонов диаметров	g6, h6	–	–	Ролики ленточных транспортеров, опоры волновых передач
		Нормальный или тяжелый		g6, f6, js6, h6	–	–	Передние и задние колеса автомобилей (не приводные), тракторов, вагонов, самолетов
				h6	–	–	Блоки грузоподъемных машин, ролики рольгангов

Посадки по внутреннему диаметру подшипника осуществляются в системе отверстия. Необходимо размеры вала изготовить так, чтобы обеспечить необходимый характер сопряжения с внутренним кольцом подшипника.

Обозначение на сборочном чертеже посадок подшипников качения на валы и в отверстия корпусов

Как отмечалось выше, посадки по наружному диаметру подшипника осуществляются в системе вала, а по внутреннему диаметру в системе отверстия.

Обозначение посадок такое же, как принято в ЕСПД, т. е. в виде дроби, когда в числителе указывают поле допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала. Одним из полей допусков является допуск кольца подшипника (рис. 4.8, 4.9).

Обозначения могут осуществляться несколькими вариантами:

Обозначения посадки подшипника на вал (в системе отверстия):

$\text{Ø}50 \text{ L0/js6}$ или $\text{Ø}50 \text{ L0} - \text{js6}$.

Обозначение посадки подшипника в отверстие корпуса (в системе вала):

$\text{Ø}90 \text{ H7/l0}$ или $\text{Ø}90 \text{ H7} - \text{l0}$.

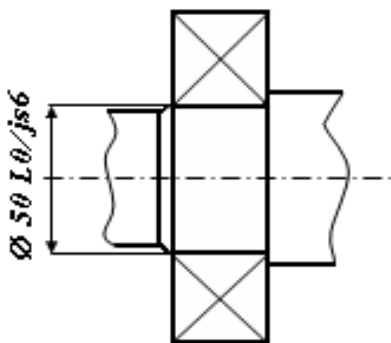


Рис. 4.8 Обозначение посадки внутреннего кольца подшипника на вал

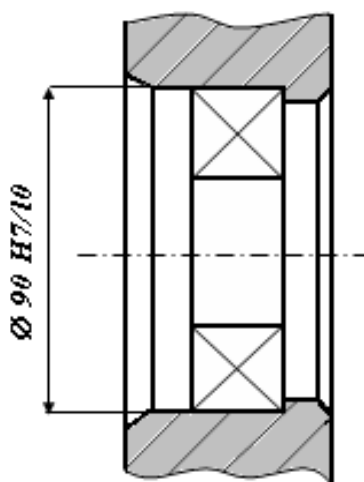


Рис. 4.9. Обозначение посадки наружного кольца подшипника в корпус

Стандартом допускается не указывать поле допуска кольца подшипника. Такое обозначение повсеместно используется в производстве. Но недостатком такого обозначения является отсутствие в явном виде информации о точности используемого подшипника: $\text{Ø}90 \text{ H7}$.

4.2. Нормирование точности шпоночных и шлицевых соединений

Шпоночные соединения

Шпоночным соединением называют соединение вала с установленной на нем втулкой посредством шпонки, т. е. детали, представляющей собой призматический, клинообразный или сегментный брусок

В шпоночных соединениях имеется вал и отверстие, как и в гладких соединениях. На валу и во втулке этого соединения имеются пазы, расположенные вдоль оси. В эти пазы вала и втулки вставляется шпонка, которая дает возможность валу и втулке вращаться вместе (рис. 4.10, 4.11, 4.12, 4.13).

Различают соединения с *призматическими, сегментными и клиновыми шпонками* (рис. 4.12, 4.14, 4.15).

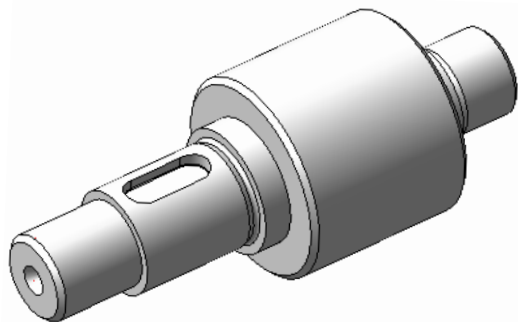


Рис. 4.10. Вал со шпоночным пазом

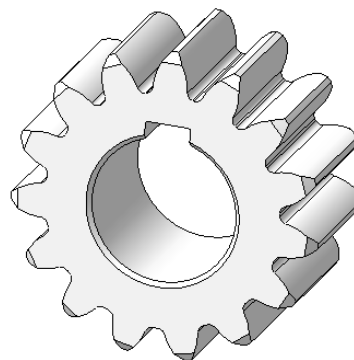


Рис. 4.11. Шестерня со шпоночным пазом

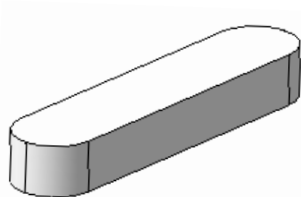


Рис. 4.12. Шпонка призматическая

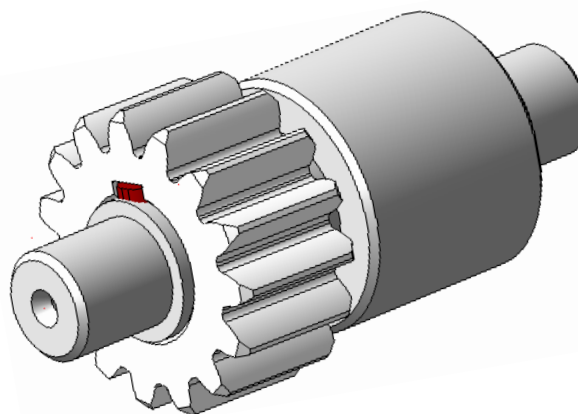


Рис. 4.13. Вал и шестерня, соединенные шпонкой

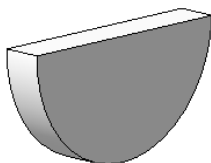


Рис. 4.14. Шпонка сегментная

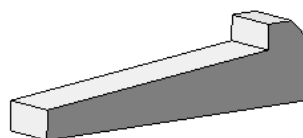


Рис. 4.15. Шпонка клиновья

Рассмотрим соединение призматическими шпонками. Такие виды сопряжений деталей используют обычно для соединения втулки с валом диаметром от 6 до 500 мм (рис. 4.16).

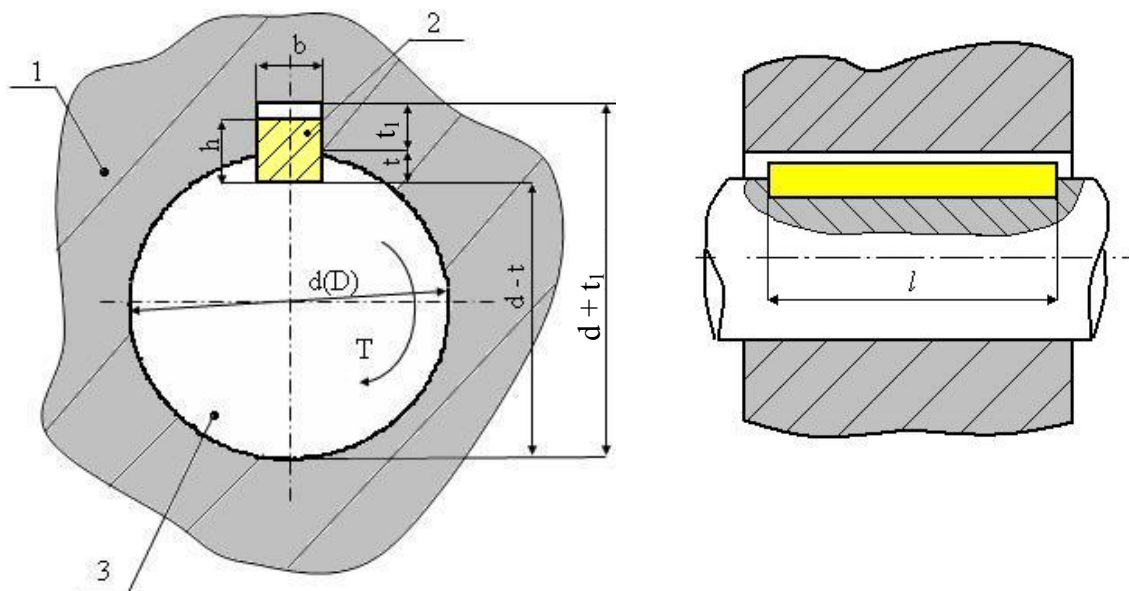


Рис. 4.16. Соединение призматической шпонкой,

1 – втулка; 2 – шпонка; 3 – вал;

t – глубина шпоночного паза на валу; t_1 – глубина шпоночного паза во втулке;

l – длина шпонки; T – крутящий момент; d – диаметр вала; D – диаметр отверстия втулки

Условное обозначение шпонки: **b x h x l**;

b – ширина шпонки; **h** – высота шпонки; **l** – длина шпонки.

Например: 18x11x100 ГОСТ 23360-78.

Нормирование точности размеров элементов шпоночного соединения аналогично нормированию гладких сопряжений указанием полей допусков на сопрягаемые элементы.

Эти поля допусков представлены в ГОСТ 25347-82.

Нормирование точности шпонок производится в зависимости от их габаритных размеров. Для ширины шпонки (**b**) нормируется одно поле допуска **h9**. Для высоты (**h**) – обычно поле допуска **h11** и **h9** (для шпонок высотой 2...6мм поле допуска **h9**) и для длины (**l**) – поле допуска **h14**.

Нормирование точности шпоночных пазов на валу и во втулке задаются в зависимости от вида сопряжений, которые разделяются на три группы с различными требованиями к точности ширины пазов:

1. Свободное.
2. Нормальное.
3. Плотное.

Свободное соединение – это соединение с гарантированным зазором. Для этих соединений точность нормируется полем допуска **H9** для ширины паза на валу и **D10** для ширины паза во втулке.

Нормальное соединение – это соединение с переходной посадкой с большей вероятностью получения зазора. Для этих соединений поле допуска **N9** задается для ширины паза на валу и **JS9** для ширины паза во втулке.

Плотное соединение – это соединение с переходной посадкой и с приблизительно равной вероятностью зазоров и натягов. В этих соединениях для пазов вала и втулки нормируется одно поле допуска **P9** (рис. 4.17).

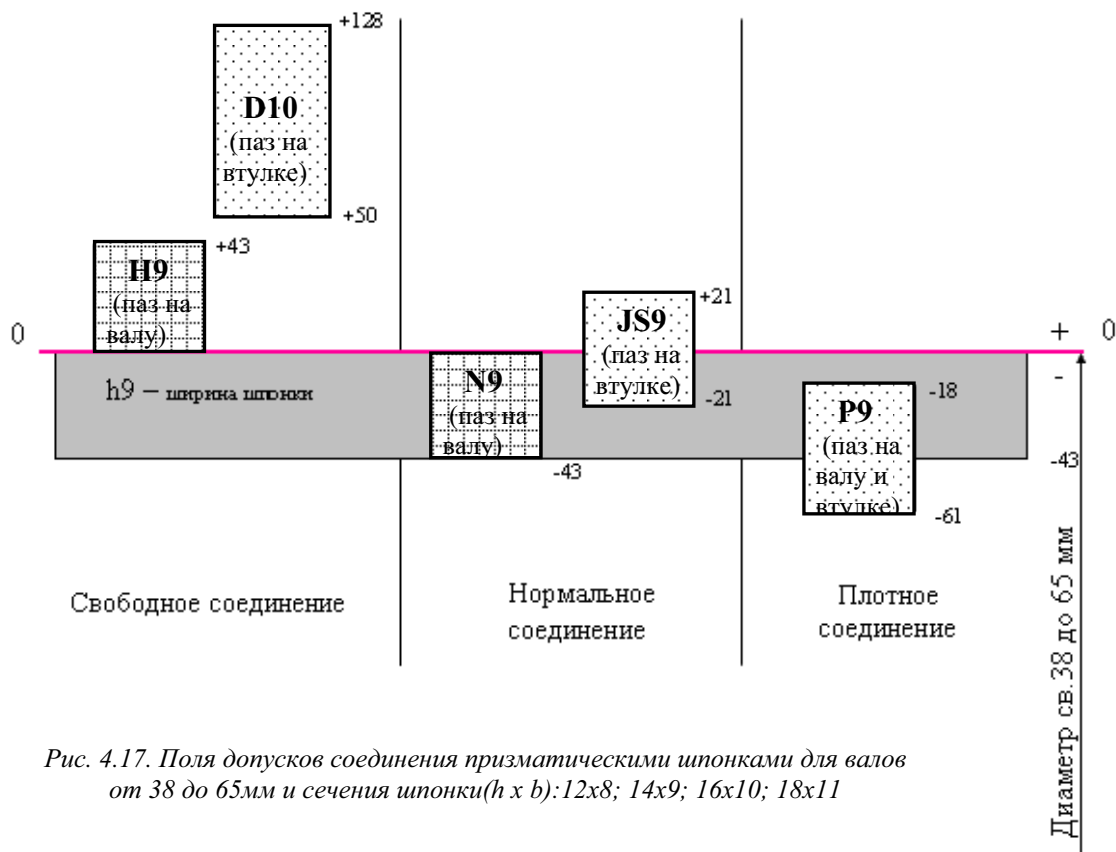


Рис. 4.17. Поля допусков соединения призматическими шпонками для валов от 38 до 65мм и сечения шпонки($h \times b$): 12x8; 14x9; 16x10; 18x11

Требования к точности *глубины пазов* установлены в пределах от $-0,1$ до $-0,3$ мм на валу и от $+0,1$ до $+0,3$ мм во втулке, в зависимости от номинального размера. На длину паза установлено одно поле допуска **H15**.

Для шпоночного паза существуют требования к симметричности его расположения и параллельности боковых поверхностей паза относительно оси (см. приложение 16).

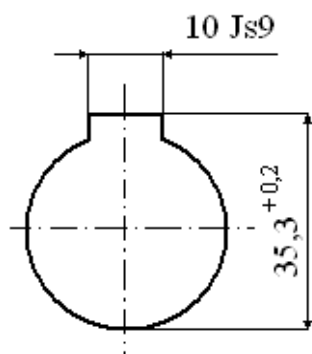


Рис. 4.18. Нормирование точности шпоночного паза во втулке

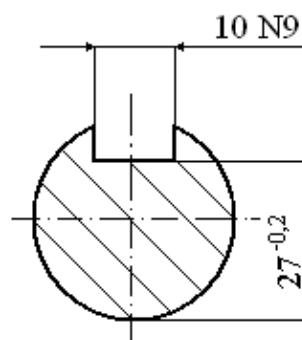


Рис. 4.19. Нормирование точности шпоночного паза на валу

Сопряжение шпонок с валом и втулкой производится в *системе вала*, т. е. дается одно поле допуска для ширины шпонки (вала) ($h9$) и пять полей допусков для ширины паза у втулок и валов (см. рис. 4.17). В связи с необходимостью использовать посадки в системе вала металлургическая промышленность выпускает специальный прокат для призматических шпонок (сталь чистотянутая для шпонок) и поскольку малы затраты на обработку шпонок это подтверждает экономическую целесообразность использования *системы вала*. На чертеже точность изготовления шпоночных пазов на валу и во втулке нормируют так, как показано на рис. 4.18, 4.19 [10, 12].

Шлицевые соединения

Шлицевым соединением (Ш.С.) называется разъемное соединение вала с втулкой, когда на валу имеются зубья (выступы), а во втулке – соответствующие впадины (шлицы) (рис. 4.20, 4.21, 4.22)

Основное назначение Ш.С. – это передача крутящего момента.

Охватывающую поверхность внутреннего цилиндра обычно в этих соединениях называют *втулкой*.

Ш.С. применяют когда необходимо обеспечить передачу больших крутящих моментов и, кроме того, в случаях когда необходимо обеспечить относительно высокие требования к соосности (центрированию) вала и втулки. Различают *прямоугольные, эвольвентные и треугольные* шлицевые соединения. Треугольные Ш.С. применяют в основном для мелких деталей и клеммовых соединений.

Рассмотрим прямоугольные шлицевые соединения. Этот вид сопряжений используются в подвижных (с зазором) и неподвижных (с натягом) соединениях. Для сопряжения деталей с наружным диаметром **от 14 до 125 мм**.

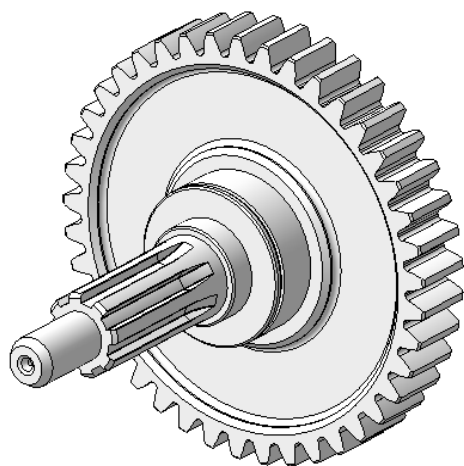


Рис. 4.20. Вал шестерня со шлицами

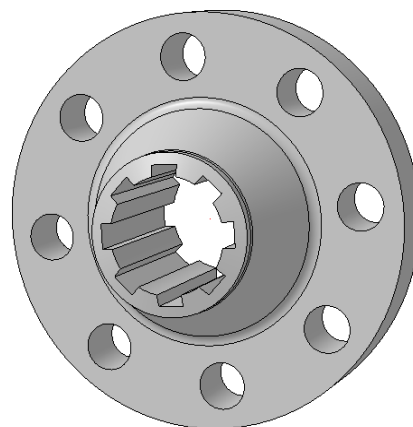


Рис. 4.21. Втулка со шлицами

При выборе размеров шлицевых соединений (ГОСТ 1139-80), выделяют *легкие, средние и тяжелые серии*, которые отличаются, в основном, разными сочетаниями чисел зубьев (шлицев – z), размерами внутреннего (d) и наружного (D) диаметров и шириной (b) зуба (паза).

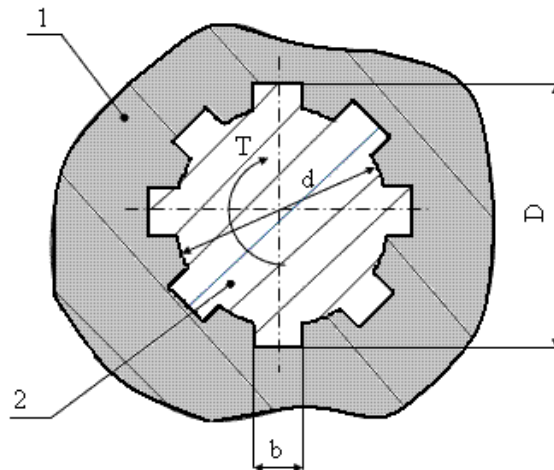


Рис. 4.22. Шлицевое соединение,
 1 – втулка; 2 – вал;
 D – наружный диаметр; d – внутренний диаметр; b – ширина шлицев;
 T – крутящий момент

Стандартом определены сочетания $z \times d \times D$, которые можно использовать. Необходимость нормирования сочетаний диаметров и числа зубьев объясняется тем, что втулки шлицевого соединения получаются, в основном, способом протягивания. Инструмент для этого процесса – протяжка – изготавливается под определенный размер втулки и для определенного числа шлицев (рис. 4.23). Поэтому весьма важно внести ограничения типоразмеров этих втулок, так как инструмент протяжка очень сложный и дорогой. Нельзя допускать произвольное сочетание диаметров и количества зубьев.

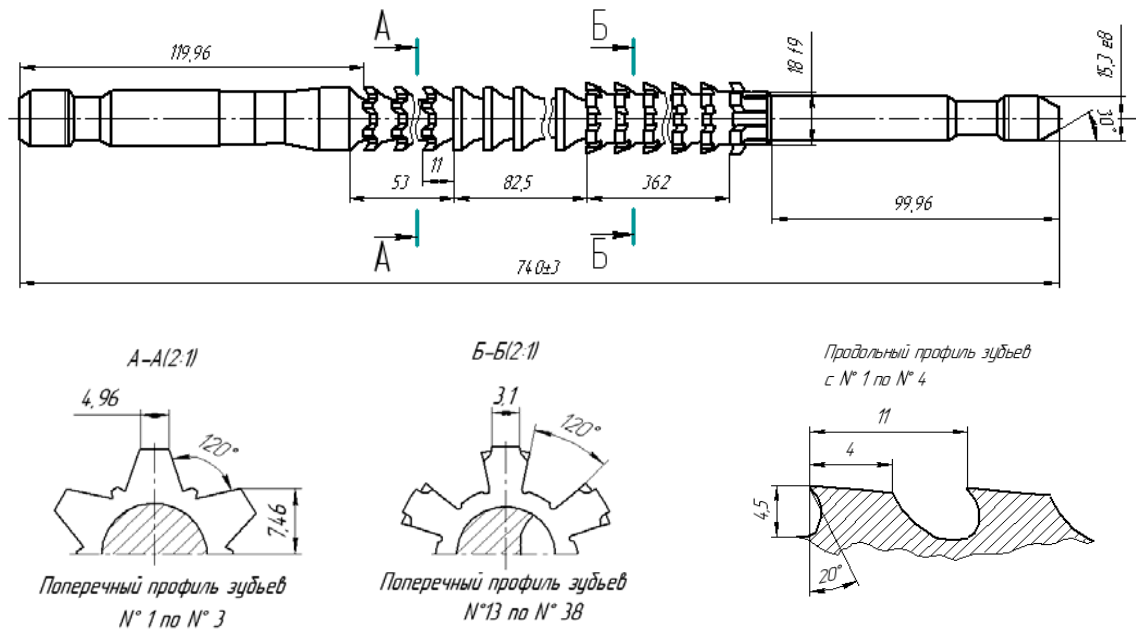


Рис. 4.23. Шлицевая протяжка

Особенностью Ш.С. является то, что посадка деталей осуществляется одновременно по трем поверхностям: по наружной поверхности, по внутренней и по

боковым сторонам шлицев. Поэтому возникает необходимость нормировать три посадки. Посадки эти должны быть разными по точности, так как если изготовить все поверхности с высокой точностью, то невозможно будет обеспечить сборку шлицевого соединения.

Центрирование при образовании шлицевого соединения обеспечивается совмещением осей вала и втулки.

Различают три вида центрирования: *по наружному диаметру (D)*, *по внутреннему диаметру (d)*, *по боковым сторонам шлицев (b)* [5, 10].

Центрирование по (D) используется для подвижных и неподвижных соединений, при передаче небольших крутящих моментов и в других соединениях, подвергаемых малому износу.

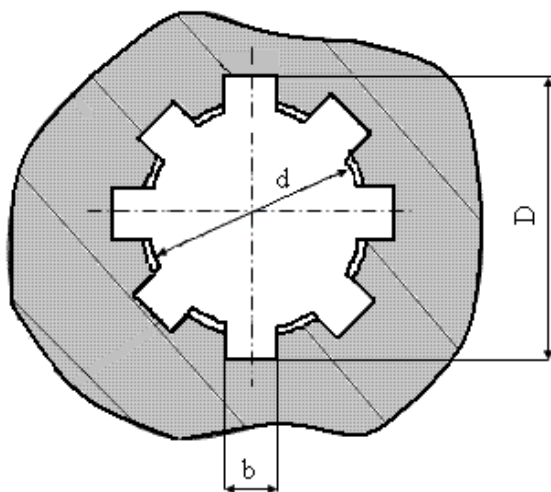


Рис. 4.24. Центрирование по наружному диаметру

диаметр вала (D) – **js6**; ширина шлицев втулок (b) – **F8**; ширина шлицев на валу (b) – **js7**.

Пример: H7/js6 для **D** и F8/js7 для **b**.

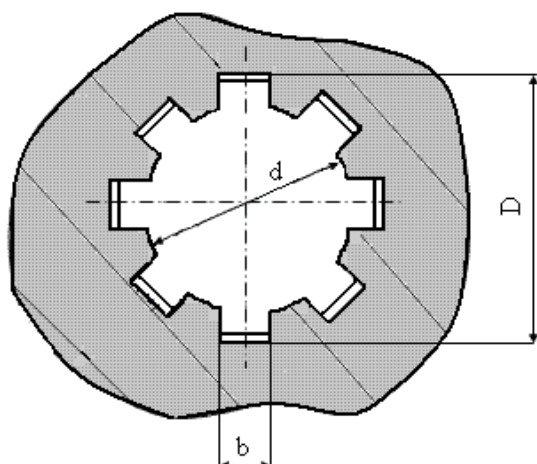


Рис. 4.25. Центрирование по внутреннему диаметру

Пример: H8/e8; H7/g6; H7/f7 для **d** и D9/d9; D9/f9; F10/f9 для **b**.

Для обеспечения этого сопряжения втулка должна изготавливаться с небольшой твердостью, чтобы обеспечить обработку чистовой протяжкой. Вал может иметь большую твердость и обрабатывается шлифованием по наружному диаметру. Этот способ центрирования наиболее простой и экономичный (рис. 4.24).

Подвижное соединение: наружный диаметр втулки (D) – **H7**; наружный диаметр вала (D) – **f7, g6, h7**; ширина шлицев втулок (b) – **D9, F8, F10**; ширина шлицев на валу (b) – **d9, h9, f7, f8**.

Пример: H7/f7; H7/g6; H8/h7 для **D** и D9/d9; F8/f8; F10/h9 для **b**.

Неподвижное соединение: наружный диаметр втулки (D) – **H7**; наружный

диаметр вала (D) – **js6**; ширина шлицев втулок (b) – **F8**; ширина шлицев на валу (b) – **js7**.

Центрирование по (d) используется для получения высокой точности совмещения осей вала и втулки. Для обеспечения этого сопряжения меньшее отверстие во втулке и поверхности впадин на валу могут быть окончательно обработаны шлифованием. Это сопряжение используется, когда и втулка и вал должны иметь большую твердость. Этот способ центрирования дорогой, но наиболее точный (рис. 4.25).

Подвижное соединение: внутренний диаметр (d) втулки – **H8, H7**; внутренний диаметр (d) вала – **e8, f7, g6, h7**. Ширина шлицев втулок (b) – **D9, F10**; ширина шлицев на валу (b) – **d9, f9**.

Неподвижное соединение: внутренний диаметр (d) втулки – **H8, H7**; внутренний диаметр (d) вала – **h7, js7, n6**; ширина шлицев втулок(b) – **H8, F10**; ширина шлицев на валу(b) – **h8, h9**.

Пример: H7/h7; H7/js7; H7/n7 для d и H8/h8; F10/h9 для b.

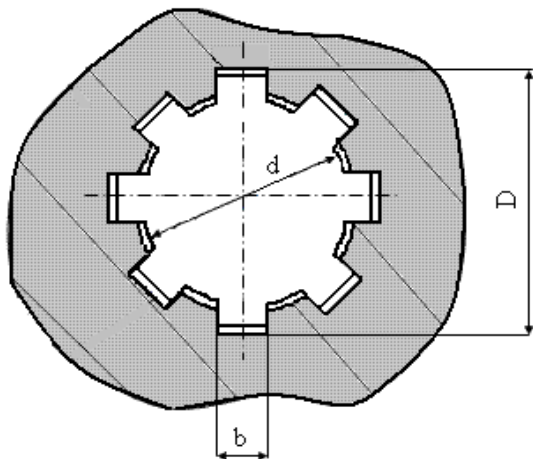


Рис. 4.26. Центрирование по боковым сторонам шлицев

Центрирование по (b) используется, когда необходимо передать большие крутящие моменты, особенно при знакопеременной нагрузке, тем более с реверсированием. При этом способе не обеспечивается высокая точность совпадения осей вала и втулки, и поэтому он применяется значительно реже, чем два других (рис. 4.26).

Подвижное соединение: ширина шлицев втулок (b) – **D9, F10**; ширина шлицев на валу (b) – **d9, e8, f8**.

Пример: D9/e8; D9/f8; F10/d9 для b.

Неподвижное соединение: ширина шлицев втулок (b) – **F8**; ширина шлицев на валу (b) – **js7**.

Пример: F8/js7 для b.

Поля допусков на размеры не центрирующих поверхностей:

При центрировании по наружному диаметру (D) или по боковым сторонам шлицев (b): внутренний диаметр (d) втулки – **H11** (подвижное и неподвижное соединение). Внутренний диаметр (d) вала не нормируется

При центрировании по внутреннему диаметру (d) или по боковым сторонам шлицев (b): наружный диаметр вала (D) – **a11, f9, h10** (подвижное и неподвижное соединение). Наружный диаметр втулки (D) – **H11, H12** (подвижное и неподвижное соединение).

Пример: H12/a11 для D при центрировании по d или b.

Полный перечень рекомендуемых посадок шлицевых прямобочных соединений приведен в стандарте ГОСТ 1139-80, который полностью соответствует СТ СЭВ 187-75. В этих стандартах также даются размеры и число зубьев шлицевых соединений общего назначения с прямобочным профилем шлицев.

Условное обозначение прямобочных шлицевых соединений валов и втулок

При условном обозначении прямобочного шлицевого соединения на первом месте указывается центрирующая поверхность, затем число шлицев, после этого внутренний диаметр соединения и посадка по этому диаметру, затем наружный диаметр и посадка по этому диаметру и в последнюю очередь указывается ширина шлицев и посадка шлицев вала в соответствующие пазы втулки.

Центрирование по внутреннему диаметру (d):

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{js7} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{F10}{h9}$$

Это обозначение указывает, что Ш.С. образовано при центрировании по внутреннему диаметру (d), имеет число зубьев $z = 8$, значение внутреннего диаметра $d = 36\text{мм}$ и посадка по внутреннему диаметру $H7/js7$, значение наружного диаметра $D = 40\text{мм}$ и посадка по этому диаметру $H12/a11$, значение ширины шлицев $b = 7\text{мм}$ и посадка по шлицам $F10/h9$.

Допускается *сокращенное обозначение*, при котором посадка на нецентрирующую поверхность может не указываться. При этом посадка по ширине шлицев указывается всегда.

Центрирование по внутреннему диаметру (d):

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{js7} \times 40 \times 7 \frac{F10}{h9}$$

Центрирование по наружному диаметру (D):

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}$$

Центрирование по боковым сторонам (b):

$$b - 8 \times 36 \times 40 \times 7 \frac{F8}{js7}$$

Структура обозначения вала и втулки аналогична обозначению сопряжения, но с указанием полей допусков только для одного элемента соединения, например:

для втулки: $d - 8 \times 36 H7 \times 40 H12 \times 7 F10$,

для вала: $d - 8 \times 36 js7 \times 40 a11 \times 7 h9$.

Внимание! При условном обозначении Ш.С. разрешается не указывать посадку или поле допуска по нецентрирующим поверхностям, но для ширины шлицев поля допусков и посадки надо указывать обязательно в любом случае.

На рис. 4.27, 4.28, 4.29 приводятся примеры обозначения шлицевых соединений и их элементов на чертежах.

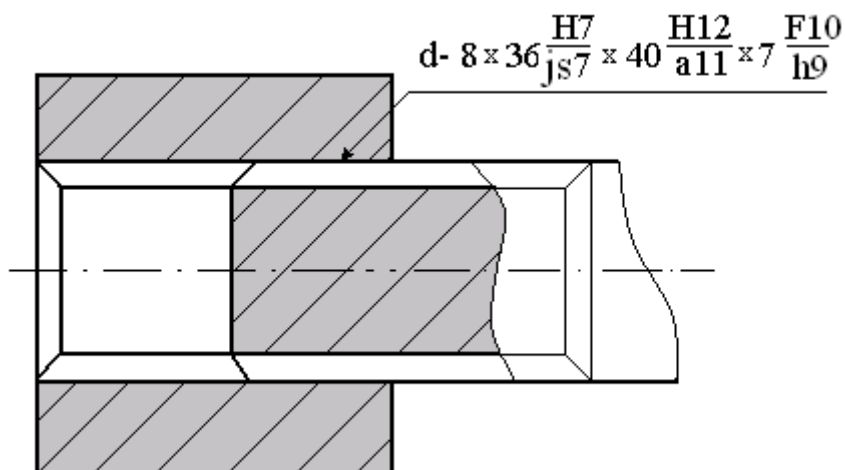


Рис. 4.27. Условное обозначение прямобочного шлицевого соединения на сборочном чертеже

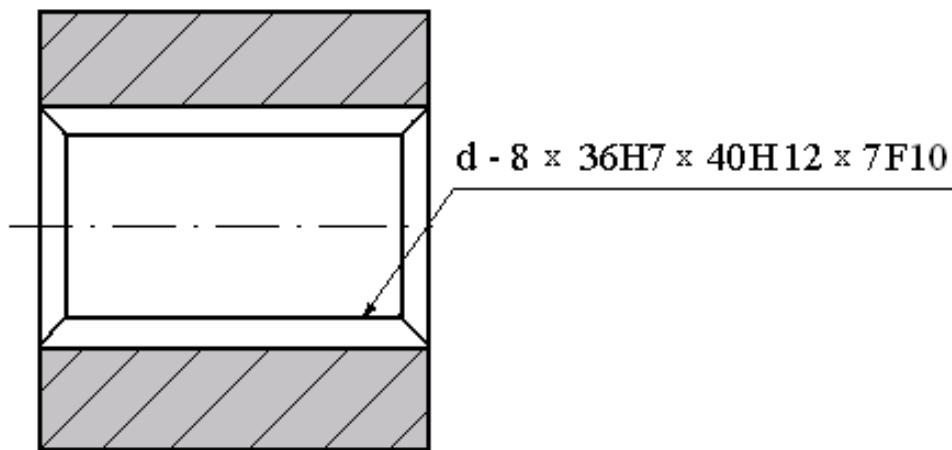


Рис. 4.28. Условное обозначение шлицев во втулке

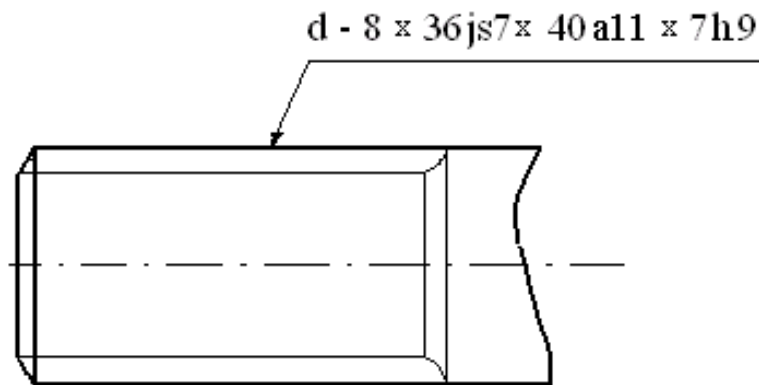


Рис. 4.29. Условное обозначение шлицев на валу

4.3. Нормирование точности метрической резьбы

Резьбовые соединения, используемые в машиностроении

Резьбовые соединения широко используются в конструкциях машин, аппаратов, приборов, инструментов и приспособлений различных отраслей промышленности. В большинстве современных машин свыше 60 % всех деталей имеют резьбы.

Резьбовым соединением называется соединение двух деталей с помощью резьбы, т. е. элементов деталей, имеющих один или несколько равномерно расположенных винтовых выступов постоянного сечения, образованных на боковой поверхности цилиндра или конуса

Наружную резьбу для краткости называют *болтом (винтом)* (рис. 4.30), а внутреннюю – *гайкой* (рис. 4.31).

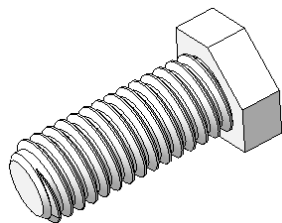


Рис. 4.30. Болт (винт)

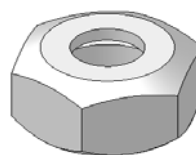


Рис. 4.31. Гайка

Профилем резьбы называется общий для наружной и внутренней резьбы контур сечения канавок и выступов в продольной плоскости, проходящей через ось резьбы

В зависимости от профиля, т. е. от вида фигуры в сечении, резьба бывает треугольной, трапециидальной, упорной (пилообразной), круглой, прямоугольной и трубной (рис. 4.32).

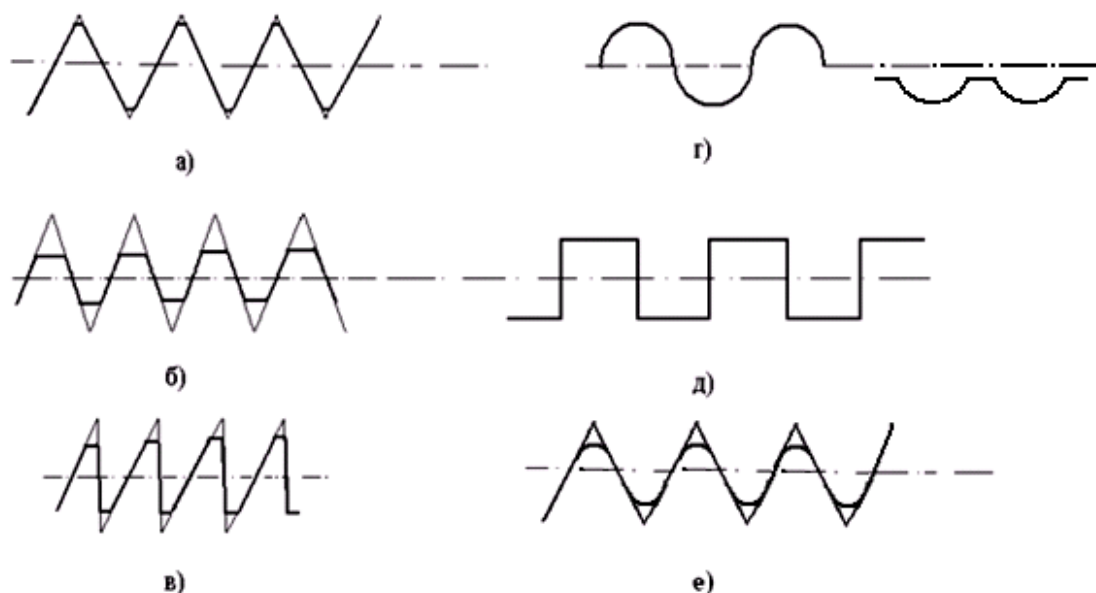


Рис. 4.32. Профили резьбы

а) треугольная; б) трапециидальная; в) упорная (пилообразная); г) круглая; д) прямоугольная; е) трубная

По назначению различают резьбы общего применения и специальные. В зависимости от вида поверхности, на которой она получена, резьба разделяется на цилиндрическую и коническую. Кроме того резьбы разделяют на наружные и внутренние.

По числу заходов резьбы бывают однозаходные и многозаходные.

В зависимости от направления вращения контура осевого сечения: резьбы делятся на правые и левые.

По принятой единице измерения линейных размеров: резьбы делятся на метрические и дюймовые.

По области применения резьбы бывают следующих видов:

1. Крепежная резьба: используется для обеспечения разъемного соединения. К этим резьбам предъявляются требования прочности соединения при длительной эксплуатации. Она обычно имеет треугольный профиль и наиболее распространена.

2. Кинематическая резьба: используется для преобразования вращательных движений в поступательные в винтовых механизмах. Такие резьбы применяют в качестве ходовых винтов для станков, в домкратах, прессах и т. д. Эти резьбы обычно имеют трапециидальный, пилообразный или прямоугольный контур. Основное требование к этим резьбам – обеспечение точного и плавного перемещения. Во многих случаях они должны обладать способностью выдерживать большие нагрузки.

3. Трубная и арматурная резьба: трубная цилиндрическая и коническая используются для соединения труб в нефтеперерабатывающей промышленности, сантехническом оборудовании и т.п. Эти резьбы обычно имеют треугольный профиль ($\alpha = 55^\circ$) со скругленными вершинами и впадинами. Основное требование к этим резьбам – это обеспечение герметичности и прочности соединения. Резьба с круглым профилем редко применяется в машиностроении. Она используется в основном для тонкостенных труб и соединительных элементов, а также других деталей, когда требуется легкость свинчивания или когда резьбовое соединение работает в загрязненной среде. В частности, круглая резьба широко применяется в санитарно-технической арматуре.

Номинальный профиль метрической резьбы и ее основные параметры

В основу профиля метрической резьбы по ГОСТ 9150–2002 положен равнобедренный треугольник, у которого срезаны вершины (рис. 4.33) [5, 9].

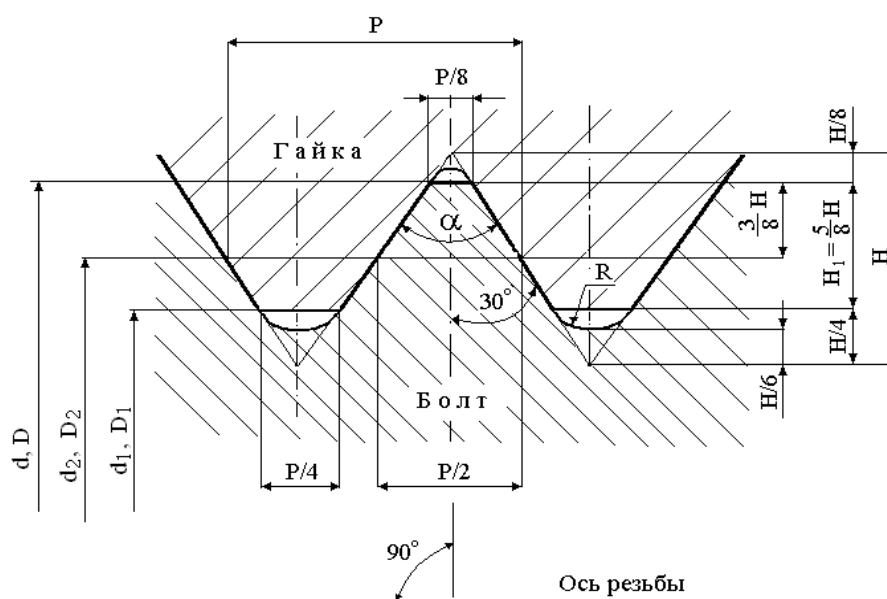


Рис. 4.33. Профиль метрической резьбы и ее основные параметры

- H – высота исходного профиля, H_1 – рабочая высота профиля,
- P – шаг резьбы, $\alpha = 60^\circ$ – угол профиля резьбы,
- d, D – наружный диаметр резьбы болта и гайки,
- d_1, D_1 – внутренний диаметр резьбы болта и гайки,
- d_2, D_2 – средний диаметр резьбы болта и гайки,
- R – номинальный радиус закругления впадины болта.

Для образования рабочей высоты профиля H_1 из общей высоты равнобедренного треугольника H в профиле резьбы предусмотрен срез вершины острых углов у гайки на $H/4$ и у болта на $H/8$.

Исходная высота профиля H установлена в зависимости от шага резьбы и равна $0,8660254 P$.

Форма впадины у наружной резьбы болта не регламентируется и может быть плоскосрезанной или закругленной.

Форма впадины резьбы гайки не регламентируется, но в основном делается закругленной. Закругленная форма впадины является предпочтительной по прочностным соображениям. При такой форме облегчается процесс изготовления резьбы накатыванием, который часто применяется для получения резьбовых деталей крепления.

Для обеспечения эксплуатационных свойств резьбы из ее профиля выделяется ряд элементов, одинаковых для болта и гайки, которые и используются при нормировании точности резьбы.

Этими элементами являются наружный диаметр болта d и гайки D , внутренний диаметр болта d_1 и гайки D_1 , средний диаметр болта d_2 и гайки D_2 . Шаг резьбы P и угол профиля резьбы α (ГОСТ 11708-82).

Наружный диаметр резьбы (d, D) (номинальный диаметр резьбы) – это диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы (болта) или по впадинам внутренней резьбы (гайки).

Внутренний диаметр резьбы (d_1, D_1) – это диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы (болта) или в вершины внутренней резьбы (гайки).

Средний диаметр резьбы (d_2, D_2) – это диаметр воображаемого цилиндра, соосного с резьбой, каждая образующая которого пересекает профиль таким образом, что отрезок между точками профилей соседних витков, образованный при пересечении с канавкой, равен половине номинального шага.

Шаг резьбы (P) – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля, лежащих в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы.

Шаги резьбы условно разделяют на *крупные* и *мелкие*.

Угол подъема резьбы (Ψ) – это угол, образованный касательной к винтовой линии резьбы и плоскостью перпендикулярной к оси резьбы (рис. 4.34).

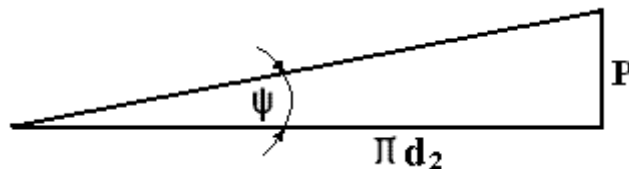


Рис. 4.34. Угол подъема резьбы

Угол подъема резьбы (Ψ) измеряется по среднему диаметру резьбы (d_2) и от него зависит шаг резьбы (P).

$$\operatorname{tg}\Psi = \frac{P \cdot n}{\pi \cdot d_2}, \quad n - \text{число заходов резьбы}$$

Угол профиля резьбы (α) – это угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения.

Длина свинчивания (l) – это длина взаимного соприкосновения наружной и внутренней резьбы в осевом направлении. Часто этот элемент называют *высотой гайки*.

Стандартом (СЭВ 640–77) установлены три группы свинчивания:

- S – короткие ($< 2,24 \cdot P \cdot d^{0,2}$),
- N – нормальные ($2,24 \cdot P \cdot d^{0,2} \dots 6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$),
- L – длинные ($> 6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$).

Резьбовые соединения по характеру соединения образуют посадки с натягом, с зазором и переходные. Однако подавляющее распространение имеют *посадки с зазором*.

Нормируемые параметры метрической резьбы для посадок с зазором

Взаимозаменяемость резьбы достигается тем, что ограничивают предельные контуры профиля резьбы болта и гайки на длине свинчивания (рис. 4.35).

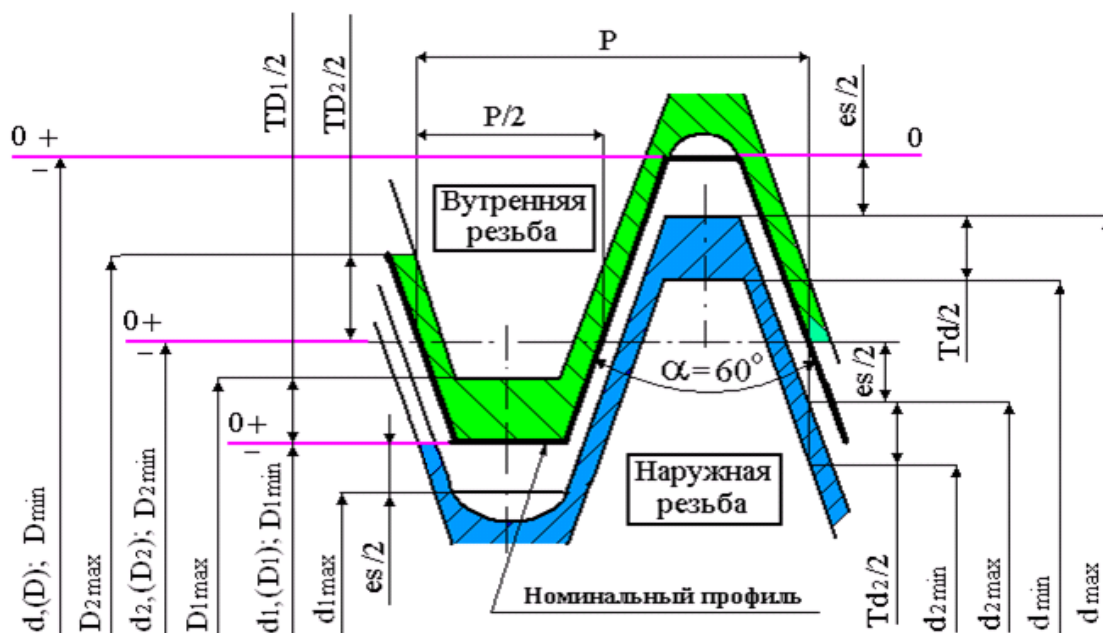


Рис. 4.35. Расположение полей допусков метрической резьбы при посадке с зазором

На рис. 4.35 обозначены только половины допусков нормируемых элементов, поскольку изображена не вся резьба, а только одна ее половина.

Допускаемые отклонения резьбы задаются от номинального профиля в направлении перпендикулярном оси резьбы "в тело" болта и гайки. Для метрической резьбы нормируется точность следующих элементов:

- наружного диаметра болта (Td),*
- внутреннего диаметра гайки (TD_1),*
- среднего диаметра болта и гайки (Td_2, TD_2).*

Таким образом, точность наружного диаметра гайки и внутреннего диаметра болта не нормируется совсем, и ограничиваются размерами резьбообрабатывающего

инструмента, на который указаны нормы точности. Строго говоря, для этих элементов нормируется только одно отклонение, соответствующее номинальному профилю, а именно верхнее отклонение (es) для d_1 и нижнее отклонение (EI) для D , и не нормируется нижнее отклонение (ei) для d_1 и верхнее отклонение (ES) для D .

Для метрической резьбы не нормируются требования к *точности шага* (P) и *угла профиля резьбы* (α). Это объясняется тем, что нормирование точности этих элементов связано со *средним диаметром* (d_2, D_2). Допуск на средний диаметр является суммарным, т. е. он включает в себя не только допуск на средний диаметр, но и компенсации погрешностей изготовления угла профиля и шага резьбы.

Средний диаметр, учитывающий погрешности шага и профиля называют *приведенным средним диаметром резьбы* и для него нормируются требования к точности изготовления.

При изготовлении резьбы отклонения отдельных элементов резьбы зависят от погрешностей отдельных составляющих технологического процесса. Так, *погрешность шага резьбы* зависит от погрешности шага ходового винта станка, а *угол профиля* – от неточности заточки угла профиля инструмента и его установки относительно оси резьбы.

Однако влияние *ошибок шага и профиля* у резьбы с прямолинейной образующей профиля можно устранить (компенсировать) за счет *уменьшения среднего диаметра болта* или за счет *увеличения среднего диаметра гайки*, для того чтобы обеспечить свинчиваемость деталей, т. е. обеспечить сборку.

Следует помнить, что резьбовые поверхности болта и гайки никогда не соприкасаются по всей поверхности, а касаются только на отдельных участках. Основное требование для крепежной резьбы заключается в обеспечении свинчивания болта и гайки (основное служебное назначение). Поэтому представляется возможным изменять средний диаметр у болта или гайки и добиваться свинчиваемости при ошибках шага и профиля. В результате компенсации этих ошибок появится зазор в нескольких местах сопряжения. Часто в контакте находятся лишь 2–3 витка.

Компенсация ошибок шага

Погрешность шага у резьбы бывает двух видов: *местная погрешность* (внутришаговая) и *прогрессирующая погрешность* (растяжка шага). Компенсация погрешности осуществляется для прогрессирующей погрешности.

Прогрессирующая погрешность возникает при нарезании резьбы резцом на токарном станке. Она появляется из-за неточностей ходового винта станка и кинематической погрешности его привода, и возрастает с увеличением длины резьбы.

При нарезании резьбы плашками и метчиками прогрессирующая погрешность отсутствует.

В основном контроль прогрессирующей погрешности производится для ходовых резьб, которые, как правило, имеют большую длину.

Сущность компенсации ошибок шага заключается в увеличении (для болта) и уменьшении (для гайки) среднего диаметра резьбы на величину компенсации.

На рис. 4.36 показано резьбовое соединение до и после компенсации погрешности шага. После компенсации погрешности уменьшается количество витков резьбы, находящихся в зацеплении. Рассмотрим выносной элемент I подробно (рис. 4.37). Зная в треугольнике длину одного катета и величину противолежащего угла, находим длину другого катета. Из полученного выражения определяем fp [2, 3, 10].

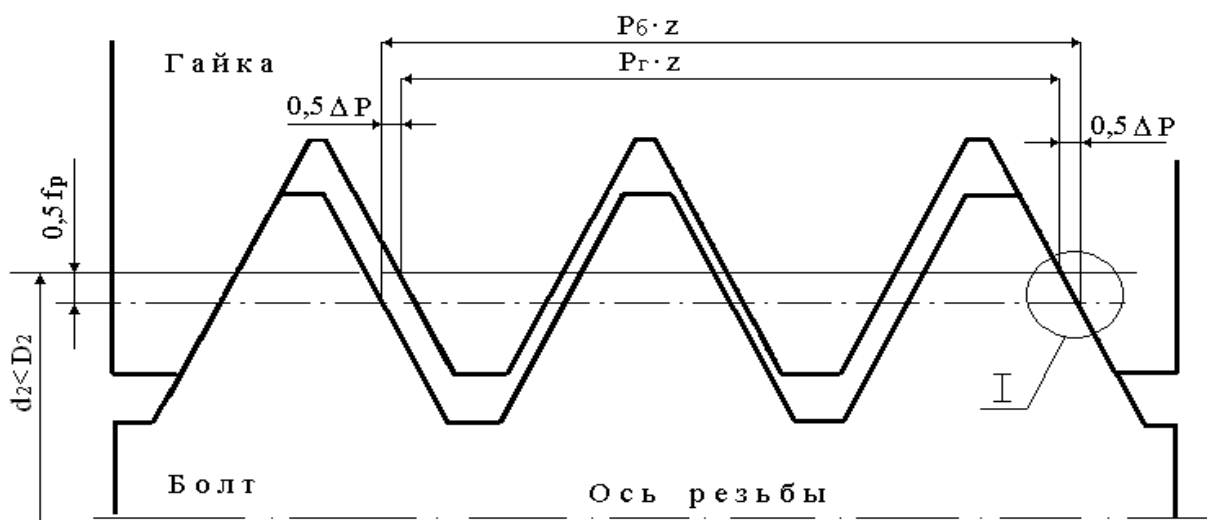
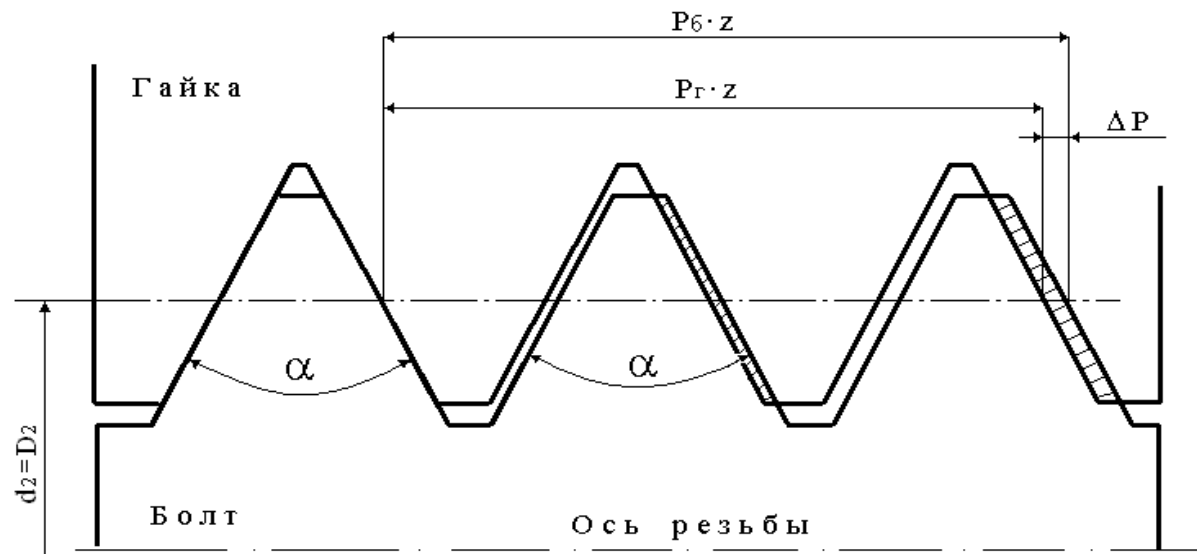
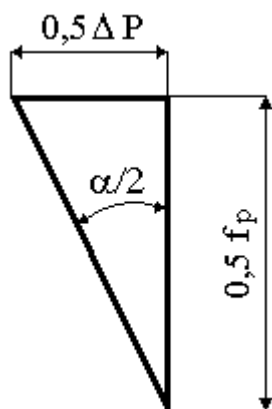


Рис. 4.36. Схема диаметральной компенсации погрешности шага

Для определения величины компенсации f_p рассмотрим схему на рис. 4.38.



$$\operatorname{ctg}(\alpha/2) = 0,5 f_p / 0,5 \cdot \Delta P,$$

$$f_p = \Delta P \cdot \operatorname{ctg}(\alpha/2),$$

$$f_p = 1,732 \cdot \Delta P.$$

Рис. 4.37. Схема для определения величины компенсации погрешности шага (f_p)

Компенсация погрешности угла профиля

Погрешность угла профиля или угла наклона боковой стороны возникает, обычно, от погрешности профиля режущего инструмента или погрешности его установки на станке относительно заготовки.

Компенсация погрешности профиля резьбы производится также изменением значения среднего диаметра, т. е. увеличением среднего диаметра гайки или уменьшением среднего диаметра болта.

На рис. 4.38 (а) показаны совмещенные профили болта и гайки при которых не может произойти свинчивание из-за разности углов профиля. На рис. 4.38 (б) показаны совмещенные профили болта и гайки при которых свинчивание возможно (после компенсации).

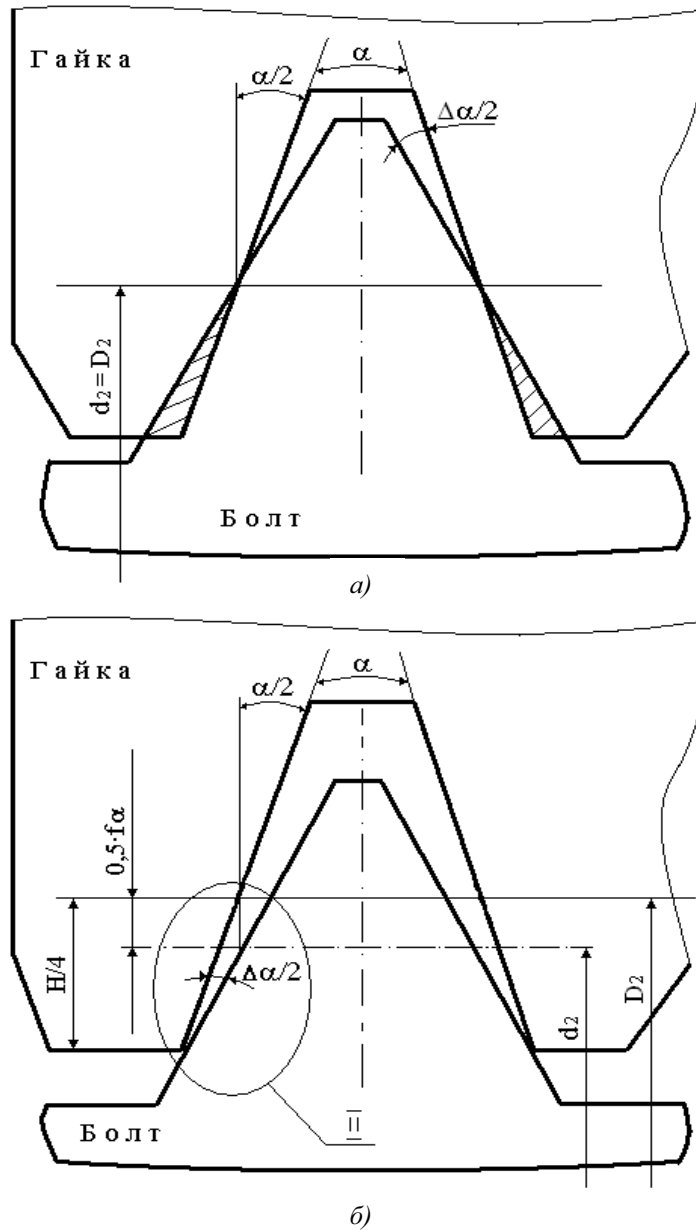


Рис. 4.38. Схема для определения диаметральной компенсации погрешности угла профиля

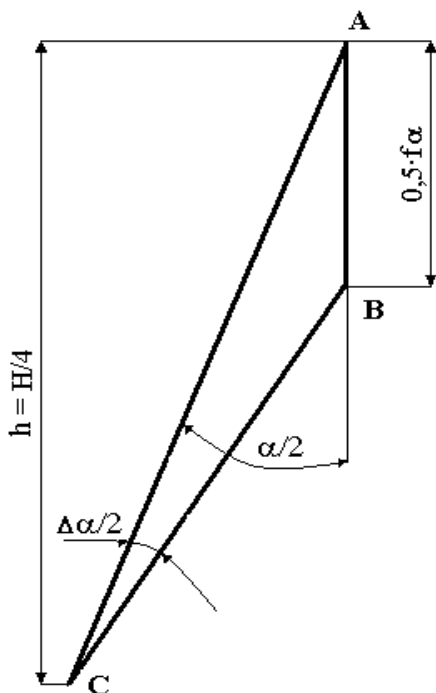


Рис. 4.39. Схема для определения величины компенсации погрешности угла профиля ($f\alpha$)

Величину $f\alpha$ можно найти из треугольника ABC (рис. 4.39). Применяв теорему синусов получим:

$$\frac{AB}{AC} = \frac{\sin\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)}{\sin\left[180 - \left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\Delta\alpha}{2}\right)\right]},$$

$$AB = 0,5 \cdot f\alpha,$$

$$AC = h / \cos(\Delta\alpha/2).$$

После всех преобразований получим для метрической резьбы:

$$f\alpha \approx 0,36 \cdot P \cdot \Delta\alpha/2, \text{ мкм,}$$

где $\Delta\alpha/2$, мин.

Значение приведенного диаметра для внутренней резьбы гайки определяют по формуле:

$$D_{2пр} = D_{2д} - fp - f\alpha,$$

$D_{2д}$ – действительное (измеренное) значение среднего диаметра гайки, мм

Значение приведенного диаметра

для наружной резьбы болта определяют по формуле:

$$d_{2пр} = d_{2д} + fp + f\alpha,$$

$d_{2д}$ – действительное (измеренное) значение среднего диаметра болта, мм

Зазор в резьбовом соединении определяется по формуле:

$$S = D_{2пр} - d_{2пр}.$$

Суммарный допуск среднего диаметра резьбы, который приводится в стандарте, фактически включает в себя допуск на средний диаметр и значение возможной компенсации. Часто этот допуск делят на три равные части.

$$T d_2 (T D_2) = T' d_2 (T' D_2) + fp + f\alpha,$$

$T' d_2 (T' D_2)$ – допуск только на средний диаметр.

Измерить непосредственно *приведенный средний диаметр* нельзя, так как он не существует как расстояние между двумя точками. Он представляет собой условный диаметр сопряженных резьбовых поверхностей. Поэтому для определения значения приведенного среднего диаметра резьбы ($D_{2пр}$, $d_{2пр}$) необходимо измерить отдельно средний диаметр ($D_{2д}$, $d_{2д}$), длину свинчивания ($P \cdot z$) и половину угла профиля ($\alpha/2$). По погрешностям этих элементов рассчитать диаметральные компенсации (fp , $f\alpha$) и потом расчетом определить значение приведенного среднего диаметра резьбы. Значение этого среднего диаметра и должно находиться в пределах допуска, установленного в стандарте.

Поля допусков элементов метрической резьбы

Принципиальный подход к нормированию точности элементов резьбы и образованию сопряжений аналогичен нормированию требований к точности гладких элементов деталей, но имеет и свои *особенности*.

Для резьбовых соединений основные отклонения обозначаются таким же образом, как и для гладких элементов детали: *прописные* латинские буквы для *гайки* (E, F, G, H) и *строчные* для *болтов* (d, e, f, g, h). Хотя величины этих отклонений не совпадают для резьбовых и гладких деталей (рис. 4.40, 4.41).

Основные отклонения нормируются для резьбы по ГОСТ 16093–2004 в значительно меньшем количестве, чем для гладких элементов.

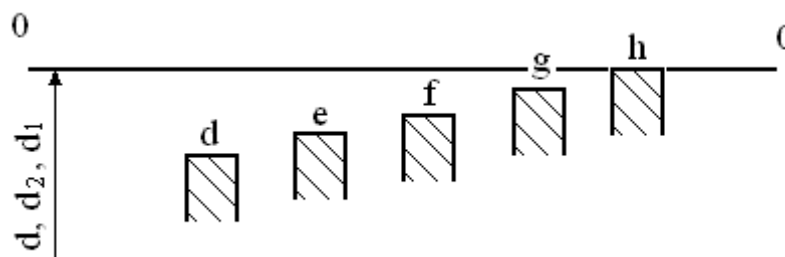


Рис. 4.40. Основные отклонения для резьбы болта (посадка с зазором)

Ряды точности для резьбовых соединений получили название *степени точности* (у гладких сопряжений – *квалитеты*). Разные термины для рядов точности приняты для того чтобы не путать гладкие и резьбовые элементы детали.

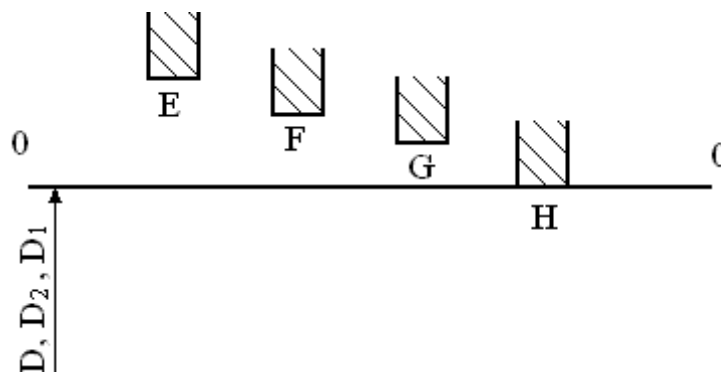


Рис. 4.41. Основные отклонения для резьбы гайки (посадка с зазором)

Ряды точности – *степени точности* нормируются в значительно меньшем объеме, чем для гладких элементов.

Для *наружного диаметра болта* (d) нормируется 4-я, 6-я и 8-я степень точности, а для *среднего диаметра* (d_2) – с 3-й по 10-ю степени.

Для *внутреннего диаметра гайки* (D_1) нормируется с 4-й по 8-ю степени, а для *среднего диаметра* (D_2) с 4-ой по 9-ю степени.

Степень точности в резьбовых соединениях указывается перед основным отклонением поля допуска: **6H**; **7f**.

В табл. 4.5 приведены поля допусков, которые можно применять без ограничений (ограниченный отбор).

Жирным шрифтом выделены два поля допуска **6g** и **6H**, эти поля допусков являются предпочтительными для применения. Иногда резьбы с такими полями допусков называют "*торговый крепеж*" и наиболее часто используют для крепежа.

Таблица 4.5. Поля допусков резьбовых соединений (часто используемые)

Классы точности	Длина свинчивания	Наружная резьба	Внутренняя резьба
Точный	S		4H
	N	4g; 4h	4H5H; 5H
	L		6H
Средний	S	5g6g	5H
	N	6d; 6e; 6f; 6g ; 6h;	6G; 6H ;
	L	7g6g	7H
Грубый	N	8g	7G; 7H
	S		8H

Поля допусков, не указанные в табл. 4.5, можно применять только в экономически обоснованных случаях.

Обозначение резьбовых элементов

Пример полного обозначения резьбового элемента по ГОСТ 16093-2004:

для болта (наружная резьба): **M20 x 0,75 LH – 7g6g – 15**,

для гайки (внутренняя резьба): **M30 x 0,5 LH – 4H5H – 10**.

Расшифруем обозначение для болта (наружная резьба): резьба метрическая (M) с наружным (номинальным) диаметром **20 мм** и мелким шагом **0,75 мм** (крупный шаг не указывается), резьба левая (LH), поле допуска на средний диаметр болта **7g** (седьмая степень точности и основное отклонение **g**), поле допуска на наружный диаметр болта **6g**, длина свинчивания **15 мм** (нормальная длина свинчивания не указывается).

На практике часто используется самое короткое обозначение резьбового элемента:

для болта (наружная резьба): **M40 – 6g**,

для гайки (внутренняя резьба): **M30 – 5H**.

Расшифровывается это обозначение следующим образом: резьба метрическая с номинальным наружным диаметром **40 мм**, резьба правая, шаг крупный. Для болта поле допуска на приведенный средний диаметр и на наружный диаметр одинаковое **6g**, длина свинчивания нормальная.

Примеры обозначения резьбы на рабочих чертежах показаны на рис. 4.42, 4.43, 4.44, 4.45.

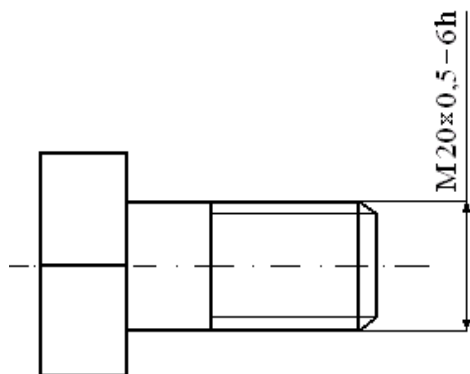


Рис. 4.42. Обозначение наружной резьбы на чертеже

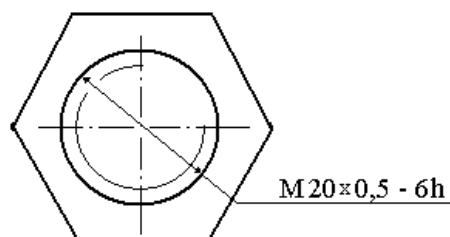


Рис. 4.43. Обозначение наружной резьбы на чертеже (вид справа)

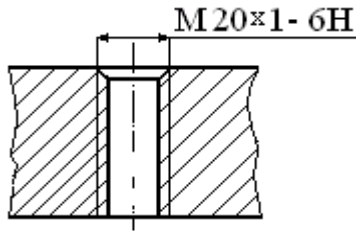


Рис. 4.44. Обозначение внутренней резьбы на чертеже

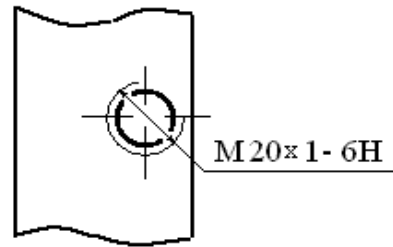


Рис. 4.45. Обозначение внутренней резьбы на чертеже (вид сверху)

Обозначение резьбовых соединений

Пример полного обозначения резьбового сопряжения:

M20 x 0,75 LH – 4H5H/4g4h – 15.

Самое короткое обозначение:

M20 – 7H/6g.

В числителе указываются поля допусков на средний диаметр и на внутренний диаметр для гайки, а в знаменателе нормируются поля допусков на средний и наружный диаметры, но для болта (рис. 4.46).

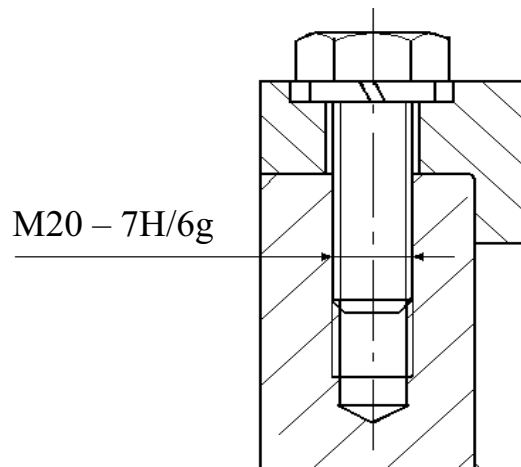


Рис. 4.46. Обозначение резьбового соединения на чертеже

Необходимо понимать, что посадка резьбовых элементов осуществляется за счет сочетания размеров *среднего диаметра*, а поля допусков для диаметров выступов даны в виде дополнительной информации и эти элементы в сопряжении не участвуют.

Так, например, в резьбовом сопряжении **M20 – 6H7H/6g7g** непосредственно в сопряжении участвуют поля допусков **6H/6g**, а поля допусков **7H/7g**, в принципе, не могут образовать посадку и характеризуют точность несопрягаемых элементов.

4.4. Контроль резьбовых соединений

Точность резьбы контролируют *дифференцированным* и *комплексным* методами.

При *дифференцированном* методе производят контроль каждого параметра в отдельности (наружного, внутреннего и среднего диаметров, шага и угла профиля). Этот метод трудоемок, поэтому его применяют для точных резьб: ходовых винтов, резьбовых калибров, метчиков и т.п. Часто по результатам контроля и вычислений оценивают комплексный параметр – приведенный средний диаметр резьбы.

Все параметры можно контролировать при помощи универсальных или специализированных средств контроля. При этом необходимые параметры измеряют многократно, что позволяет после обработки результатов по известным методикам уменьшить влияние погрешностей. В частности, измерение среднего диаметра резьбы можно проводить на инструментальном микроскопе (см. гл. 8, рис. 8.47). Для повышения точности измерения используют приспособление с ножами. Например, измерение на микроскопе среднего диаметра 100 мм дает погрешность 2,5...4 мкм.

При замерах на оптиметрах пользуются проволочками, а при измерениях микрометром – вставками (гл. 8, рис. 8.14, б). При измерении среднего диаметра небольших резьб используют метод трех проволочек, закладываемых во впадины резьбы. При малом числе витков резьбы используют метод двух проволочек, а для контроля резьб с $D > 100$ мм применяют одну проволочку (рис. 4.47).

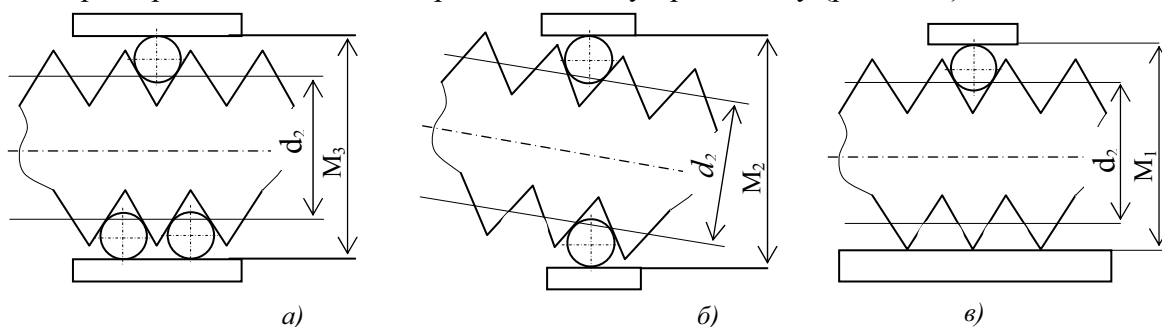


Рис. 4.47. Схемы измерения среднего диаметра резьбы методом:
а) трех проволочек; б) двух проволочек; в) одной проволочки

При измерении размера M_1 , M_2 , M_3 используют длиномеры, оптиметры, микрометры и т.п. Контрольное средство позволяет измерить некоторый размер M , который зависит от среднего диаметра d_2 и диаметра проволочек d_n . При изменении диаметра d_n положение проволочки во впадине меняется, при этом в значительной степени сказываются погрешности угла профиля. Для уменьшения влияния этой погрешности выбирают проволочки наивыгоднейшего диаметра $d_{п.н.}$, который обеспечивает их касание со впадиной резьбы по линии среднего диаметра d_2 . Наивыгоднейший диаметр проволочки определяется по зависимости:

$$d_{п.н.} = 0,5 \cdot P / \cos(\alpha/2), \text{ мм}$$

где P – шаг резьбы, мм; α – угол профиля резьбы.

Тогда средний диаметр метрической резьбы с $\alpha = 60^\circ$ определится по методу трех проволочек так:

$$d_2 = M - 3 \cdot d_{п.н.} + 0,866P.$$

По методу двух проволочек следующим образом:

$$d_2 = M - 3 \cdot d_{п.н.} + 0,866P - P^2 / [8(M - d_{п.н.})].$$

По методу одной проволочки:

$$d_2 = 2M - d - 3 \cdot d_{п.н} + 0,866P,$$

где d – номинальный диаметр резьбы, мм.

При измерении на горизонтальном оптиметре обеспечивается погрешность измерения 1,5...2 мкм.

В цеховых условиях и при ремонте используют микрометры с резьбовыми вставками. Погрешность этого метода 25...200 мкм.

Комплексный контроль резьб выполняют либо с помощью предельных калибров, либо с помощью проекторов и шаблонов с предельными контурами. В систему калибров входят рабочие резьбовые проходные и непроходные калибры, а также контракалибры для проверки и регулирования рабочих резьбовых скоб (рис. 4.48) и колец (рис. 4.49).



Рис. 4.48. Резьбовые калибры скобы

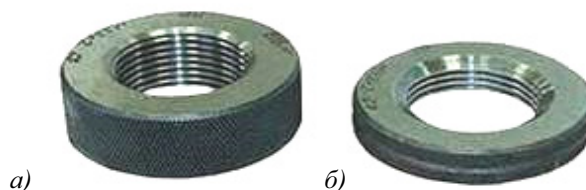


Рис. 4.49. Резьбовые калибры кольца:
а) проходной калибр кольцо;
б) непроходной калибр кольцо

Если проходной резьбовой калибр свободно навинчивается на резьбу, а непроходной калибр навинчивается с трудом не более чем на два оборота, то это значит, что резьба годна. Проходной калибр контролирует приведенный средний диаметр, наибольший наружный для болта и наименьший внутренний для гайки диаметры и подтверждает, что эти размеры не выходят за свои предельные значения. Непроходной калибр контролирует только средний диаметр резьбы.

Для контроля резьбовых отверстий (гаек) применяют резьбовые калибры пробки (рис. 4.50). Для контроля наружных резьб (болтов) используют резьбовые калибры кольца (рис. 4.49) и регулируемые скобы в виде гребенок и роликов (рис. 4.48).



Рис. 4.50. Резьбовой калибр пробка

В соответствии с принципом Тейлора резьбовые проходные калибры представляют собой прототип сопрягаемого изделия и имеют полный профиль и нормальную длину свинчивания. Непроходные резьбовые калибры имеют укороченный профиль высотой 0,2...0,3P и неполное число витков 2,5...3.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем состоит особенность нормирования точности подшипников качения?
2. От чего зависит характер посадки наружного и внутреннего колец подшипников?
3. Каким образом обозначается посадка наружного и внутреннего колец подшипника на сборочном чертеже?
4. Сколько классов точности подшипников качения существует? Какие из них используются в общем машиностроении?
5. Как выбираются предельные отклонения полей допусков для подшипников качения?
6. Какое назначение имеют шпоночные соединения?
7. Какие виды шпоночных соединений применяются в машиностроении?
8. В какой системе осуществляется посадка призматической шпонки в паз втулки и вала и почему?
9. Какие виды посадок призматических шпонок используются в практике?
10. Какое назначение имеют шлицевые соединения?
11. Какие виды шлицевых соединений используются в практической деятельности?
12. Какие способы центрирования шлицевого вала с втулкой применяются в промышленности?
13. Каким образом на сборочном чертеже обозначается шлицевое соединение?
14. Как на рабочем чертеже нормируется точность изготовления шлицов на вале и во втулке?
15. Какие виды резьбы применяются в машиностроении?
16. Какие параметры метрической резьбы приведены в стандартах?
17. Какие посадки в соединении винт-гайка используются в машиностроении?
18. По какому диаметру осуществляется посадка в паре винт-гайка?
19. В чем отличие в обозначении полей допусков на диаметры резьбы и полей допусков для гладких цилиндрических соединений?
20. Какой термин используется для указания точности параметров резьбы?
21. Что такое приведенный средний диаметр резьбы?
22. Какое условие обеспечивает годность метрической резьбы к дальнейшей эксплуатации?
23. Какие погрешности возникают при нарезании метрической резьбы на токарно-винторезном станке? Как они рассчитываются?
24. Каким образом обеспечивается свинчиваемость гайки в резьбовом соединении с зазором?
25. Как на сборочном чертеже обозначается соединение при помощи метрической резьбы?
26. Как на рабочем чертеже нормируются параметры метрической резьбы?
27. Какими методами контролируют точность резьбы?
28. Какие средства контроля параметров резьбы применяются в машиностроении?
29. При измерении, какого параметра резьбы используют метод трех проволочек?
30. В каких случаях применяют метод трех проволочек, двух проволочек и одной проволочки?

5. НОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НЕРОВНОСТЯМ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

5.1. Нормирование требований к шероховатости поверхностей

Исследованиями установлено, что *шероховатость* оказывает большое влияние на качество работы сопрягаемых поверхностей. Чем больше исходная шероховатость отличается от оптимальной, тем интенсивнее изнашивание в период приработки. Меньший первоначальный износ приводит к увеличению периода нормальной эксплуатации.

Шероховатость поверхности влияет также на усталостную прочность деталей и герметичность соединений

Микронеровности поверхности являются концентраторами напряжений и способствуют развитию коррозии металла.

Обоснованное назначение параметров шероховатости – важный фактор повышения надежности и долговечности машин.

Система нормирования шероховатости поверхности, установленная в международных и национальных стандартах, распространяется на поверхности любых изделий независимо от материала и способа изготовления, кроме ворсистых поверхностей.

Основные понятия и определения

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине (ГОСТ 2789-73)

Условность в приведенном определении понятия *шероховатости* заключается в том, что неровности поверхности выделяются *на определенной длине*, т. е. на участке между двумя точками, а не на поверхности, хотя именно по поверхности осуществляется контакт элементов детали. Эта условность определена, прежде всего, из-за сложности измерения шероховатости по поверхности [10].

Таким образом, рассматривая вопросы, относящиеся к шероховатости, надо совершенно четко представлять, что **шероховатостью нормируются требования к поверхностным неровностям по профилям**, получаемым в сечении рассматриваемой поверхности плоскостями, **перпендикулярными** этой поверхности (рис. 5.1).

Итак, можно утверждать, что применяемый способ нормирования требований к поверхностным неровностям еще не является в полной мере совершенным, поскольку просто геометрический подход не полностью выявляет эксплуатационные свойства поверхности. Идет поиск показателей и средств измерения для оценки шероховатости по ее влиянию на эксплуатационные свойства.

Для определения базы для измерений неровностей вводятся несколько дополнительных понятий и определений.

Линия, на которой выделяется совокупность поверхностных неровностей, называется *базовой линией*.

Базовая линия – это линия заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля и служащая для оценки геометрических параметров поверхностных неровностей

Вид этой линии зависит от вида поверхности элемента детали. Короче говоря, базовая линия поверхности элемента детали имеет форму линии номинального профиля и расположена эквидистантно этому профилю. В большинстве стран мира в качестве базовой линии при оценке поверхностных неровностей используется средняя линия.

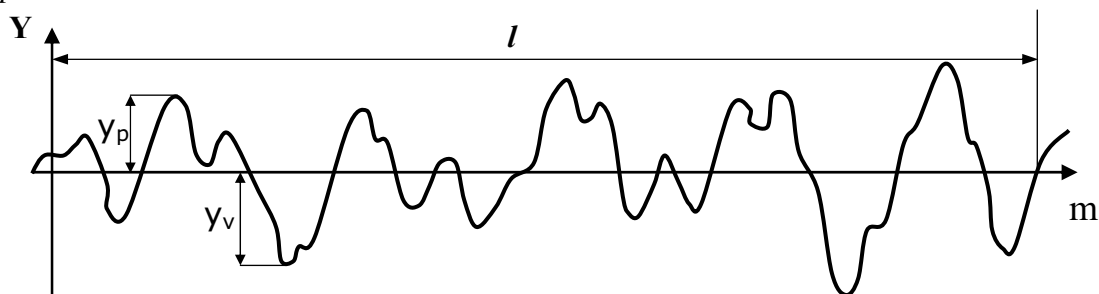


Рис. 5.1. Поверхностные неровности (шероховатость поверхности)
 y_p – высота выступа профиля, y_v – глубина впадины профиля,
 l – базовая длина, m – средняя линия

Средняя линия профиля (m) – это базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля от этой линии минимально. О средней линии можно также говорить как о линии, проведенной таким образом, чтобы площади, ограниченные профилем и средней линией над ней и под ней, были одинаковы

Базовая длина (l) – это длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров

Нормируемые базовые длины, согласно ГОСТ 2789-73 разделены на три группы:
 $l = (0,01); (0,03); 0,08$ мм – для относительно малых неровностей,
 $l = 0,25; 0,8$ мм – для средних высот неровностей,
 $l = 2,5; 8; (25)$ мм – для больших неровностей,

т. е. чем неоднороднее и больше поверхностные неровности, тем больше должна быть базовая длина.

Необходимо отметить, что при большинстве измерений нет необходимости находить среднюю линию и отмечать базовую длину, так как обычно измерения проводят с помощью приборов, которые «отсекают» базовую длину и выдают значения шероховатости по одному из нормируемых параметров. Оценка выполняется по отношению к средней линии.

Принципиальный подход к нормированию значений поверхностных неровностей заключается в следующем:

1. Поверхностные неровности оцениваются не на поверхности, а на профиле, т. е. в сечении поверхности нормальной плоскостью.
2. Нормируются не предельные значения неровностей, а значения совокупности поверхностных неровностей.
3. На профиле выделяется средняя линия, которая является базой для оценки поверхностных неровностей.
4. Значение поверхностных неровностей определяется для совокупности неровностей, выделенных на выбранной базовой длине относительно средней линии профиля.

Параметры для нормирования значений поверхностных неровностей

Профили, характеризующие поверхностные неровности представляют собой сложную периодическую структуру. И не случайно в разных странах мира существует более 40 геометрических параметров для оценки шероховатости. Однако для практического нормирования в большинстве стран мира используют шесть параметров, характеризующих как высоту поверхностных неровностей, так и линейные (шаговые) показатели этих неровностей [4].

Высотные параметры (вертикальные):

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля,

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам,

R_{max} – наибольшая высота профиля.

Шаговые параметры (горизонтальные):

S_m – средний шаг неровностей профиля,

S – средний шаг местных выступов профиля,

t_p – относительная опорная длина профиля.

Рассмотрим эти нормируемые параметры для оценки поверхностных неровностей:

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – это среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины (рис. 5.2).

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx, \quad R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

l – базовая длина, n – число выбранных точек профиля на базовой длине.

Параметр R_a нормируется значениями от **0,008 до 100 мкм**. Этот параметр геометрически интерпретируется высотой прямоугольника, построенного на базовой длине и равновеликого по площади фигуре, очерченной профилем неровностей и его средней линией. Параметр R_a характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля.

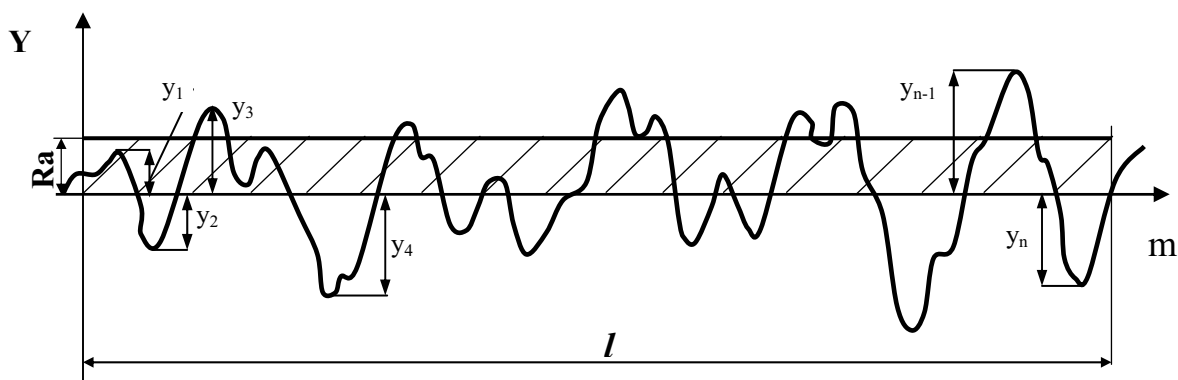


Рис. 5.2. Среднее арифметическое отклонение R_a

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z – это сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины (рис. 5.3).

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right),$$

y_{pi} – высота i -го наибольшего профиля выступа,
 y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

Параметр R_z нормируется значениями от **0,025 до 1600 мкм**.

Приведенный параметр чаще применяется в диапазонах от **0,025 до 0,1 мкм** при нормировании малых неровностей и от **10 до 1600 мкм** для нормирования больших (грубых) неровностей. Связано это с возможностями существующих средств измерений. Параметр R_z характеризует среднюю высоту наибольших неровностей.

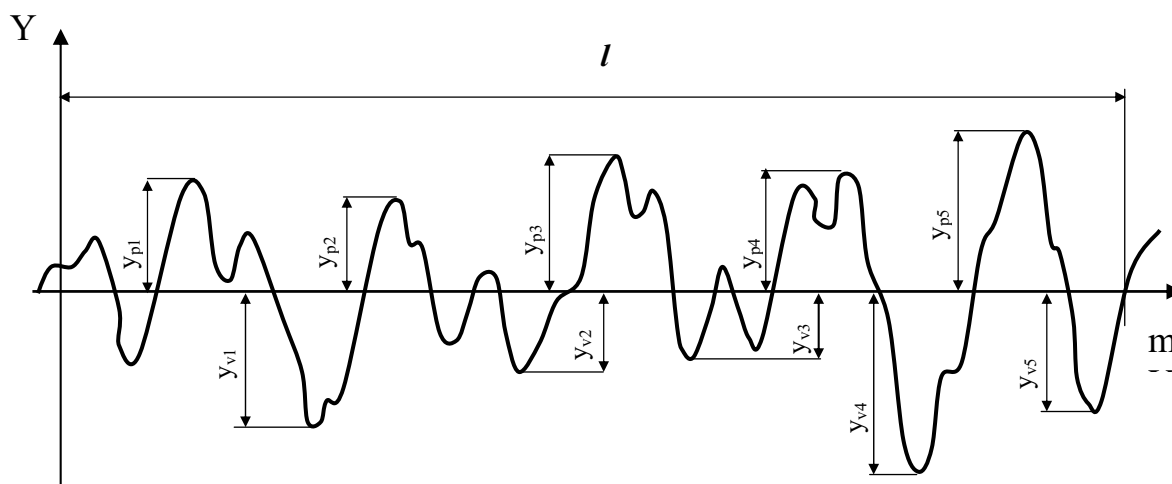


Рис. 5.3. Высота неровностей профиля по 10 точкам (R_z)

Несмотря на то, что параметры R_a и R_z характеризуют высоту поверхностных неровностей, их практически нельзя сравнивать и тем более надежно пересчитывать значение одного параметра в значение другого. Обычно принимается $R_z = 4 R_a$. Но это соотношение справедливо только для более или менее регулярных неровностей. А для произвольных неровностей, что чаще всего бывает, когда эти неровности небольшие, это соотношение меняется от 6 до 12, т. е. $R_z = (6...12) R_a$.

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} – это расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины. Нормируются значения от 0,025 до 1600 мкм как и для R_z (рис. 5.4)

Линия выступов профиля – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

Линия впадин профиля – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.



Рис. 5.4. Наибольшая высота неровностей профиля (R_{max})

Средний шаг неровностей профиля S_m – это среднее значение отрезков средней линии профиля, содержащего неровности профиля в пределах базовой длины (рис. 5.5)

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}.$$

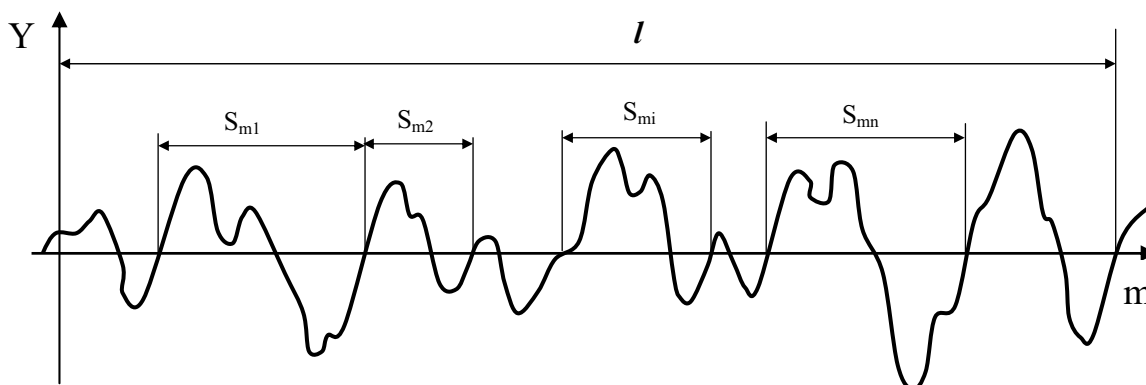


Рис. 5.5. Средний шаг неровностей профиля (S_m)

Под параметром S_m понимается среднее значение длин отрезков средней линии, пересекающих профиль в трех соседних точках и ограниченных двумя крайними точками. Нормируются значениями от **0,002 до 12,5 мм**.

Средний шаг местных выступов профиля S – это среднее значение отрезков средней линии между проекциями на нее наивысших точек соседних местных выступов профиля в пределах базовой длины (рис. 5.6)

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i.$$

Под параметром S понимается среднее значение длин отрезков средней линии между проекциями на эту линию двух наивысших точек соседних выступов профиля. Нормируются значения от **0,002 до 12,5 мм**.

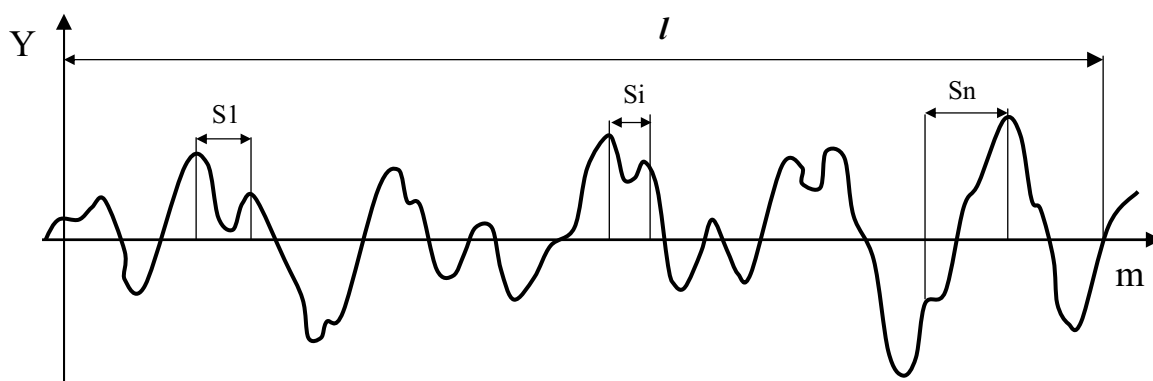


Рис. 5.6. Средний шаг местных выступов профиля (S)

Относительная опорная длина профиля t_p – это отношение сумм длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины, к базовой длине (рис. 5.7)

$$t_p = \frac{100\%}{l} \sum_{i=1}^n b_i,$$

p – уровень сечения профиля; b – расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.

Значение уровня сечения P нормируется в процентах от R_{max} . Эти значения выбираются из ряда 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % R_{max} .

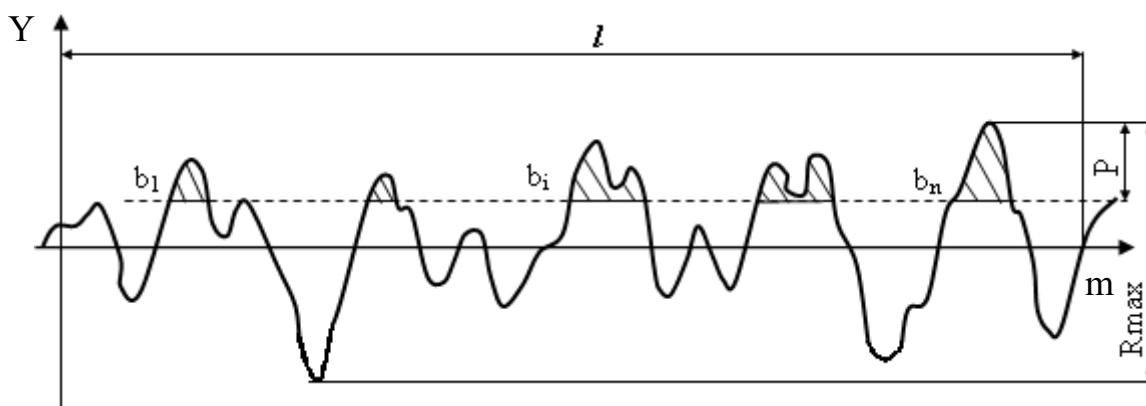


Рис. 5.7. Относительная опорная длина профиля (t_p)

Значения t_p также нормируются в процентах от базовой длины и выбираются из следующего ряда: 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % базовой длины (l). Приведенными процентами нормируют ту часть сечения, которая должна проходить через материал.

Параметр **tr** позволяет выявлять эксплуатационные свойства поверхностей, у которых все остальные пять параметров будут одинаковыми (рис. 5.8). Например, только параметр **tr** позволит установить, что поверхность, изображенная на рис. 5.8, а, будет быстрее изнашиваться, чем поверхность изображенная на рис. 5.8, б, так как величина относительной опорной поверхности неровностей у нее будет меньше на каждом уровне сечения профиля.



Рис. 5.8. Поверхностные неровности, которые достоверно оцениваются через параметр (*tr*)

Рассмотрим более подробно пример, в котором сравниваются параметры шероховатости двух поверхностей с различной формой поверхностных неровностей (рис. 5.9).

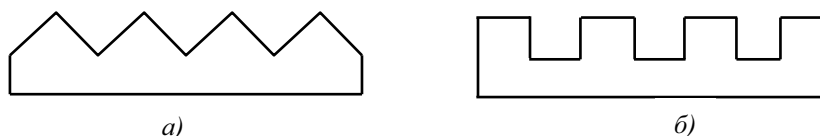


Рис. 5.9. Поверхности, с различной формой поверхностных неровностей:
а) с треугольной,
б) с призматической

Построим профили поверхностных неровностей для этих случаев (рис. 5.10, 5.11). Отметим, что построенные профили являются идеальными и анализ их параметров производится для лучшего понимания параметра **tr**. Базовая длина l , на которой выделяются неровности, одинаковая для обоих случаев, т.е. $l_1 = l_2$. Наибольшая высота профиля, также принята равной по значению, т.е. $R_{max1} = R_{max2}$. Так как все неровности имеют одинаковую высоту выступов и глубину впадин, то очевидно, что средняя высота неровностей и средняя высота наибольших неровностей будут равны $R_{a1} = R_{a2}$ и $R_{z1} = R_{z2}$. Итак, высотные параметры в вышеприведенных профилях одинаковы.

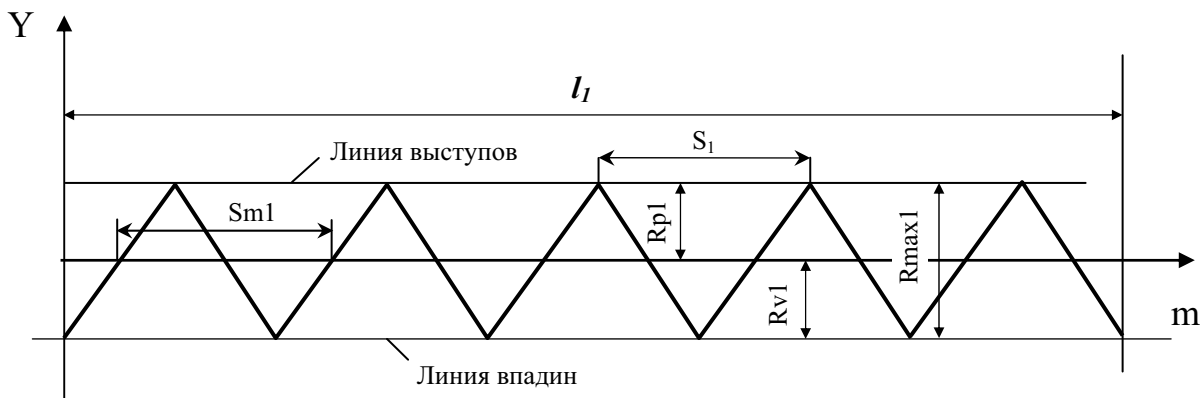


Рис. 5.10. Поверхностные неровности треугольной формы

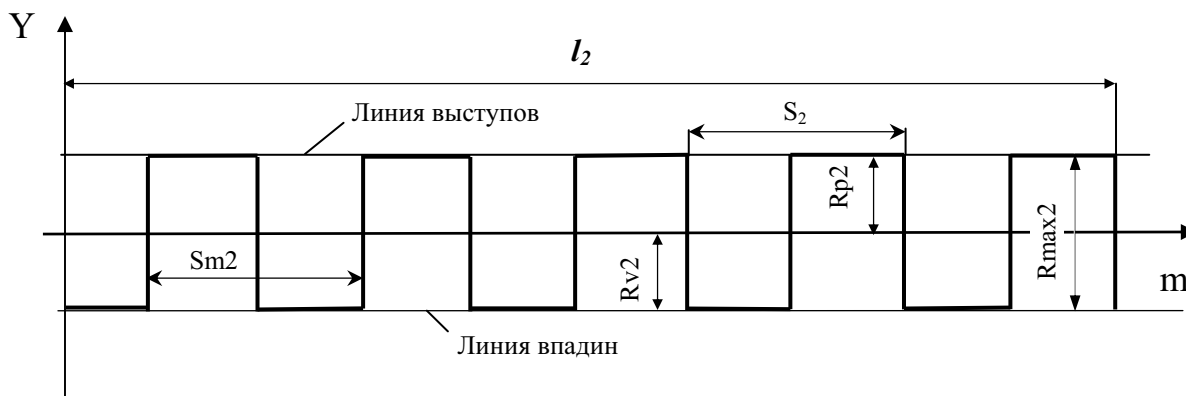


Рис. 5.11. Поверхностные неровности призматической формы

Рассмотрим шаговые параметры профиля. На базовой длине профиля в обоих случаях имеется пять неровностей, которые повторяются с одинаковой периодичностью. Средний шаг неровностей $S_{m1} = S_{m2}$. Очевидно, что средние шаги местных выступов в этом случае также будут равны $S_1 = S_2$. Итак, все рассмотренные параметры шероховатости поверхности у профилей, показанных на рис. 5.10, 5.11 одинаковые. Только параметр **tp** может выявить особенности формы микронеровностей, которые влияют на эксплуатационные свойства поверхности. Если при изменении какого-либо профиля плавно изменять уровень сечения P от 0 до 100 %, то относительная опорная длина **tp** будет также изменяться от 0 до 100 %. В результате такого измерения получается кривая, изображающая зависимость относительной опорной длины от уровня сечения профиля.

Понятно, что поверхность с треугольной формой микронеровностей на первом этапе приработки будет изнашиваться быстрее, чем поверхность с призматической формой микронеровностей, так как величина относительной опорной длины профиля на уровне сечения $P = 10\%$ у такой поверхности будет меньше, чем у поверхности с призматическими микронеровностями (рис. 5.12). Однако, через определенный промежуток времени работы относительные длины опорных поверхностей сравняются ($P = 50\%$) и на уровне сечения $P = 50\text{...}90\%$ относительная опорная длина треугольного профиля увеличится и превысит значение относительной опорной длины призматического профиля, а значит увеличится контактная прочность и как следствие увеличится сопротивление изнашиванию.

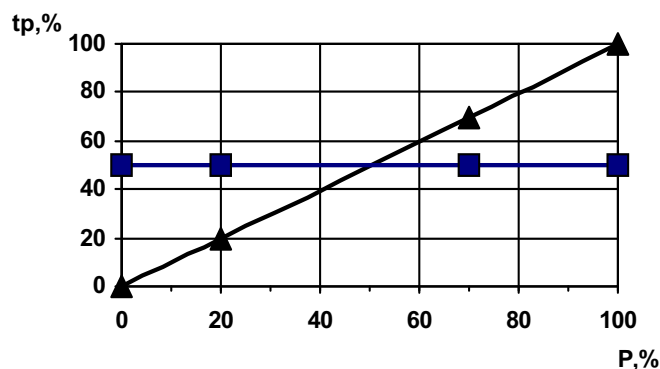


Рис. 5.12. Зависимости относительной опорной поверхности профиля (tp) от уровня сечения профиля (P) для микронеровностей с треугольной (\blacktriangle) и призматической (\blacksquare) формой

Определенная условность параметра **tr** заключается в том, что нормируется единый уровень сечения. Значения опорной длины могут совпадать для разных поверхностей, отличающихся эксплуатационными свойствами.

Параметр **tr** условно отнесен к шаговым (горизонтальным) параметрам. Более точно этот параметр характеризует поверхностные неровности по форме этих неровностей. С увеличением значения **tr** повышается контактная прочность, износостойкость, но при этом повышается трудоемкость процессов обработки.

Обозначение шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности обозначают на чертеже по ГОСТ 2.309-73 (ИСО 1302) с изменениями, введенными с 1 января 2005 г., для всех поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 5.13.

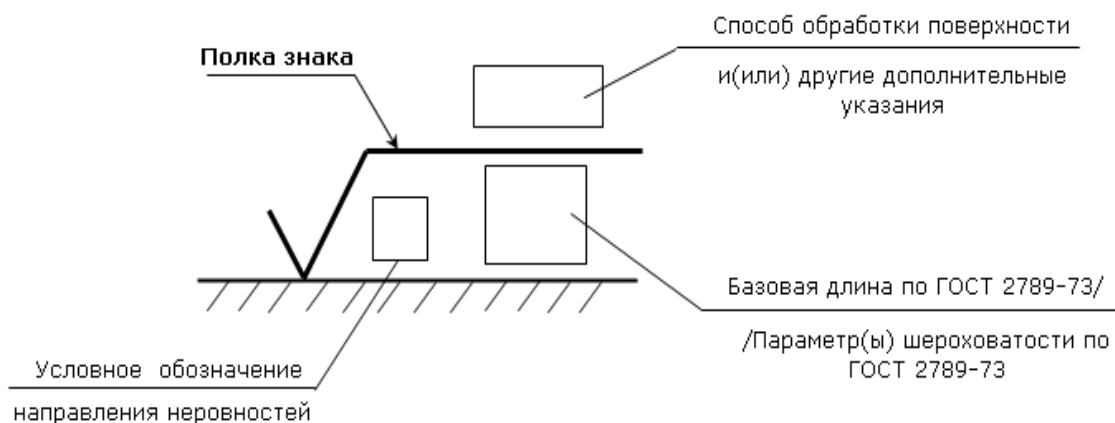


Рис. 5.13. Структура обозначения шероховатости поверхности

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на рисунке 5.14.

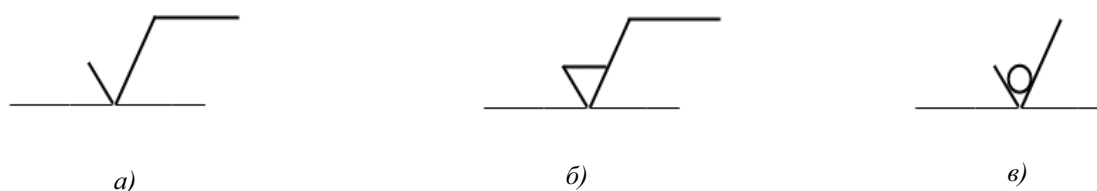
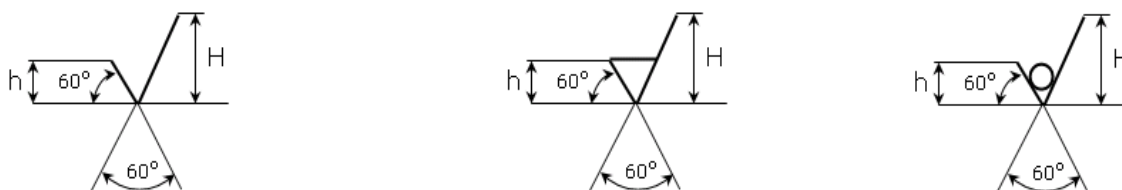


Рис. 5.14. Разновидности знаков шероховатости поверхности:

- а) способ обработки поверхности конструктором не устанавливается;
- б) способ обработки поверхности со съемом слоя материала;
- в) поверхности деталей, не подлежащие обработке по данному чертежу

Требования к виду и размеру знака шероховатости показаны на рис. 5.15.



h - высота размерных цифр; H - должна быть $(1,5 \dots 5) \cdot h$

Рис. 5.15. Требования к виду и размеру знака шероховатости

Примеры:

При указании наибольшего значения параметра шероховатости:

$$\sqrt{Rz\ 50} ; \quad \sqrt{Ra\ 0,8} ;$$

при указании наименьшего значения параметра шероховатости:

$$\sqrt{Rz\ 50min} ; \quad \sqrt{Ra\ 0,8min} ;$$

вид обработки поверхности указывается только тогда, когда он является единственным для получения требуемого качества поверхности:

$$\sqrt{\text{Полировать}} \\ \sqrt{M\ 0,8/Ra\ 0,63} .$$

Обозначения шероховатости поверхности на рабочем чертеже изделия располагают на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок. Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, на рамке допуска формы, а также разрывать выносные линии (рис. 5.16, а).

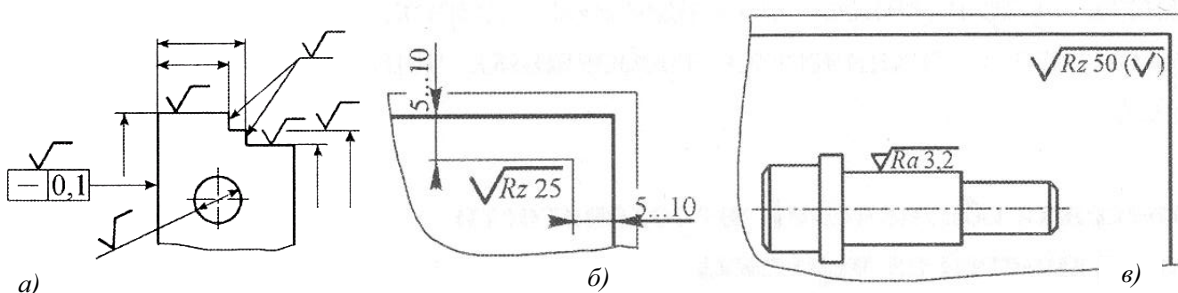


Рис. 5.16. Размещение знака шероховатости поверхности:

- а) когда знак не имеет полки выноски; б) при одинаковой шероховатости всех поверхностей;
- в) при одинаковой шероховатости нескольких поверхностей

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия, знак шероховатости помещают в правом углу чертежа (рис. 5.17, б).

Обозначение шероховатости, одинаковой для нескольких поверхностей изделия, может быть размещено в правом верхнем углу чертежа, перед условным обозначением «остальное» (√) (рис. 5.16, в, приложение 16).

Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 5.17, а, б.

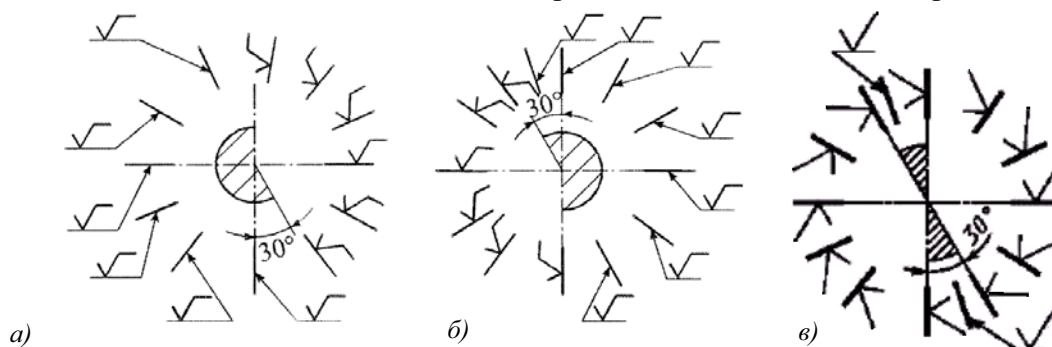


Рис. 5.17. Варианты простановки знака шероховатости поверхности на чертеже

В случае, когда в обозначении шероховатости знак не имеет полки, его располагают так, как показано на рис. 5.17 в, где в указанной 30° зоне знак должен быть изображен на полке выноски в любом случае.

Направление поверхностных неровностей

При необходимости в обозначении шероховатости задается вид неровностей поверхности (табл. 5.1). Если характер неровностей нормируемой поверхности существенным образом не влияет на эксплуатационные свойства изделия, то этот параметр не проставляется.

Таблица 5.1. Направление поверхностных неровностей

Типы направления неровностей	Вид неровностей	Обозначение
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающиеся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		
Точечное		

5.2. Нормирование требований к волнистости поверхностей

Волнистость занимает промежуточное место между шероховатостью и отклонением формы. Условно границу между различными порядками отклонений поверхности можно установить по значению отношения шага S_w к высоте неровностей W_z . При $(S_w/W_z) < 40$ отклонения относят к шероховатости поверхности, при $1000 \geq (S_w/W_z) \geq 40$ – к волнистости, при $(S_w/W_z) > 1000$ к отклонениям формы.

Параметры волнистости установлены рекомендацией СЭВ (РС 3951–73).

Высота волнистости W_z – среднее арифметическое значение из пяти значений высоты волнистости (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5), которые определяются на пяти одинаковых участках измерения волнистости ($l_{w1}, l_{w2}, l_{w3}, l_{w4}, l_{w5}$) (см. рис. 5.18).

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

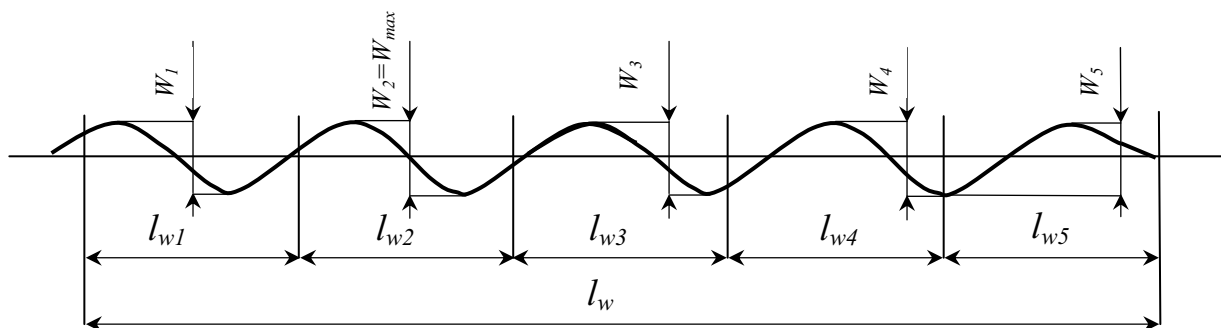


Рис. 5.18. Схема для определения высоты волнистости W_z .

Наибольшая высота волнистости W_{max} – расстояние между наибольшей и наименьшей точками профиля волнистости в пределах отдельных участков измерения (от l_{w1} до l_{w5}), измеренное на одной полной волне l_w .

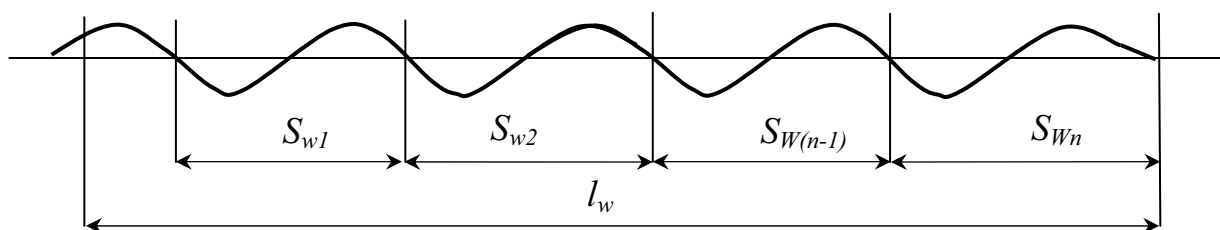


Рис. 5.19. Схема для определения шага волнистости S_w .

Средний шаг волнистости S_w – среднее арифметическое значение длин волн S_{wi} , измеренных по средней линии (рис. 5.19).

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{wi}.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется шероховатостью поверхности?
2. Как шероховатость влияет на качество работы сопрягаемых поверхностей?
3. На какие поверхности деталей распространяются требования международных и национальных стандартов?
4. Как получают линию профиля нормируемой поверхности?
5. Для чего введены понятия базовой линии, базовой длины и средней линии профиля?
6. По каким параметрам нормируется шероховатость поверхности в машиностроении?
7. На какие свойства детали влияет параметр **tp** (относительная опорная поверхность профиля)?
8. Какая взаимосвязь существует между параметрами **Ra** и **Rz**?
9. Как на рабочих чертежах обозначаются требования к шероховатости поверхности?
10. Влияет ли направление неровностей на поверхности детали на ее эксплуатационные свойства?
11. Каким образом обозначаются на чертеже требования к шероховатости поверхности?
12. Как проставить на чертеже единые требования к шероховатости нескольких поверхностей?
13. Какой знак используют для обозначения шероховатости поверхностей, не подлежащих обработке по данному чертежу?
14. Какие отклонения относят к шероховатости, какие к волнистости и какие к отклонению формы?
15. По каким параметрам нормируется волнистость поверхности детали?

6. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

6.1. Нормирование точности формы поверхностей элементов деталей

подавляющее большинство деталей, применяемых в машиностроении, имеют простейшую геометрическую форму. В основном это цилиндрические и плоские поверхности, значительно реже – зубчатые колеса и корпусные детали. Получить идеальную форму деталей в процессе изготовления невозможно из-за погрешностей станка, инструмента, технологической оснастки и т. д.

Искажение формы элементов детали приводит к снижению эксплуатационных свойств этих деталей. Так в подвижных соединениях отклонения элементов детали от правильной цилиндрической формы приводит к неплавному перемещению, быстрому износу из-за контакта по ограниченной поверхности. В неподвижных соединениях искажение формы приводит к неравномерности натягов в соединениях, из-за чего снижается прочность соединения, герметичность и точность центрирования. Кроме того, искажение формы влияет на трудоемкость и точность сборки, повышает объем пригоночных работ, влияет на точность базирования при изготовлении и контроле.

Все перечисленное делает необходимым нормирование искажения формы. Этот параметр получил название *отклонение формы* [4, 10].

Отклонением формы называется отклонение формы *реальной* (истинной) поверхности или реального (истинного) профиля от формы *номинальной* (идеальной) поверхности или номинального (идеального) профиля.

Профилем называется линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью. Часто в машиностроении профиль рассматривается в плоскости, перпендикулярной поверхности.

Для количественной оценки отклонений формы необходимо иметь базу для отсчета этих отклонений.

В настоящее время для такой оценки используется понятие о *прилегающей поверхности* (или *прилегающем профиле*), от которой (от которого) отсчитываются количественные значения отклонения формы.

Прилегающей поверхностью (профилем) называется поверхность (профиль), имеющая форму номинальной поверхности (профиля), соприкасающаяся с реальной поверхностью (профилем) и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение.

Это понятие относится также к частному случаю прилегающего профиля – *прилегающей прямой* (рис. 6.1).

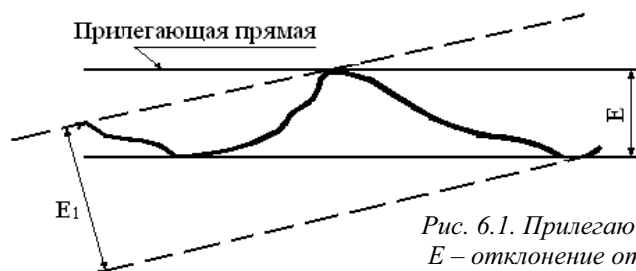


Рис. 6.1. Прилегающая прямая,
 E – отклонение от прямолинейности $E < E_1$

Данное определение для *прилегающей поверхности* не распространяется на цилиндрические поверхности. Допускаемые искажения формы указываются на чертеже вместе с условным знаком (ГОСТ 2.308-79) (см. табл. 6.1).

Таблица 6.1. Условные обозначения на чертеже отклонений формы

Вид отклонения формы	Знак допуска
Отклонение от прямолинейности	—
Отклонение от плоскостности	
Отклонение от цилиндричности	
Отклонение от круглости	
Отклонение профиля продольного сечения	

Все отклонения формы разделяются на *комплексные* (табл. 6.1) и *частные*.

Комплексными показателями отклонений формы являются отклонения, используемые для характеристики работы детали в условиях эксплуатации. Эти параметры задаются нормативными документами, но не всегда обеспечены средствами измерений (например, отклонение от цилиндричности).

Частными показателями отклонений формы являются отклонения определенной геометрической формы (например, выпуклость, вогнутость, овальность и т.п.). Необходимо усвоить, что это не другие виды отклонений формы, а частные проявления комплексного показателя. Определение частных видов отклонений формы обеспечено необходимыми методами и средствами измерений и поэтому они более доступны для практического использования, чем комплексные.

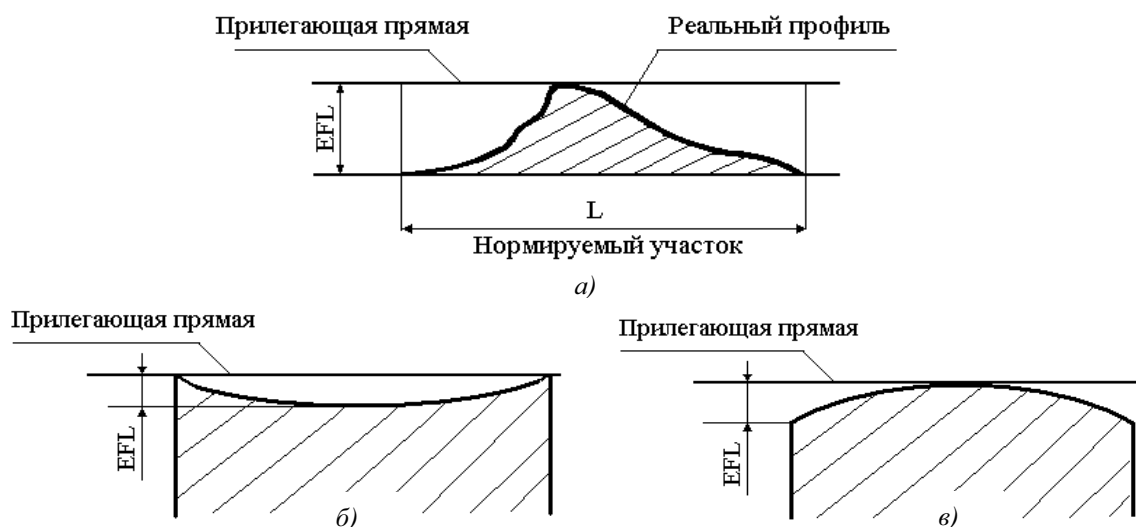


Рис. 6.2. Отклонения от прямолинейности: а) комплексное, б) частное(вогнутость), в) частное(выпуклость)

Отклонением от прямолинейности в плоскости называется наибольшее расстояние **EFL** от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка (рис. 6.2)

Примеры обозначения *отклонения от прямолинейности* на чертеже:

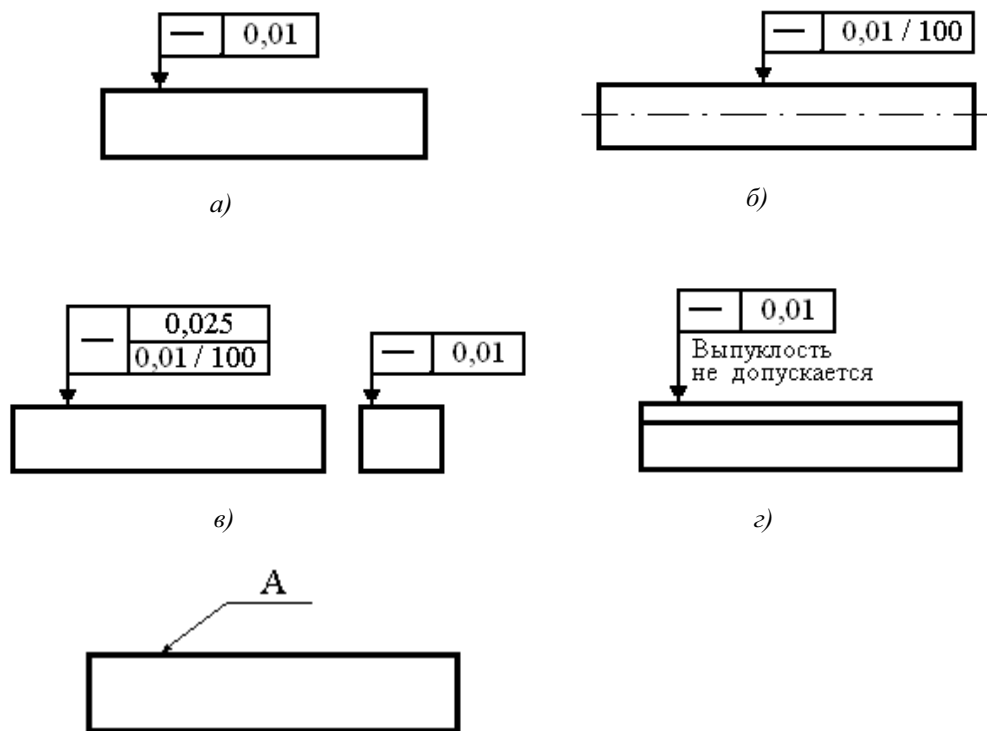
На рис. 6.3, а обозначение указывает, что "отклонение от прямолинейности поверхности не более 0,01 мм".

На рис. 6.3, б – "отклонение от прямолинейности образующих не более 0,01 мм на длине 100 мм", т. е. на любом участке поверхности длиной 100 мм, а не на всей длине задано отклонение.

На рис. 6.3, в – "отклонение от прямолинейности в продольном направлении элемента детали не более 0,025 мм и не более 0,01 мм на каждом участке 100 мм." Отклонение от прямолинейности в поперечном направлении не более 0,01 мм.

На рис. 6.3, г указан запрет на частный вид отклонения "выпуклость". Все частные отклонения формы не имеют условных обозначений, поэтому требования к ним записываются в технических условиях или текстом возле условного знака.

На рис. 6.3, д отклонение от прямолинейности указано в "Технических требованиях" к изготовлению детали. Дано краткое наименование заданного параметра, его значение и буквенное обозначение поверхности.



Технические требования:

- д) 1. Допуск прямолинейности поверхности А
0,01 мм на всей длине

Рис. 6.3. Примеры указания на чертеже условными знаками допускаемых отклонений от прямолинейности

Нормирование точности отклонений от плоскостности

Отклонением от плоскостности называется наибольшее расстояние **EFE** от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 6.4)

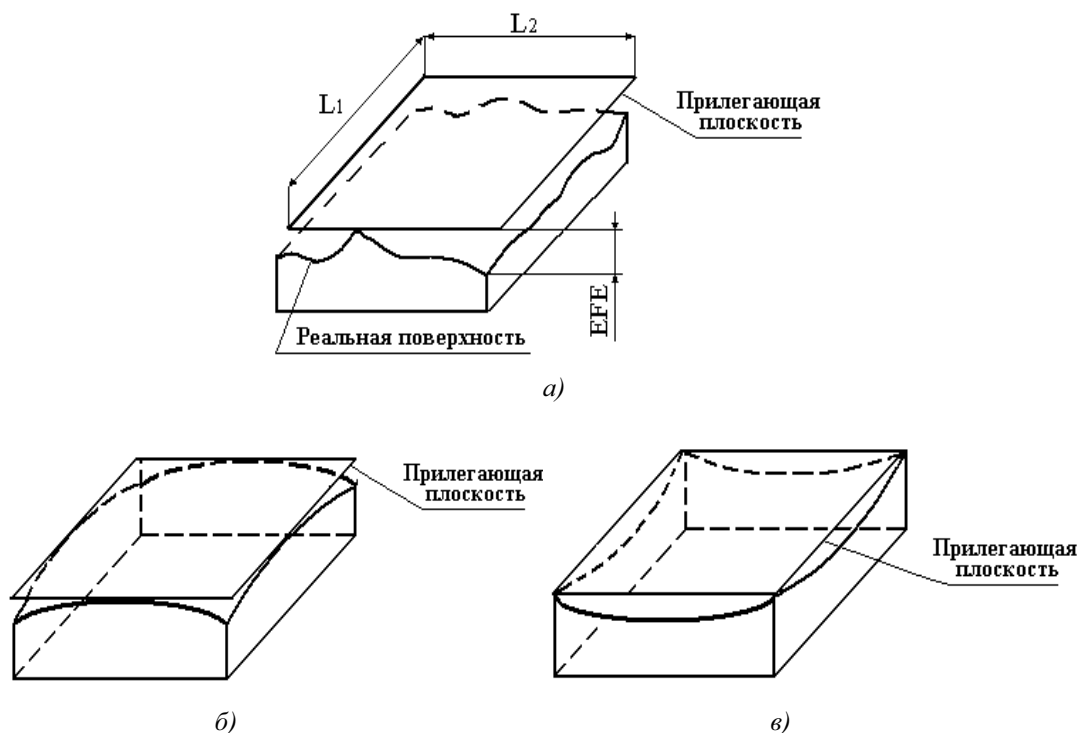


Рис. 6.4. Отклонения от плоскостности: а) комплексное б), в) частные

Для плоскостности также выделяются частные виды отклонения – *выпуклость* (рис. 6.4, б) и *вогнутость* (рис. 6.4, в).

Примеры обозначения *отклонения от плоскостности* на чертеже:

На (рис. 6.5, а) приведено обозначение, которое указывает, что отклонение от плоскостности на всей поверхности не должно превышать 0,01 мм.

На (рис. 6.5, б) указано частное отклонение от плоскостности, которое используется для запрещения вогнутости.

На (рис. 6.5, в) приведено характерное обозначение для допускаемого отклонения от плоскостности. Оно обозначает, что все три выступа должны находиться в одной плоскости и отклонение от плоскостности не должно превышать 0,1 мм.

На (рис. 6.5, г) обозначение означает, что отклонение от плоскостности на каждом участке поверхности размером 100x100 мм не должно превышать 0,1 мм.

Для нормирования числовых значений стандартом установлены **16 степеней точности** в зависимости от номинальной длины нормируемого участка [4, с. 393], [6, с. 248].

Наиболее точные (степени 1–2) рекомендуются для высокоточных измерительных поверхностей (например, концевые меры длины), направляющих высокоточных приборов и станков.

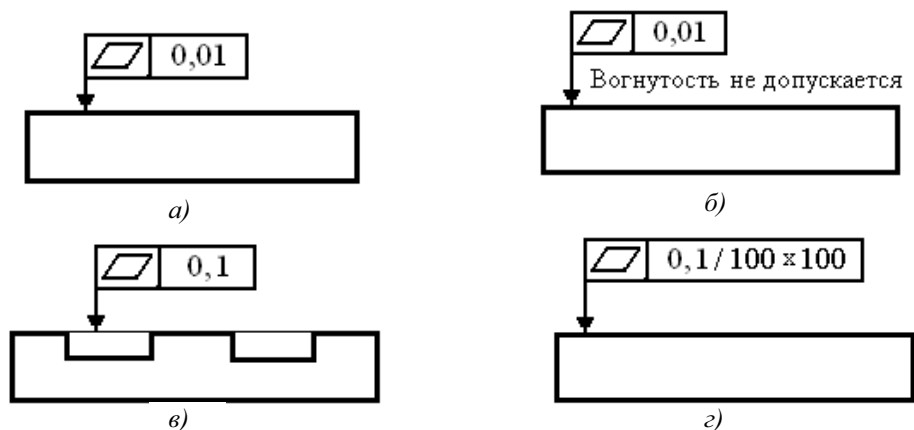


Рис. 6.5. Примеры указания на чертеже условными знаками допускаемых отклонений от плоскостности

Степени 3–4 устанавливаются также к измерительным поверхностям средств измерения, но меньшей точности (поверочные линейки, плиты и т. д.), базовые поверхности некоторых приборов, приспособлений.

Степени 5–6 устанавливаются для направляющих станков нормальной точности.

Степени 7–8 устанавливают для опорных поверхностей, направляющих, поверхностей подшипников, фундаментных рам, фланцев и т. д.

Степени 9–10 задаются на стыковочные поверхности, кронштейны вспомогательных механизмов и т.п.

Степени 11 и грубее используют для неответственных рабочих поверхностей.

Отклонение от цилиндричности, отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения относятся к деталям только с цилиндрическими поверхностями.

Комплексным показателем для цилиндрической поверхности является отклонение от цилиндричности.

Отклонением от цилиндричности называется наибольшее отклонение **EFZ** от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 6.6)

Прилегающим цилиндром называется цилиндр минимального диаметра, описанного вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанного в реальную внутреннюю поверхность.

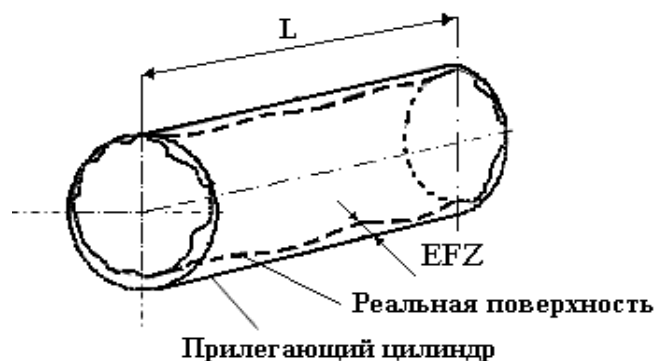


Рис. 6.6. Отклонение от цилиндричности

Этот показатель мало обеспечен производственными измерительными средствами, поэтому он имеет скорее теоретический характер и на рабочих чертежах указывать его в настоящее время нецелесообразно.

Два других вида отклонений формы – отклонение от *круглости* и отклонение *профиля продольного сечения* представляют собой разделенные комплексные показатели отклонения от цилиндричности, получаемые в результате сечения цилиндрической поверхности плоскостью, перпендикулярной оси (отклонение от круглости), и плоскостью, проходящей через ось (отклонение профиля продольного сечения.)

Отклонение от круглости

Отклонением от круглости называется наибольшее расстояние **ЕФК** от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 6.7)



Рис. 6.7. Отклонение от круглости при отсчете от:

а) внешней прилегающей окружности, б) внутренней прилегающей окружности

Пример обозначения на чертеже отклонения от круглости представлен на рис. 6.8, а, б.

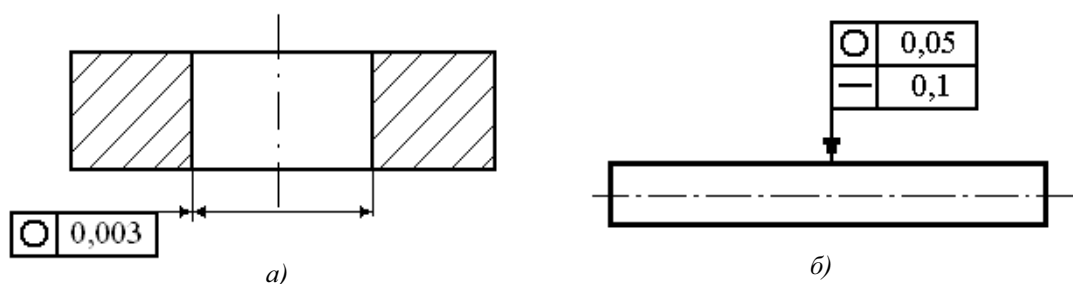


Рис. 6.8. Примеры указания на чертеже условными знаками допускаемых отклонений от:

а) круглости,

б) одновременно от круглости и прямолинейности образующих поверхностей

Частными видами отклонений от круглости являются *овальность* и *огранка* (рис. 6.9).

Овальность – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру (рис. 6.9, а), наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

Значение этого отклонения определяют как полуразность диаметров:

$$EFK = (d_{\max} - d_{\min})/2.$$

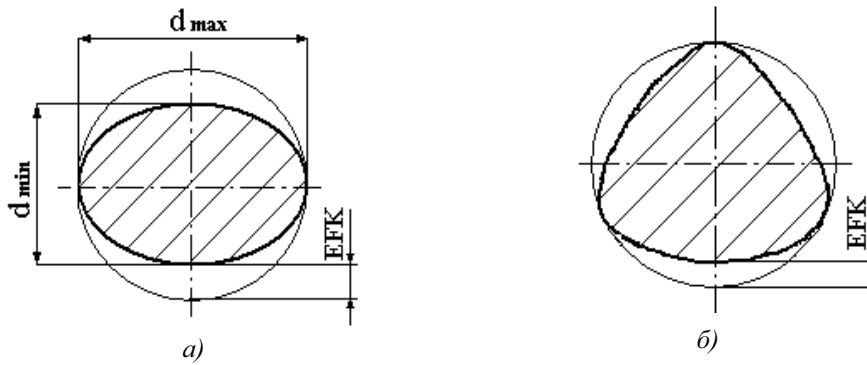


Рис. 6.9. Частные виды отклонений от круглости: а) овальность, б) огранка

До 1 января 1980 г. за значение овальности принималась разность диаметров:

$$EFK = d_{\max} - d_{\min}.$$

Причиной появления овальности может быть овальность заготовок, овальность опорных поверхностей шпинделя станка, упругие деформации детали (особенно тонкостенной) при закреплении на станке или при сборке.

Огранкой называется отклонение от круглости, при котором реальный профиль (рис. 6.9, б) представляет собой многогранную фигуру. В связи с особенностями измерений различают детали с тремя, четырьмя, пятью и т. д. гранями.

Отклонение от круглости в виде огранки наиболее часто возникает при обработке элементов детали на безцентровошлифовальных станках вследствие проскальзывания детали в процессе обработки. Если по каким-либо причинам деталь остановится на краткий момент, то на поверхности элемента появится плоскость – грань. Второй наиболее частой причиной появления *огранки* при обработке является деформация от закрепления детали в патроне станка. Так, при закреплении втулки в трех- или четырехкулачковом патроне внутришлифовального станка часто появляется огранка с числом граней, равным числу кулачков. Характерно, что если измерить отклонение от круглости поверхности детали, закрепленной в патроне, то огранка не обнаруживается и появляется только тогда, когда деталь будет извлечена из патрона.

Отклонение профиля продольного сечения

Отклонением профиля продольного сечения называется наибольшее расстояние EFP от точек образующей реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (рис. 6.10)

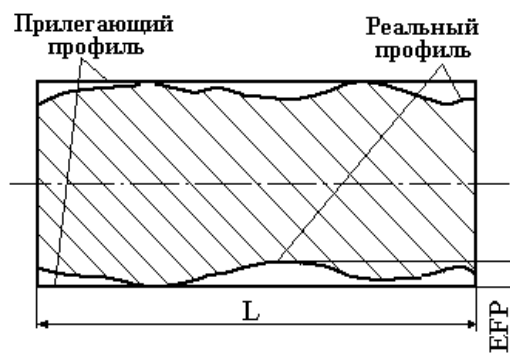


Рис. 6.10. Отклонение формы продольного сечения

Под *прилегающим профилем продольного сечения* понимаются две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем и расположенные вне материала детали так, чтобы наибольшее расстояние от точек образующих реальный профиль до соответствующей прямой приняло минимальное значение (см. рис. 6.10).

В качестве *базы* для отсчета отклонений принимают две параллельные прямые, сдвинутые друг к другу до минимального значения, при котором между ними размещается сечение проходящего через ось реального цилиндрического элемента детали.

Этот параметр в виде комплексного показателя, как он сформулирован, имеет скорее теоретический, чем практический характер, поскольку нет приборов для таких измерений. В настоящее время значение этого отклонения может быть получено только при проведении исследований.

Поэтому целесообразно вместо комплексного вида отклонения профиля указывать частные отклонения.

Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются *конусообразность*, *бочкообразность* и *седлообразность* (рис. 6.11, а, б, в).

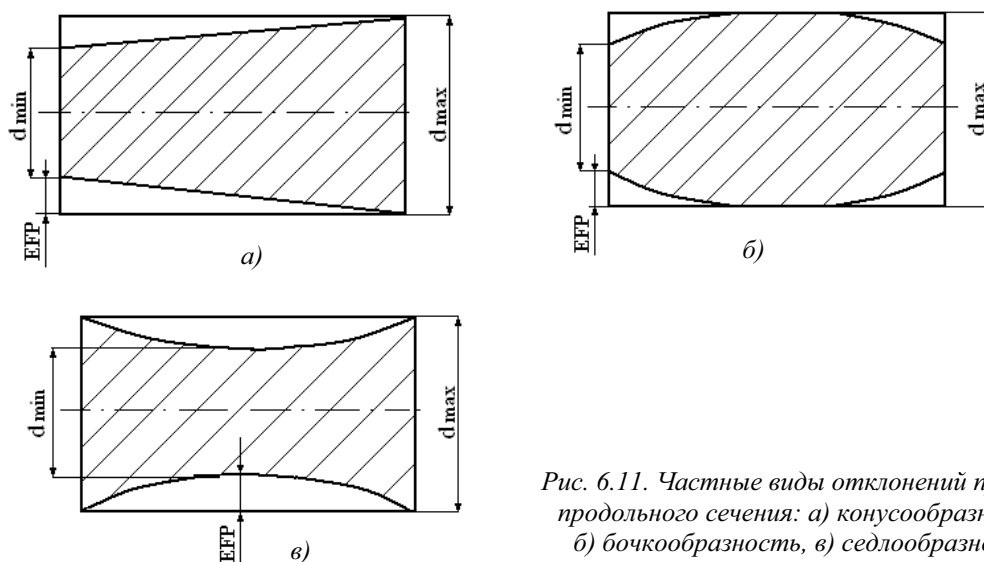


Рис. 6.11. Частные виды отклонений профиля продольного сечения: а) конусообразность, б) бочкообразность, в) седлообразность

Количественная оценка частных видов отклонений формы продольного сечения оценивается следующим образом:

$$EFP = (d_{\max} - d_{\min}) / 2.$$

До 1 января 1980 г. за значение отклонения принималась разность диаметров:

$$EFP = d_{\max} - d_{\min}.$$

Конусообразность называется отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 6.11, а).

Конусообразность появляется из-за отклонений от параллельности в станке направляющих и линии центров в горизонтальной плоскости, износа инструмента при обработке длинных валов и т. д.

Бочкообразность называется отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие имеют выпуклость, а диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 6.11, б).

Бочкообразность появляется под действием усилий резания, при обработке нежестких заготовок ($l \gg D$), извернутости направляющих и т. д.

Седлообразностью называется отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие имеют вогнутость, а диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 6.11, в).

Седлообразность появляется из-за отклонений от параллельности в станке направляющих и линий центров в вертикальной плоскости, от сил резания, отклонения от соосности центров в вертикальной плоскости.

Отклонение от прямолинейности оси в пространстве

Отклонением от прямолинейности оси в пространстве называется наименьшее значение диаметра **EFL** цилиндра, внутри которого располагается реальная ось поверхности вращения в пределах нормируемого участка (рис. 6.12).

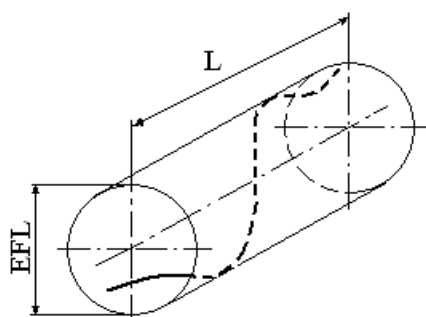


Рис. 6.12. Отклонение прямолинейности оси в пространстве

Примеры указания на чертеже допусковых отклонений от прямолинейности (рис. 6.13):

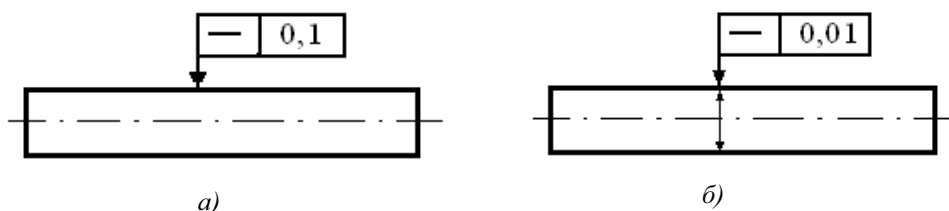


Рис. 6.13. Примеры указания на чертеже условными знаками допусковых отклонений от прямолинейности: а) образующей в плоскости, б) оси в пространстве

Требования к оси элемента детали обозначаются с использованием размерной линии, вне зависимости, указано или не указано на этой линии значение номинального размера (рис. 6.13, б).

6.2. Нормирование точности расположения поверхностей элементов деталей

Основные положения

Любая деталь состоит из нескольких поверхностей, которые должны быть определенным образом расположены друг относительно друга, чтобы образовать конфигурацию детали. Так, например, простейшая цилиндрическая деталь (рис. 6.14) с постоянным диаметром образуется тремя поверхностями: цилиндрической и двумя плоскими поверхностями. Две плоские поверхности должны быть параллельны между собой и располагаться перпендикулярно оси цилиндрической поверхности.

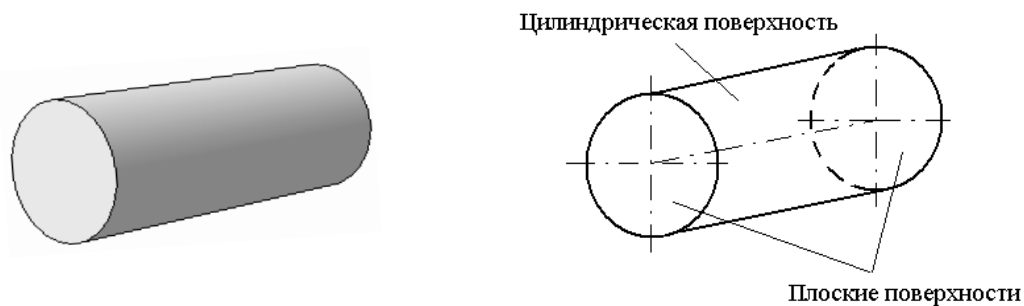


Рис. 6.14. Простейшая деталь, состоящая из трех поверхностей

Более сложные детали, например *корпусные* (рис. 6.15), составлены из большего количества, в основном, цилиндрических и плоских поверхностей, которые расположены самым разным образом в пространстве относительно друг друга.

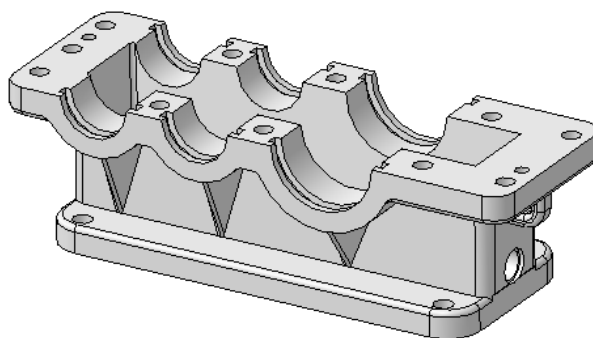


Рис. 6.15. Корпусная деталь

Изготовить деталь так, чтобы составляющие ее поверхности были абсолютно точно расположены друг относительно друга, *невозможно*, следовательно, возникает необходимость нормировать требования к точности изготовления для правильного расположения поверхностей, из которых деталь состоит.

Отклонения расположения в значительной степени касаются корпусных деталей, и выполнение этих требований, в основном, определяют трудности и сложности производства.

Отклонением расположения называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от номинального.

Отклонения расположения поверхностей нормируются для одной детали.

Точность расположения оказывает влияние на собираемость деталей, а также на точность расположения деталей в узле или механизме [4, 9].

При оценке отклонений расположения поверхностей *исключаются* из рассмотрения *отклонения формы* рассматриваемых элементов и баз, т. е. реальные поверхности и профили заменяются прилегающими элементами. Существует два подхода к нормированию точности расположения поверхностей элементов деталей:

1. Нормируется точность расположения двух или более элементов относительно друг друга.
2. Нормируется точность расположения поверхности относительно другой поверхности.

Если требование к точности расположения нормируется относительно другой поверхности, то такая поверхность называется *базовой поверхностью (базой)*.

Базой называется элемент детали, по отношению к которому задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения

Если поверхность какого-то элемента выбирается при нормировании в качестве базы, то это означает, что у детали эта поверхность является более важной для обеспечения эксплуатационных свойств этой детали.

Часто базовые поверхности называют "*базовым элементом*", а поверхность, для которой устанавливаются требования к точности расположения, называют "*нормируемым элементом*".

Базами могут быть различные поверхности, в том числе *плоскости* и *оси*.

Иногда при нормировании точности расположения поверхности используется *комплект баз*.

На чертеже базовая поверхность и ось обозначаются специальным значком (рис. 6.16, 6.17).

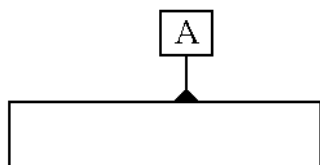


Рис. 6.16. Базой является плоскость

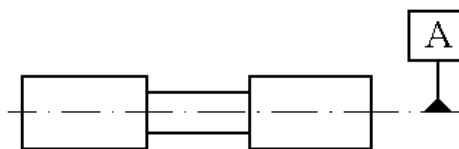


Рис. 6.17. Базой является ось

Виды отклонений расположения поверхностей

Для нормирования точности расположения поверхностей используются *семь параметров*. Знаки допусков, используемые вместо текста в технических требованиях, приводятся в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Условные обозначения на чертеже отклонений расположения поверхностей

Наименование нормируемого параметра	Знак допуска
Отклонение от параллельности	//
Отклонение от перпендикулярности	⊥
Отклонение наклона	∠
Отклонение от соосности	⊙
Отклонение от симметричности	≡
Позиционное отклонение	⊕
Отклонение от пересечения осей	×

Правила указаний на чертежах базовых поверхностей

1. Элемент детали, принимаемый за *базовый*, обозначается зачерненным треугольником, связанным с рамкой. Треугольник должен быть равносторонним с высотой, равной размеру шрифта (рис. 6.18).



Рис. 6.18. Условное обозначение базы на чертеже

2. Поверхности элементов, взаимное положение которых нормируется, связываются между собой соединительными линиями и на них в удобном для прочтения месте располагается рамка. На одном конце соединительной линии наносится знак базы, на другом – стрелка (рис. 6.19, а).

Если ни одна поверхность не выделяется как базовая, то вместо треугольника указывается стрелка (рис. 6.19, б).

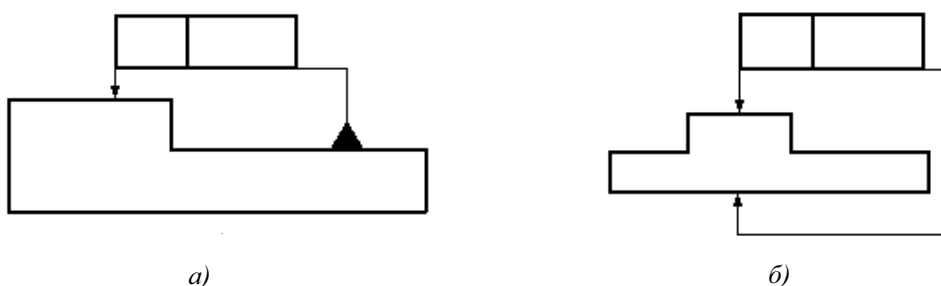


Рис. 6.19. Нормирование взаимного положения поверхностей элементов детали

3. Когда базой является ось или плоскость симметрии, то треугольник должен располагаться на одном конце размерной линии (рис. 6.20, а, б).

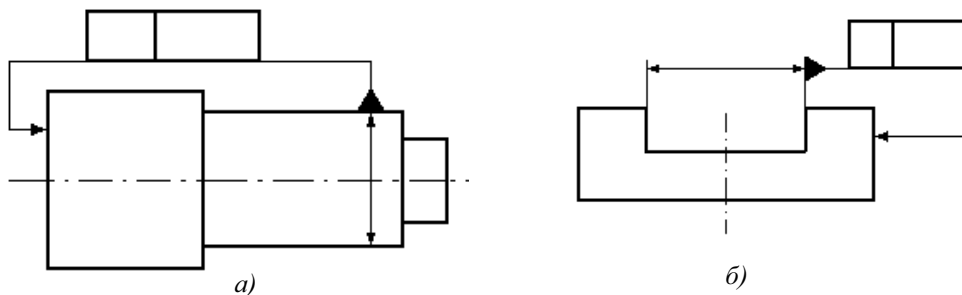


Рис. 6.20. Нормирование взаимного положения поверхностей, когда базой является: а) ось, б) плоскость симметрии

4. Если соединение с базой или другой поверхностью затруднительно, то поверхность базы или другой поверхности обозначается прописной буквой и указывается в третьей части рамки (рис. 6.21).

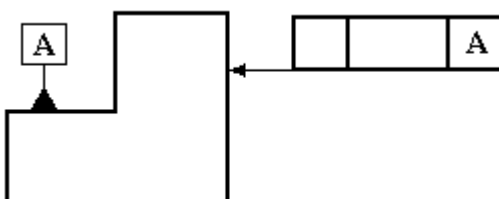


Рис. 6.21. Указание базовой поверхности на чертеже (частный случай)

5. При использовании в качестве базы общей оси или общей плоскости симметрии двух или нескольких элементов и из чертежа ясно, для каких поверхностей они являются общими, то треугольник может быть поставлен непосредственно на оси (рис. 6.22).

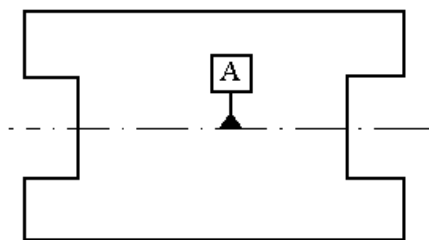


Рис. 6.22. Указание базы на оси симметрии детали

6. В качестве базы могут быть приняты центровые отверстия, тогда возможны два варианта указания базы

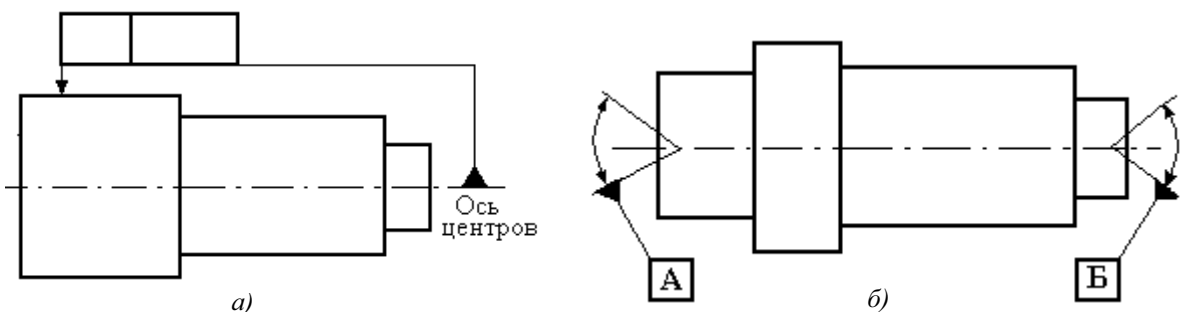


Рис. 6.23. Указание центровых отверстий в качестве базы

этой базы (рис. 6.23, а, б).

7. Если используется комплект баз, то каждая базовая поверхность указывается самостоятельно и записывается в третьей части рамки (рис. 6.24).

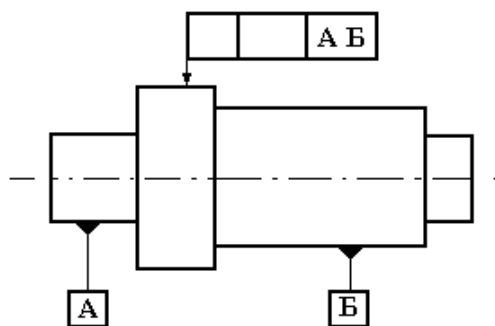


Рис. 6.24. Указание комплекта баз на чертеже

Рамка с условным обозначением отклонения расположения поверхностей представлена на рис. 6.25. В первой ячейке указывается условный знак вида отклонения, во второй ячейке – величина допуска [4, с.414, с.425, с.443], [6, с.249], в третьей ячейке – базовая поверхность.



Рис. 6.25. Рамка с допуском расположения

Отклонение от параллельности элементов детали

Отклонение от параллельности может нормироваться между различными поверхностями элементов детали [2], [4], [6], [10].

1. **Отклонение от параллельности плоскостей** – разность **ЕРА** наибольшего и наименьшего расстояния между плоскостями в пределах нормируемого участка $ЕРА = A_{\max} - A_{\min}$ (рис. 6.26).

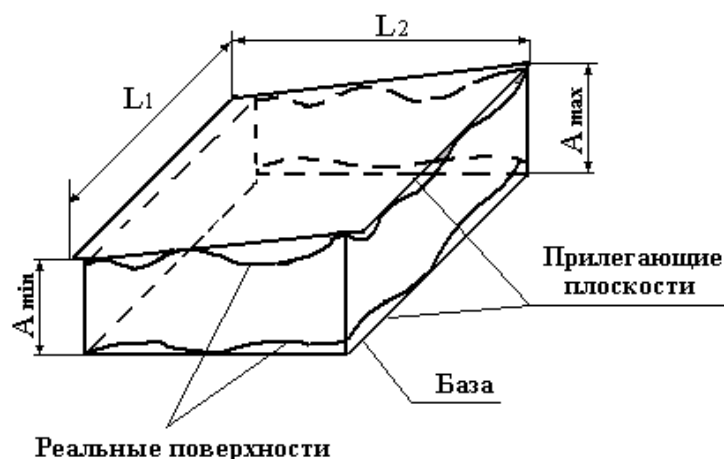


Рис. 6.26. Отклонение от параллельности плоскостей

Примеры условного обозначения допусковых отклонений от параллельности на рабочих чертежах указаны на рис. 6.27 [11].

2. **Отклонение от параллельности оси и плоскости** – разность **ЕРА** наибольшего и наименьшего расстояний между осью и плоскостью на длине нормируемого участка.

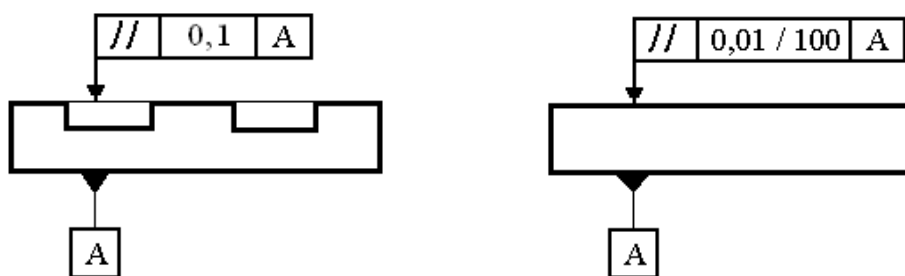


Рис. 6.27. Примеры указания условными знаками допусковых отклонений от параллельности

3. **Отклонение от параллельности прямых в плоскости** – разность **ЕРА** наибольшего и наименьшего расстояний между прямыми на длине нормируемого участка.

4. **Отклонение от параллельности прямых в пространстве.**
5. **Отклонение от параллельности прямых в общей плоскости.**
6. **Перекося осей или прямых.**

Отклонение от перпендикулярности

Существуют различные виды *отклонений от перпендикулярности*:

1. Отклонения от перпендикулярности плоскостей – отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90°) выраженное в линейных единицах **EPR** на длине нормируемого участка (рис. 6.28)

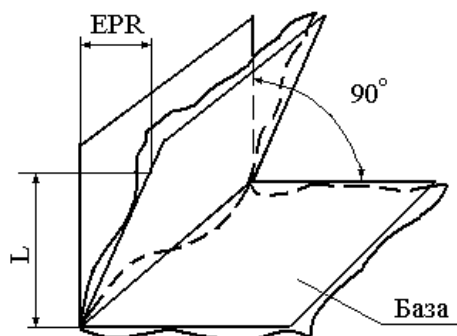


Рис. 6.28. Отклонение от перпендикулярности плоскостей

Примеры условного обозначения допускаемых отклонений от перпендикулярности на рабочих чертежах указаны на рис. 6.29 [10].

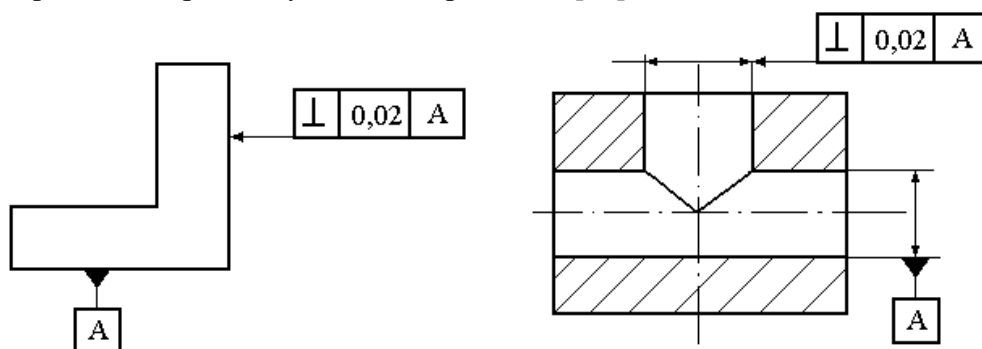


Рис. 6.29. Примеры указания условными знаками допускаемых отклонений от перпендикулярности

2. Отклонения от перпендикулярности плоскости или прямой относительно прямой.
3. Отклонения от перпендикулярности прямой относительно плоскости в заданном направлении.
4. Отклонения от перпендикулярности прямой относительно плоскости.

Примечание. Остальные отклонения взаимного расположения поверхностей, указанные в табл. 6.2 в данном пособии не рассматриваются. Подробно изучить эти виды отклонений можно по литературе [2], [4], [6], [10].

6.3. Суммарные отклонения формы и расположения элементов деталей

Существуют такие сочетания отклонений расположения и формы, которые постоянно используются при нормировании точности деталей типа тел вращения, которые составляют в машиностроении более 50 % от всего количества изделий. Для них установлены специальные знаки, для указания их на чертеже (табл. 6.3) [4, 10].

Таблица 6.3. Условные обозначения на чертеже суммарных отклонений

Виды отклонений	Знаки допусков
Радиальное биение Торцевое биение Биение в заданном направлении	
Полное радиальное биение Полное торцевое биение	
Отклонение формы заданного профиля	
Отклонение формы заданной поверхности	

Полное радиальное биение, полное торцевое биение и отклонение формы заданной поверхности являются отклонениями, относящимися ко всей поверхности, а не к одному сечению, проходящему перпендикулярно нормируемой поверхности.

Радиальное биение

Радиальное биение – это разность **ЕСР** наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис. 6.30)

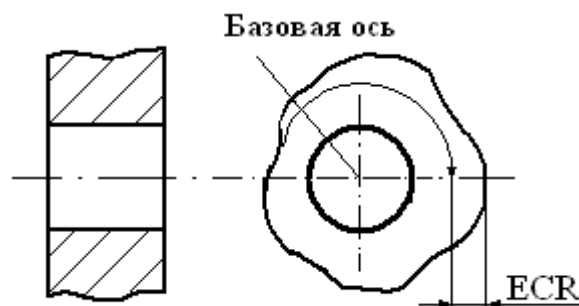


Рис. 6.30. Схема для определения величины радиального биения

Радиальное биение относится к суммарным параметрам точности потому, что оно является результатом совместного проявления отклонения от *круглости* (отклонение формы) профиля рассматриваемого сечения и *соосности* (отклонение расположения).

Примеры обозначения радиального биения на рабочих чертежах деталей приведены на рис. 6.31.

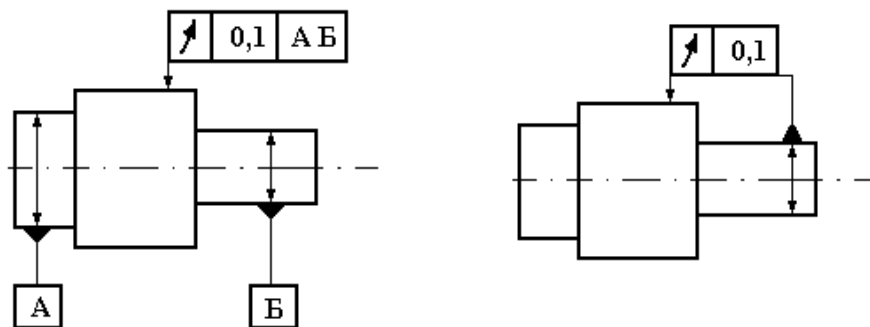


Рис. 6.31. Обозначение условными знаками радиального биения на чертежах

Торцевое биение

Торцевое биение – это разность **ЕСА** наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 6.32)

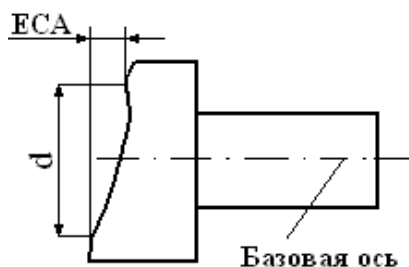


Рис. 6.32. Схема для определения величины торцевого биения

Торцевое биение относится к суммарным отклонениям потому, что оно является результатом совместного проявления отклонения от *плоскостности* и отклонения от *перпендикулярности* торца относительно оси базовой поверхности.

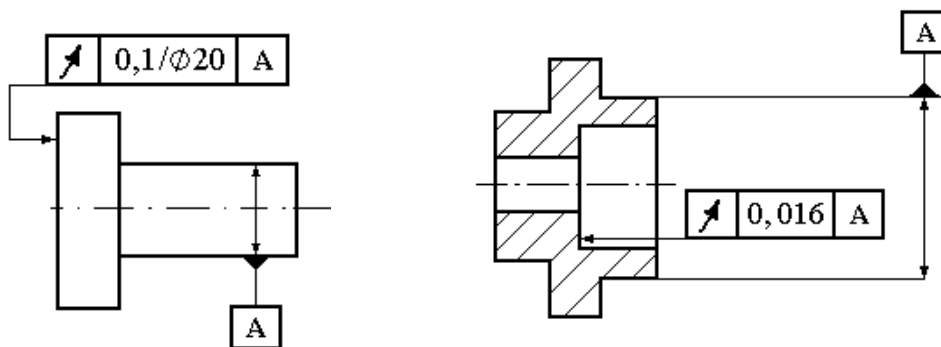


Рис. 6.33. Условное обозначение на чертежах торцевого биения

Радиус, на котором необходимо измерять торцевое биение указывается при необходимости (рис. 6.33). Такие обозначения на чертеже встречаются редко. Это означает, что в принципе биение можно измерять на любом радиусе от оси (2...3 мм от наружной поверхности). Численные значения допусков радиального биения приводятся [4, с. 443], [6, с. 249].

Отклонение формы заданного профиля

Отклонение формы заданного профиля – это наибольшее отклонение **ECL** точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка (рис. 6.34, 6.35)

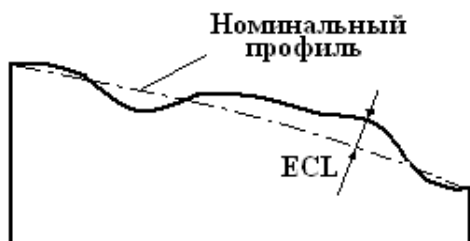


Рис. 6.34. Схема для определения отклонение формы заданного профиля

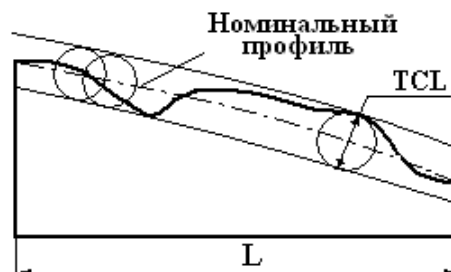


Рис. 6.35. Схема для определения расположение допуска отклонения формы заданного профиля

Отклонение формы заданного профиля относится к суммарным параметрам точности потому, что оно является результатом совместного проявления отклонения формы профиля, а также отклонения расположения этого профиля относительно заданных баз.

Пример условного обозначения допускаемого отклонения формы заданного профиля на рабочем чертеже указан на рис. 6.36.

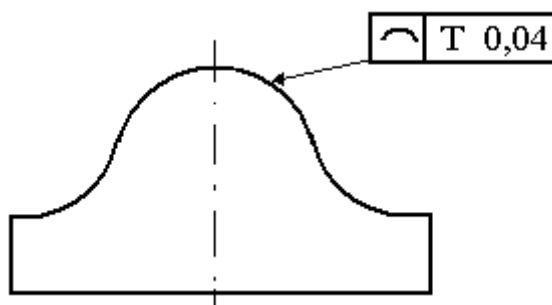


Рис. 6.36. Вариант обозначения условным знаком отклонения формы заданного профиля на чертеже

Примечание. Отклонение формы заданной поверхности в данном пособии не рассматривается. Для изучения этого вида отклонения необходимо обратиться к источникам [4], [6], [10].

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называют отклонением формы поверхности?
2. Какие виды отклонений формы нормируются в машиностроении?
3. Какие отклонения формы называют комплексными, а какие частными и почему?
4. Каким образом определяют численное значение отклонения формы?
5. Как на рабочем чертеже обозначается отклонение формы?
6. Почему необходимо нормировать отклонения формы поверхности детали?
7. Что называют отклонением взаимного расположения поверхностей?
8. Какие виды отклонений взаимного расположения поверхностей нормируются в машиностроении?
9. Что такое базовая поверхность?
10. Каким образом определяют численное значение отклонения расположения поверхностей?
11. Как на рабочем чертеже обозначаются отклонения расположения поверхностей?
12. Почему необходимо нормировать отклонения взаимного расположения поверхностей детали?
13. Какие виды суммарных отклонений формы и взаимного расположения поверхностей нормируют в машиностроении?

7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

7.1. Виды размерных цепей

В зависимости от разных квалификационных признаков можно указать несколько видов размерных цепей:

По расположению звеньев: различают размерные цепи плоские и пространственные, линейные и угловые.

По назначению: конструкторские, технологические и измерительные.

В данном разделе рассматриваются конструкторские размерные цепи.

7.2. Основные понятия о размерных цепях

Точность размера каждого из элементов детали (вала или отверстия) не зависят друг от друга, если их рассматривать отдельно. Но стоит соединить две детали для образования сопряжения, как возникает зависимость значений параметров сопряжения (зазоров и натягов) от размеров элементов соединяемых деталей (вала и отверстия) и их точности.

Другой пример, если взять ступенчатый вал, то его общая длина будет зависеть от длины каждой ступени, т. е. общая длина вала связана с длинами отдельных ступеней. Так, если взять сложный механизм, например, редуктор, то в нем на одном валу могут быть установлены разные по длине детали (зубчатые колеса, муфты, втулки, кольца, прокладки и т.п.), и общая длина собранных на валу деталей будет зависеть от длины каждой из них. Следовательно, необходимо назначать такие требования к точности размеров этих деталей, чтобы они могли быть собраны на валу, и их суммарная длина была бы не больше, чем расстояние между стенками корпуса редуктора, в котором должен быть установлен вал. И не просто установлен, но и обеспечен требуемый осевой зазор.

Таким образом, когда рассматривают совокупность размеров детали или сборочной единицы, то следует связать между собой размеры отдельных деталей или размеры отдельных элементов детали и решать вопрос о совместном нормировании точности.

Взаимосвязь размеров элементов детали или отдельных деталей, входящих в конструкцию узла или всего механизма, составляет *размерную цепь*. По ГОСТ 16319-80, который устанавливает термины и определения на размерные цепи,

размерной цепью называется совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Для облегчения решений задач по обеспечению точности размерных цепей их удобнее представлять в виде геометрических схем, образующих замкнутый контур [5, 10, 11].

Размеры, входящие в размерную цепь, называют *составляющими звеньями*, или просто звеньями, и обозначают чаще всего прописными русскими буквами с индексами.

В размерной цепи всегда выделяют одно звено, которое называют *замыкающим звеном*, а при решении некоторых задач и *исходным звеном*.

Замыкающим звеном называют размер (звено), получаемый в размерной цепи последним при обработке или сборке или размер, который при обработке непосредственно не выдерживается.

Например, на рис. 7.1, а, показан эскиз простейшей детали, а на рис. 7.1, б – изображение размерной цепи, состоящей из длин ее элементов. Размер, который не указан на чертеже, является замыкающим звеном (размер $A_{\Delta} = 30\text{мм}$).

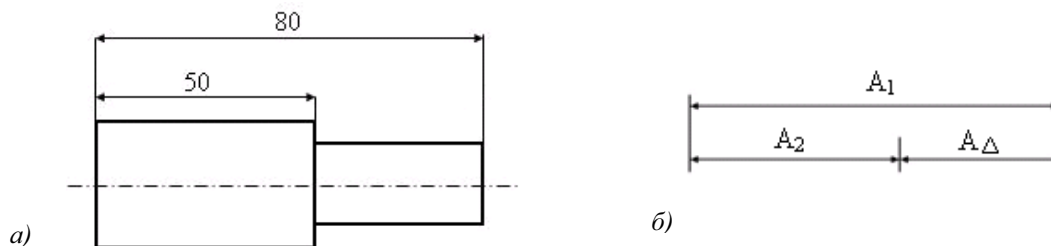


Рис. 7.1. Деталь: а) эскиз, б) схема размерной цепи

Рассмотренные ранее посадки с зазором и натягом также могут служить примерами размерных цепей. На рисунке 7.2 показаны размерные цепи при образовании посадок с зазором и натягом, где зазор и натяг являются также звеном размерной цепи. Следует обратить внимание, что зазор и натяг получают последние в этих простейших размерных цепях.



Рис. 7.2. Схемы простейших размерных цепей

Как правило, размер замыкающего звена на чертеже не проставляется, потому что он получается в результате выполнения требований к другим размерам. Иногда замыкающее звено на чертеже обозначают размером со звездочкой, а в технических условиях текстом указывают, что этот размер дан для справки. Составляющие звенья размерной цепи и замыкающее звено связаны между собой очень важной особенностью, которая позволяет разделить составляющие звенья на *увеличивающие* и *уменьшающие*.

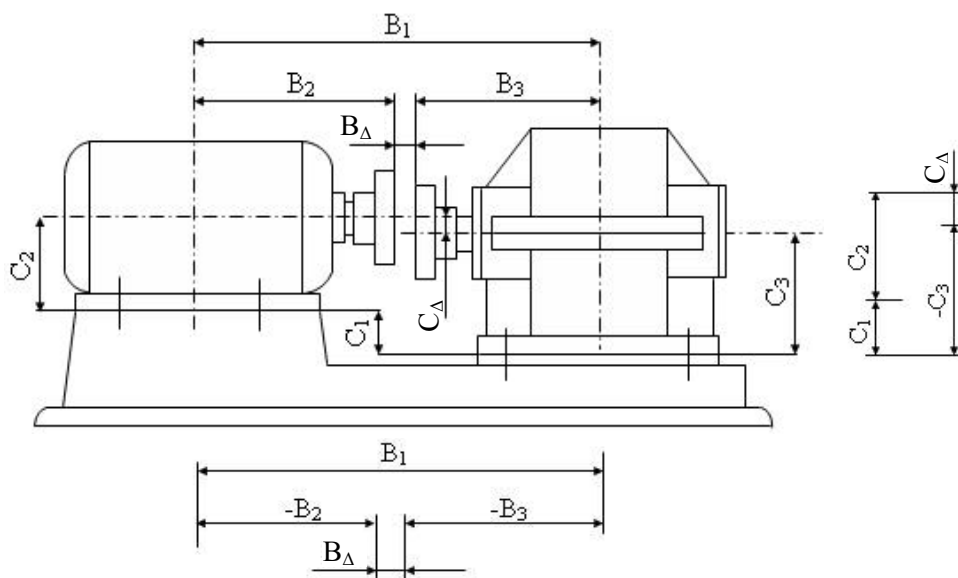


Рис. 7.3. Сборочная единица "двигатель-редуктор" и схемы размерных цепей по монтажным размерам

Увеличивающим звеном размерной цепи называется звено, с увеличением которого размер замыкающего звена тоже увеличивается (звено B_1 на рис. 7.3).

Уменьшающим звеном размерной цепи называется звено, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается (звенья B_2, B_3 на рис. 7.3).

Решение размерной цепи заключается в обеспечении точности замыкающего звена, т. е. необходимо так нормировать точность составляющих звеньев и замыкающего звена, чтобы объекты, которые образуют размерную цепь, выполняли свое функциональное назначение.

На рис. 7.3 для сборочной единицы «двигатель-редуктор» показаны две размерные цепи по монтажным размерам – вертикальная и горизонтальная в одной плоскости.

Цель расчета этих размерных цепей заключается в нормировании точности их составляющих звеньев (размеров) так, чтобы двигатель и редуктор можно было соединить без дополнительной обработки. В горизонтальной размерной цепи замыкающее звено B_Δ характеризует расстояние между полумуфтами в горизонтальном направлении, а в вертикальной цепи замыкающее звено C_Δ характеризует возможное несовпадение осей двигателя и редуктора. При обеспечении заданной точности размеров этих замыкающих звеньев монтаж редуктора и двигателя будет произведен без дополнительной подгонки.

Таким образом, **обеспечение точности размерной цепи** заключается в нормировании точности, т. е. указании предельных значений размеров всех звеньев цепи применительно к требованиям конструкции.

7.3. Задачи, решаемые при обеспечении точности размерных цепей

В зависимости от исходных данных о размерах и точности звеньев размерной цепи, а также от цели, ради которой рассматриваются размеры цепи, решаются две задачи.

1. Прямая (проектировочная).
2. Обратная (проверочная).

Задача 1. Определение предельных размеров составляющих звеньев размерной цепи, если известны предельные размеры замыкающего звена и номинальные значения размеров составляющих звеньев. При решении этой задачи, некоторые авторы, замыкающее звено обычно называют *исходным звеном*.

Эту задачу некоторые авторы называют «*проектировочной*», поскольку решают ее при проектировании конструкции. Когда определилась конструкция узла или механизма и установлены номинальные размеры всех деталей, а также стали известны требования к точности замыкающего (исходного) звена – например, известен необходимый зазор, который следует обеспечить при сборке, то при решении такой задачи необходимо определить требования к точности составляющих звеньев (задать допуски на размеры, т.е. установить их предельные значения).

Задача 2. Определение *предельных размеров замыкающего звена* размерной цепи (т. е. точности этого звена), когда известны предельные размеры остальных составляющих звеньев.

Эту задачу с полным основанием можно назвать «*проверочной*», поскольку необходимость в ее решении возникает тогда, когда закончилось конструирование объекта и определилась его конструкция, т. е. стали известны значения всех составляющих звеньев и установлены требования к их точности. В этой задаче необходи-

мо определить, какие предельные значения размера будут у замыкающего звена при заданных предельных размерах составляющих звеньев, и соберется ли узел при принятой точности составляющих звеньев.

При решении этих двух задач возможны два подхода по ГОСТ 16320-80:

1. Обеспечивающий *полную взаимозаменяемость (метод расчета на максимум-минимум)*.

В этом случае следует так учитывать требования к точности составляющих звеньев, чтобы при любом сочетании годных по размерам составляющих звеньев была достигнута цель решения размерной цепи. Например, все детали, которые в размерной цепи являются *увеличивающими звеньями*, имеют наибольшие предельные размеры, а детали, которые в размерной цепи являются *уменьшающими звеньями* имеют наименьшие предельные размеры, или в случае, когда *увеличивающие звенья* имеют наименьшие предельные размеры, а *уменьшающие звенья* имеют наибольшие предельные размеры, и эти детали поступили на сборку, то в обоих случаях будет обеспечена точность замыкающего звена в заданных пределах.

2. Обеспечивающий *неполную взаимозаменяемость (вероятностный метод)*.

В этом случае полагают, что большинство действительных размеров деталей группируются около середины поля допуска и подчиняются нормальному закону распределения. Предполагают, что вероятность события, когда все звенья размерной цепи принимают предельные значения, низкая (допустим 0,27 %), то тогда можно значительно расширить допуски составляющих звеньев и тем самым снизить себестоимость изготовления деталей. Иногда, при таком методе расчета, для обеспечения точности замыкающего звена возникает необходимость дополнительной обработки отдельных звеньев цепи или следует использовать другие приемы [2].

7.4. Расчет точности размерных цепей при обеспечении полной взаимозаменяемости (метод максимума-минимума)

Задача 1 (проектировочная).

Пусть *известен номинальный размер и допуск замыкающего звена* (исходного звена) и номинальные размеры всех составляющих звеньев и *требуется определить допуски и отклонения составляющих звеньев*. Эта задача может быть решена двумя способами.

Способ 1 – Назначение равных допусков на все звенья размерной цепи. Этот способ используется в тех случаях, когда размеры всех составляющих звеньев примерно одинаковы, например, находятся в одном интервале размеров системы допусков и посадок, а следовательно, могут быть изготовлены с примерно одинаковыми экономическими затратами. При этих условиях допуски всех составляющих звеньев принимают одинаковые, которые определяют делением допуска замыкающего звена на число составляющих звеньев, без замыкающего [9]:

$$T_{A_i} = T_{A_{\Delta}} / (m - 1), \quad (1)$$

T_{A_i} – допуски составляющих звеньев; $T_{A_{\Delta}}$ – допуск замыкающего звена;

m – число составляющих звеньев размерной цепи.

После этого производится «волевая» корректировка допусков. При корректировке следует назначать большие допуски на те звенья размерной цепи, которые действительно сложнее для изготовления, чем остальные, а на другие звенья, более простые в изготовлении – меньшие. После такой «волевой» корректировки прово-

дится проверочный расчет, т. е. необходимо убедиться, что допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев.

Способ 2 – назначение допусков на размеры звеньев из одного ряда точности (по одному качеству).

При этом способе решения, в отличие от предыдущего, учитывается, что номинальные размеры составляющих звеньев не находятся в одном интервале размеров и необходимо на все звенья назначить допуски по одному качеству.

Решение задачи сводится к нахождению того качества, по которому следует назначить допуски на составляющие звенья. Для нахождения качества надо найти число единиц допуска «а», характеризующее определенный качество, так как:

$$T_A = a \cdot i. \quad (2)$$

Значение «а» устанавливается для каждого качества по ГОСТ 25846-89.

Поскольку допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев, т. е.:

$$T_{A\Delta} = \sum T_{A_i} = \sum a \cdot i, \text{ то: } a = T_{A\Delta} / \sum i, \quad (3)$$

i – единица допуска, мкм;

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{A_i} + 0,001 \cdot A_i, \text{ мкм} \quad (4)$$

Полученное таким образом число единиц допуска «а» при решении конкретной задачи может не совпадать со значением, которое принято в стандартах для определенного качества (см. табл. 7.1 и 7.2). Поэтому выбирается ближайший качество, по которому назначаются стандартные допуски в соответствии с номинальными размерами составляющих звеньев.

Таблица 7.1. Значение числа единиц допуска для разных качеств

Значение качества	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Число единиц допуска «а»	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640

После этой процедуры проводится «волевая» корректировка. Если был принят более точный качество, чем получился по расчету, то сумма допусков составляющих звеньев будет меньше, чем допуск замыкающего звена, а если был взят более грубый качество, то сумма допусков будет больше, чем допуск замыкающего звена. Корректировка сводится к тому, что на более сложные в изготовлении звенья размерной цепи назначаются большие допуски, а на относительно простые – меньшие. После корректировки опять необходимо провести проверочный расчет, т. е. убедиться, что сумма допусков размеров, составляющих размерную цепь, меньше или равна допуску замыкающего звена. Обычно предельные отклонения для размеров увеличивающих звеньев принимаются со знаком (+), а для размеров уменьшающих звеньев – со знаком (–) и численно равные допуску.

Таблица 7.2. Значение единицы допуска для различных интервалов размеров

Интервалы размеров, мм	до 3	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250
Значение i, мм	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,80	2,17	2,52	2,90

Число единиц допуска (i) может быть рассчитано по формуле (4) или выбрано из табл. 7.2, в зависимости от интервала номинальных размеров детали.

Задача 2 (проверочная).

Известны *предельные допустимые значения всех составляющих звеньев* и требуется определить возможные *предельные размеры замыкающего звена*.

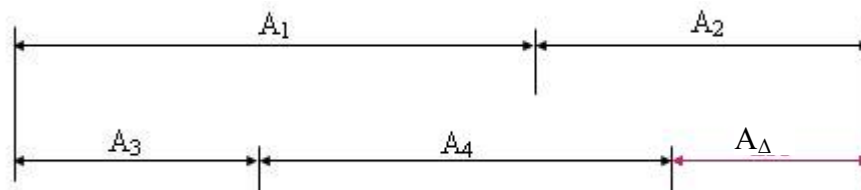


Рис. 7.4. Схема размерной цепи

Решение задачи выполним на примере размерной цепи, показанной на рис. 7.4, в следующей последовательности:

1. Определяем номинальный размер замыкающего звена:

$$A_{\Delta} = (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4), \text{ т. е. } A_{\Delta} = \sum A_{ув} - \sum A_{ум}. \quad (4)$$

Таким образом, номинальный размер замыкающего звена равен разности сумм номинальных размеров увеличивающих и уменьшающих звеньев.

2. Определяем допуск замыкающего звена (см. рис. 7.4):

$$A_{\Delta нб} = A_{1нб} + A_{2нб} - A_{3нм} - A_{4нм}, \\ A_{\Delta нм} = A_{1нм} + A_{2нм} - A_{3нб} - A_{4нб}.$$

Разность между наибольшим и наименьшим размерами замыкающего звена равна допуску на это звено, так же как и разности предельных размеров составляющих звеньев равны допускам на каждый из них.

$$(A_{\Delta нб} - A_{\Delta нм}) = (A_{1нб} - A_{1нм}) + (A_{2нб} - A_{2нм}) + (A_{3нб} - A_{3нм}) + (A_{4нб} - A_{4нм})$$

или

$$TA_{\Delta} = TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4, \text{ т. е. } TA_{\Delta} = \sum TA_i \quad (5)$$

Таким образом, допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев. Отсюда следует, что допуск любого звена может быть выявлен, как разность между допуском замыкающего звена и суммой допусков остальных звеньев.

3. Определяем предельные отклонения замыкающего звена.

Верхнее и нижнее отклонение замыкающего звена определяются следующим образом:

$$es(ES) A_{\Delta} = \sum es(ES) A_{ув} - \sum ei(EI) A_{ум} \quad (6)$$

$$ei(EI) A_{\Delta} = \sum ei(EI) A_{ув} - \sum es(ES) A_{ум} \quad (7)$$

Таким образом, выявлены все зависимости, необходимые для определения требований к точности замыкающего звена.

Внимание! При расчете размерных цепей методом максимума минимума необходимо выделять основополагающие уравнения:

$A_{\Delta} = \sum A_{ув} - \sum A_{ум}$ – уравнение номиналов,

$TA_{\Delta} = \sum TA_i$ – уравнение допуска замыкающего звена,

$es(ES) A_{\Delta} = \sum es(ES) A_{ув} - \sum ei(EI) A_{ум}$ – уравнение для определения верхнего отклонения замыкающего звена,

$ei(EI) A_{\Delta} = \sum ei(EI) A_{ув} - \sum es(ES) A_{ум}$ – уравнение для определения нижнего отклонения замыкающего звена.

Пример: Определить допуски и отклонения размеров составляющих звеньев (рис. 7.5, 7.6), если известны их номинальные размеры, а также номинальный размер и допуск замыкающего звена $A_{\Delta} = 0,5 \dots 1,3$ мм.

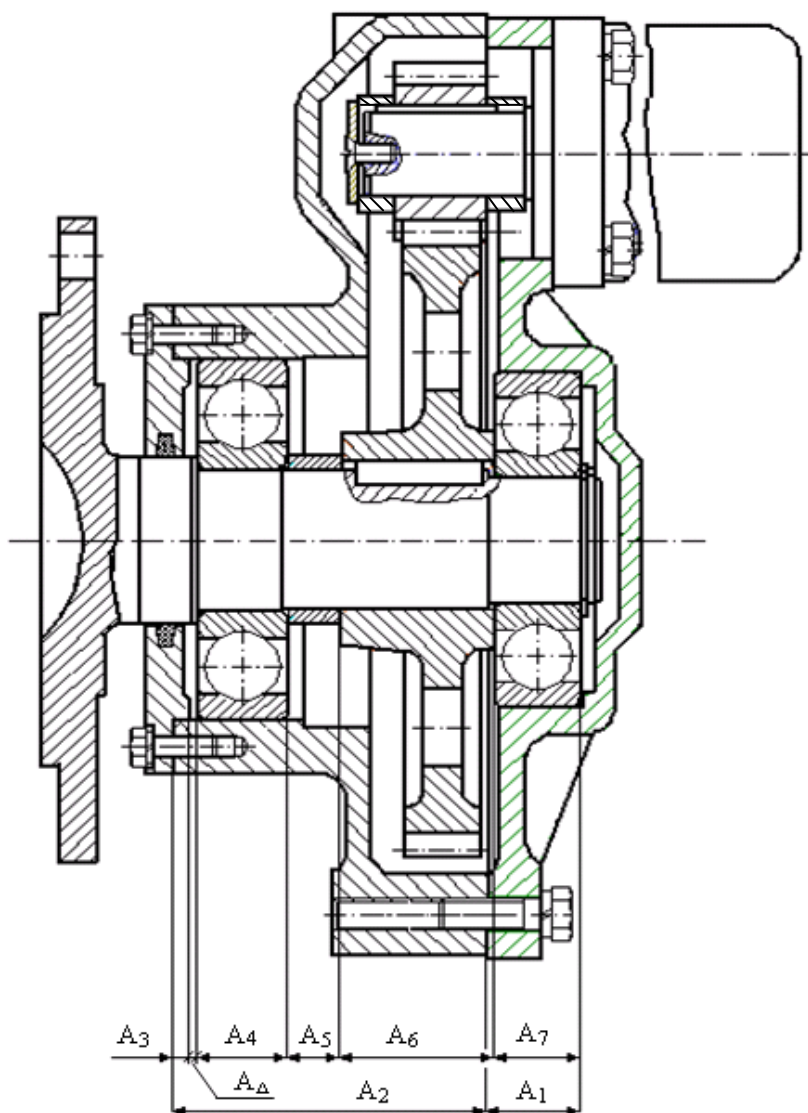


Рис. 7.5. Чертеж редуктора и схема размерной цепи

Строим схему размерной цепи с номинальными размерами составляющих звеньев и допуском на замыкающее звено (рис. 7.6).

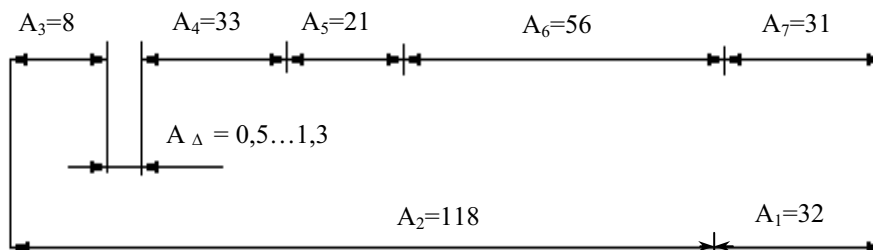


Рис. 7.6. Схема размерной цепи с номинальными размерами, мм

1. В качестве примера дана *прямая задача* (проектировочная).

Эта задача может быть решена двумя способами:

Способ 1: Назначение равных допусков на все звенья размерной цепи (применяется, когда размеры составляющих звеньев попадают в один интервал размеров, т. е. примерно одинаковы).

Способ 2: Назначение допусков на размеры звеньев из одного ряда точности (применяется, когда размеры составляющих звеньев сильно отличаются друг от друга).

Решаем задачу *вторым способом*, так как в нашем случае размеры составляющих звеньев сильно отличаются друг от друга:

Размеры A_4 и A_7 являются шириной подшипников качения. Допуски на ширину кольца подшипника приводятся в [5, с.273, табл. 4.82].

Выбираем отклонения для «0» класса точности: $A_4 = 33_{-0,150}$; $A_7 = 31_{-0,120}$.

Для нахождения квалитета необходимо найти число единиц допуска «а», так как $TA = a \cdot i$.

Поскольку допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев, т. е.

$$TA_{\Delta} = \sum TA_i = \sum a \cdot i, \text{ то} \\ a = TA_{\Delta} / \sum i,$$

i – единица допуска, мкм.

$$i = 0,45 \sqrt[3]{A_i} + 0,001 \cdot A_i, \text{ мкм.}$$

Определяем величину единицы допуска (i) для каждого размера, входящего в размерную цепь по вышеприведенной формуле или выбираем значение единицы допуска для различных интервалов размеров из табл. 7.2.

$$i_1 = 0,45 \sqrt[3]{32} + 0,001 \cdot 32 = 1,461 \text{ мкм,}$$

$$i_2 = 0,45 \sqrt[3]{118} + 0,001 \cdot 118 = 2,325 \text{ мкм,}$$

$$i_3 = 0,45 \sqrt[3]{8} + 0,001 \cdot 8 = 0,908 \text{ мкм,}$$

$$i_5 = 0,45 \sqrt[3]{21} + 0,001 \cdot 21 = 1,262 \text{ мкм,}$$

$$i_6 = 0,45 \sqrt[3]{56} + 0,001 \cdot 56 = 1,777 \text{ мкм.}$$

Единицы допуска для размеров A_4 и A_7 определяются как отношение значения известного допуска к числу единиц допуска «а», который находится из [4, с.44, табл. 1.8]. В нашем случае $a = 100$, что соответствует 11 квалитету точности (IT11).

$i_4 = 150/a(11) = 150/100 = 1,5$ мкм; $i_7 = 120/a(11) = 120/100 = 1,2$ мкм.

Определяем число единиц допуска «а»:

$$a = 1000 \cdot (1,3 - 0,5) / (1,461 + 2,325 + 0,908 + 1,5 + 1,262 + 1,777 + 1,2) = 800 / 10,433 = 77$$

Полученное значение $a = 77$ находится между табличными значениями $a = 64$ (IT10) и $a = 100$ (IT11). Ближайшее табличное значение $a = 64$, которое установлено для 10 квалитета [4, с. 45, табл. 1.8] или (см. табл. 7.1), поэтому величины допусков на размеры составляющих звеньев назначаем по 10 квалитету [4, с. 44, табл. 1.8].

$A_1 = 32_{+0,100}$; $A_2 = 118_{+0,140}$; $A_3 = 8_{-0,058}$; $A_4 = 33_{-0,150}$; $A_5 = 21_{-0,084}$; $A_6 = 56_{-0,120}$; $A_7 = 31_{-0,120}$.

Предельные отклонения для размеров увеличивающих звеньев принимаются со знаком (+), а для размеров уменьшающих звеньев – со знаком (–) и численно равные допуску.

1.3. Проверка условия: $TA_{\Delta} = \sum TA_i$

$$1000 \cdot (1,3 - 0,5) = 100 + 140 + 58 + 150 + 84 + 120 + 120$$

$$800 = 772 \text{ условие не выполняется (допуски занижены).}$$

Условие не выполняется потому, что расчетное значение числа единиц допуска $a = 77$ было округлено в меньшую сторону до $a = 64$, и допуски выбраны по 10 качеству, соответствующие этому коэффициенту. В результате, назначенные допуски оказались заниженными. Необходимо произвести «волевою» корректировку допусков. Назначить на наиболее сложные в изготовлении звенья допуски по менее точному качеству. Или прибавить к существующему значению допуска одного из звеньев недостающую разницу ($800 - 772 = 28$ мкм) и произвести проверку условия. Допуски на ширину колец подшипников остаются неизменными.

Прибавим разницу 28 мкм к допуску на размер A_2 , т. к. этот размер является наиболее сложным в изготовлении и получим:

$$A_2 = 118_{+0,168}$$

Проверяем условие $TA_{\Delta} = \sum TA_i$:

$$1000 \cdot (1,3 - 0,5) = 100 + 168 + 58 + 150 + 84 + 120 + 120$$

$$800 = 800 \text{ условие выполняется.}$$

Строим размерную цепь и указываем все номинальные размеры с допусками составляющих звеньев и допуск замыкающего звена (рис. 7.7).

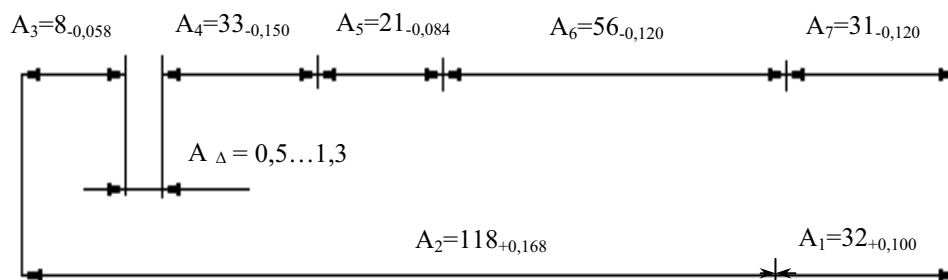


Рис. 7.7. Схема размерной цепи с номинальными размерами и допусками

Таким образом, поставленная задача решена. Определены допуски и отклонения размеров всех составляющих звеньев.

Примечание: в литературе [11] можно встретить следующие обозначения увеличивающих и уменьшающих звеньев:

\overrightarrow{A} – увеличивающее звено размерной цепи,
 \overleftarrow{A} – уменьшающее звено размерной цепи.

Для того чтобы выделить уменьшающие и увеличивающие звенья в размерной цепи, поступают следующим образом: Замыкающему звену условно присваивают индекс уменьшающего (стрелка направлена влево). Затем проводится мысленный обход размерного контура по этой стрелке и в направлении обхода проставляются стрелки над буквами, обозначающими составляющие звенья. Если стрелка будет направлена вправо – звено увеличивающее, а если влево – уменьшающее[11] (рис. 7.8).

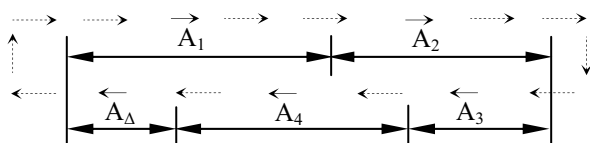


Рис. 7.8. Схема размерной цепи с линией «обхода» для выявления увеличивающих и уменьшающих звеньев

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется размерной цепью?
2. Какие виды размерных цепей по назначению выделяют?
3. Что понимается под понятием составляющие звенья размерной цепи?
4. Как изображаются на схеме звенья размерной цепи?
5. Какое звено размерной цепи называется замыкающим?
6. Какие звенья размерной цепи называются увеличивающими?
7. Какие звенья размерной цепи называются уменьшающими?
8. В чем заключается решение размерной цепи?
9. Какие задачи решаются при обеспечении точности размерных цепей?
10. Какие подходы существуют для решения этих задач?
11. Какие способы решения данных задач существуют для обеспечения точности размерных цепей методом максимума-минимума? В чем суть этих способов?
12. Какие переменные входят в уравнение номиналов?
13. Какие переменные входят в уравнение допуска замыкающего звена?
14. Как определяются верхнее отклонение замыкающего звена?
15. Как определяются нижнее отклонение замыкающего звена?
16. Какие виды размерных цепей по расположению звеньев различают?

8. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ ИХ ВЫБОРА

8.1. Средства измерения

После изготовления детали, а иногда и на различных стадиях изготовления, возникает необходимость контроля размеров ее элементов. Для этой цели существует большое разнообразие измерительных средств различного назначения: для измерения как наружных и внутренних размеров, так и углов наклона поверхностей, глубин выступов и пазов, отклонений формы и взаимного расположения поверхностей и др. Конструкция средств измерения (СИ) может быть простой (например линейка или транспортир) или более сложной (штангенциркуль или угломер с нониусом). Как правило, чем точнее необходимо измерить размер, тем сложнее и дороже будет конструкция средства измерения. В этом разделе рассмотрены часто используемые в промышленности СИ и даны их метрологические характеристики.

Штангенинструменты

Для измерения линейных и угловых размеров абсолютным методом часто используют штангенинструмент. К этим СИ относятся штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, штангензубомеры и др.

В российских стандартах представлены три вида *штангенциркулей*. Это ШЦ–I, ШЦ–II и ШЦ–III (рис. 8.1, а, б, в). Штангенциркуль ШЦ–I имеет диапазон измерений от 0 до 125 мм и цену деления нониуса 0,1 мм. Штангенциркуль ШЦ–II изготавливается с различными диапазонами измерения: 0...160 мм; 0...200 мм; 0...250 мм и ценой деления шкалы нониуса 0,05 и 0,1 мм. Штангенциркуль конструкции ШЦ–III выпускается с диапазонами измерения от 0...160 мм до 0...2000 мм с ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм и 0,1 мм.

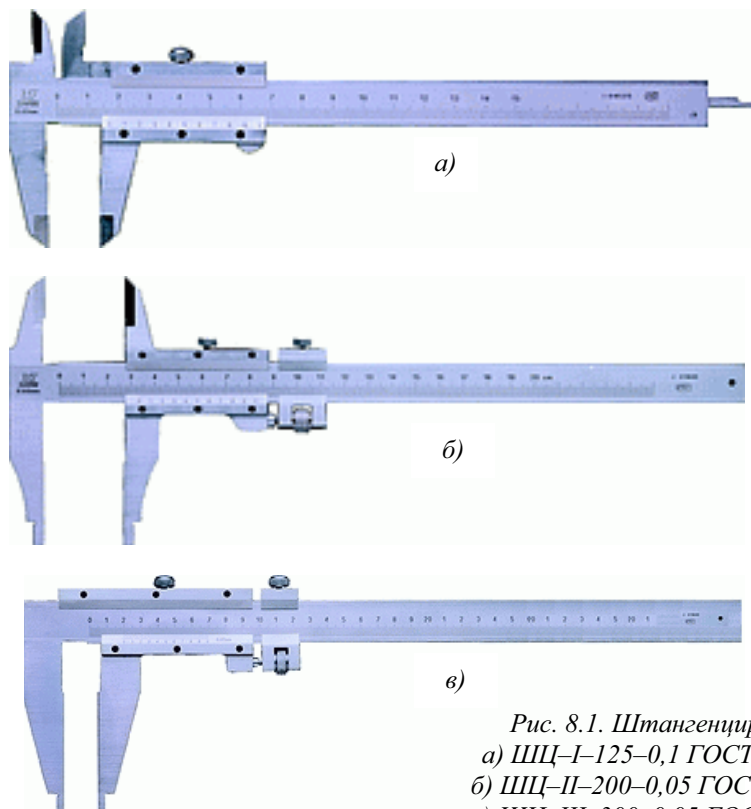


Рис. 8.1. Штангенциркули:
а) ШЦ–I–125–0,1 ГОСТ 166–89,
б) ШЦ–II–200–0,05 ГОСТ 166–89,
в) ШЦ–III–300–0,05 ГОСТ 166–89

Также отечественными инструментальными заводами выпускаются штангенциркули типа ШЦК с круговой шкалой и ШЦЦ с цифровым отсчетным устройством (рис. 8.2, а, б).

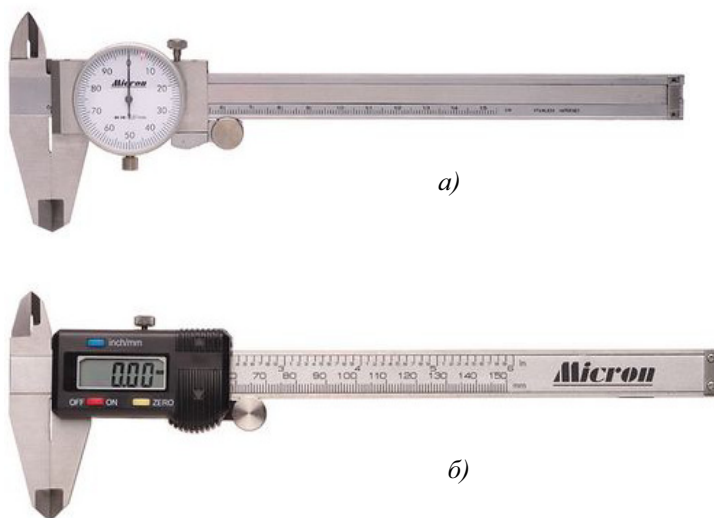


Рис. 8.2. Штангенциркули:
а) ШЦК-1-150-0,1 ГОСТ 166-89,
б) ШЦЦ-1-150-0,01 ГОСТ 166-89

Угломеры с нониусом применяют для измерения наружных и внутренних углов деталей. Угломеры типа 5УМ и 4УМ (рис. 8.3, а, б) предназначены для измерения наружных углов изделий в диапазоне $0...180^\circ$ с ценой деления шкалы нониуса $5'$ и $10'$ соответственно, угломер УН модели 1005 (рис. 8.4) используется для измерения наружных углов в диапазоне $0...360^\circ$ и внутренних углов в диапазоне $40...180^\circ$ с ценой деления шкалы нониуса $2'$.

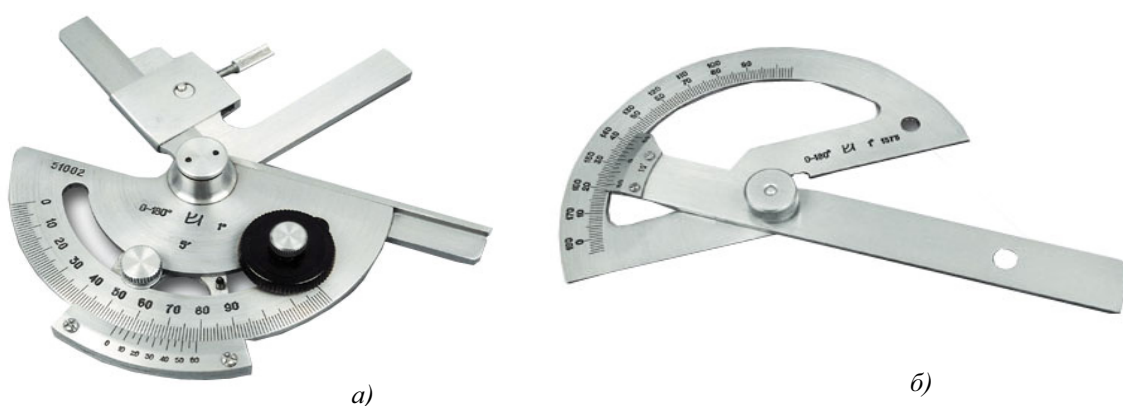


Рис. 8.3. Угломеры с нониусом:
а) 5УМ ГОСТ 5378-88,
б) 4УМ ГОСТ 5378-88

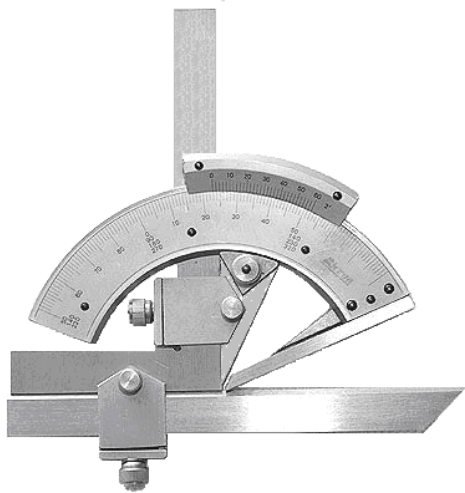


Рис. 8.4. Угломер с нониусом модели 1005 (УМ-127)

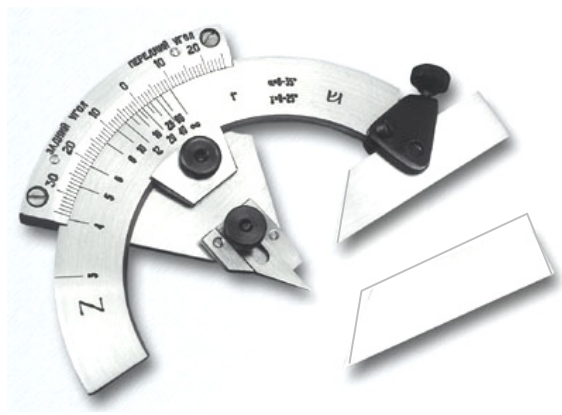


Рис. 8.5. Прибор 2УРИ TV2-034-617-84

Прибор типа 2УРИ (рис. 8.5) предназначен для измерения переднего и заднего углов многолезвийного инструмента с прямолинейными и спиральными зубьями, с равномерным шагом от 5 до 75 мм и с прямолинейным участком по передней и задней граням не менее 1 мм.

Штангенглубиномеры типа ШГ и ШГЦ (рис. 8.6, а, б, 8.7). используются для измерения глубины пазов и высоты уступов. Штангенглубиномеры типа ШГ выпускают нескольких типоразмеров с диапазоном измерений: 0...160, 0...200, 0...250, 0...300, 0...400 и ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм. Штангенглубиномеры типа ШГЦ имеют диапазоны измерений: 0...160, 0...200, 0...300 с шагом дискретности отсчета 0,01 мм.



Рис. 8.6. Штангенглубиномеры:
а) ШГ-250 ГОСТ 162-90,
б) ШГ-160 ГОСТ 162-90

В каталогах некоторых зарубежных фирм, занимающихся производством измерительного инструмента, встречаются и другие конструктивные варианты исполнения глубиномеров. На рис. 8.8 представлена конструкция цифрового штангенглубиномера с тонким измерительным стержнем, который предназначен для измерения глубины глухих отверстий малого диаметра и высоты уступов, а также глубины пазов в тех местах, где вышеприведенные конструкции глубиномеров использовать затруднительно.



Рис. 8.7. Штангенглубиномер ШГЦ-300 ГОСТ 162-90



Рис. 8.8. Цифровой штангенглубиномер с тонким измерительным стержнем

Штангенрейсмасы различных типов ШР, ШРК, ШРЦ (рис. 8.9, а, б, в) предназначены для измерения и разметки деталей. Часто таким СИ измеряют габариты изделия. Штангенрейсмасы типа ШР выпускают нескольких типоразмеров с диапазоном измерений: 0...250, 40...400, 60...630, 100...1000, 600...1600, 1500...2500 мм и ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм (для ШР-250, ШР-400, ШР-630) и 0,1 мм (для ШР-630, ШР-1000, ШР-1600, ШР-2500).

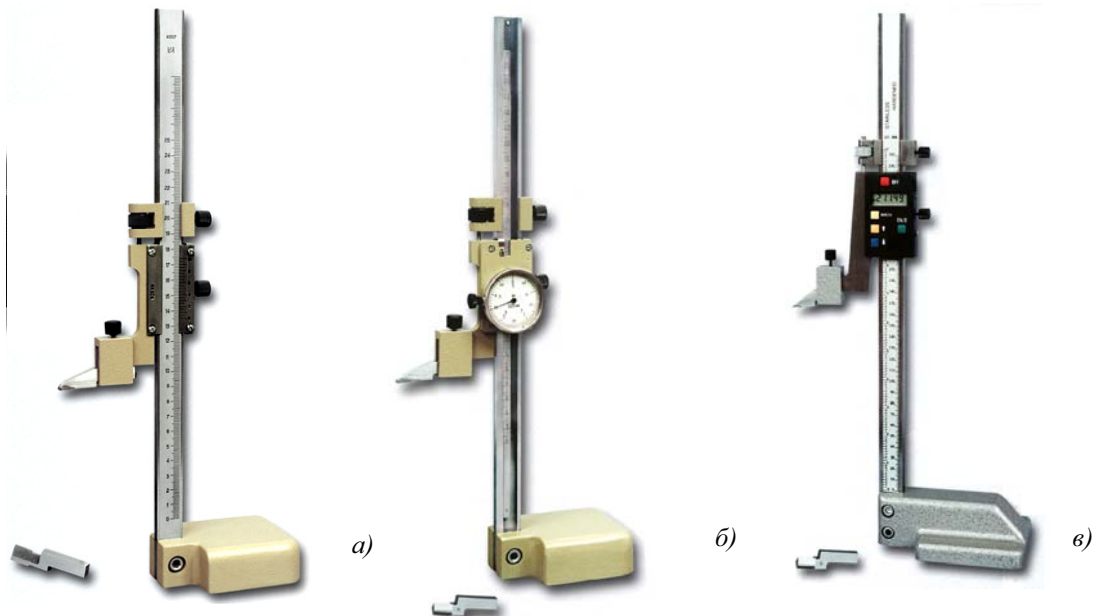


Рис. 8.9. Штангенрейсмасы:
 а) ШР-250-0,05 ГОСТ164-90,
 б) ШРК-250-0,05 ГОСТ 164-90,
 в) ШРЦ-300-0,01 ТУ 3933-137-0221072-2002

Штангензубомеры типа ШЗН (рис. 8.10) предназначены для измерения расстояния между разноименными боковыми поверхностями (толщины) зуба цилиндрических прямозубых и косозубых колес внешнего зацепления 11-й и 12-й степени точности по ГОСТ 1643–81 по постоянной хорде или по хорде делительной окружности. Они имеют цену деления нониуса 0,05 мм в горизонтальном и вертикальном диапазонах измерения.

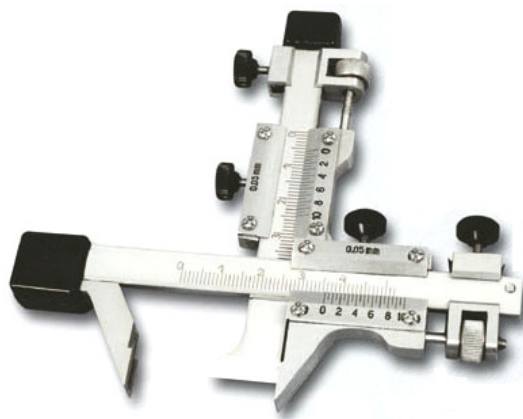


Рис. 8.10. Штангензубомер ШЗН–18 ТУ 2–034–773–89

Расширить представление о номенклатуре выпускаемых штангенинструментов и их типоразмерах можно в сети Интернет [16, 17, 18, 19].

Микрометрические инструменты

Микрометрические инструменты являются широко распространенными средствами измерений наружных и внутренних размеров, глубин пазов и отверстий. Принцип действия этих инструментов основан на применении пары винт–гайка. Точный микрометрический винт вращается в неподвижной микрометрической гайке. От этого узла и получили название эти инструменты.

В соответствии с ГОСТ 6507–90 выпускаются следующие типы *микрометров*:

Микрометры гладкие МК предназначены для измерения наружных размеров, *Микрометры трубные МТ* – для измерения толщины стенок труб (рис. 8.11, а, б). Такие микрометры выпускают 1-го и 2-го класса точности. В условном обозначении после цифры, указывающей на диапазон измерения, проставляется класс точности измерительного средства. Для трубных микрометров в обозначении так же указывается наименьший внутренний диаметр измеряемых труб.

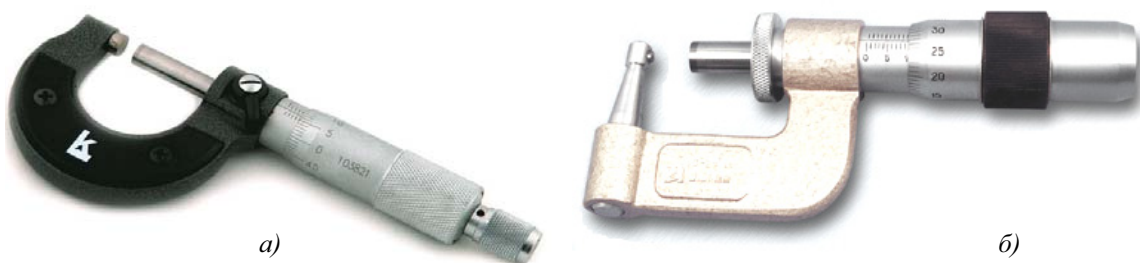


Рис. 8.11. Микрометры:

- а) Микрометр гладкий МК 25–1 ГОСТ 6507–90,
- б) Микрометр трубный МТ 25–1–8 ГОСТ 6507–90

Диапазоны измерения трубными микрометрами 0...15; 0...25 мм.

Диапазоны измерения гладкими микрометрами зависят от размера скобы (рис. 8.12) и составляют: 0...25, 25...50, 50...75, ..., 275...300, 300...400, 400...500, ..., 900...1000 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

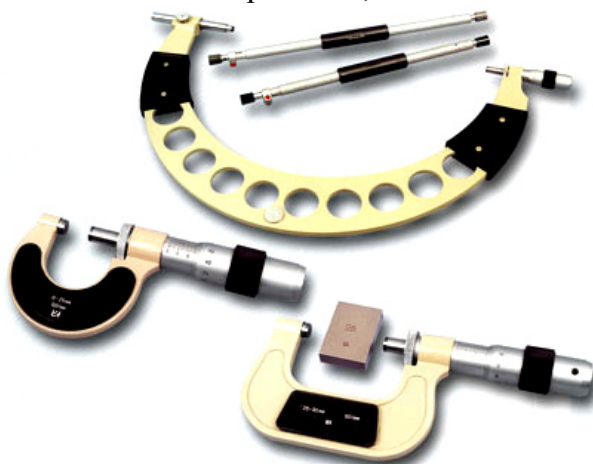


Рис. 8.12. Микрометры гладкие с различными размерами скоб

Микрометры листовые МЛ предназначены для измерения толщины листов и лент (рис. 8.13, а, б). Листовые микрометры выпускают трех типоразмеров с диапазоном измерений: 0...5, 0...10, 0...25 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.



Рис. 8.13. Микрометры листовые:
а) МЛ 25 ГОСТ 6507-90,
б) МЛ 10 ГОСТ 6507-90

Микрометры зубомерные МЗ используют для измерения длины общей нормали зубчатых колес (рис. 8.14, а). МВМ-микрометры со вставками, предназначены для измерения среднего диаметра метрических, дюймовых и трубных резьб (рис. 8.14, б).

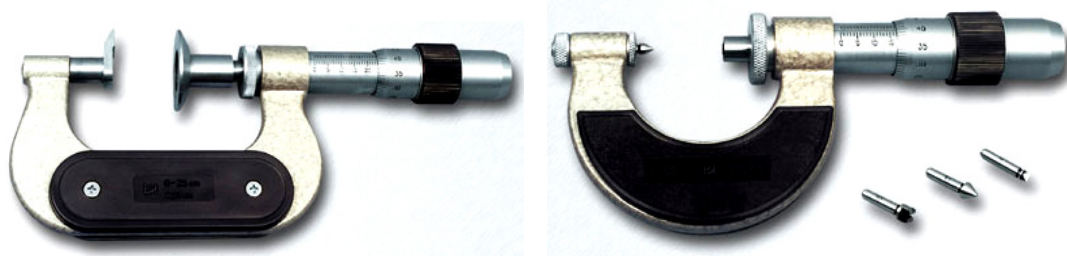


Рис. 8.14. Микрометры:
а) зубомерные МЗ 25-1 ГОСТ 6507-90,
б) резьбовые МВМ 0-25 ГОСТ 4380-93

Микрометры типа МЗ имеют следующие диапазоны измерения: 0...25, 25...50, 50...75, 75...100 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Микрометры типа МВМ выпускают с диапазонами измерения: 0...25, 25...50, 50...75, ..., 325...350 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Микрометры МВП с плоскими вставками применяются для измерения деталей из мягких материалов (рис. 8.15). Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.



Рис. 8.15. Микрометр МВП 0–25 ГОСТ 4380–93

Микрометры призматические типа МТИ, МПИ, МСИ предназначены для измерения наружного диаметра многолезвийного инструмента: МТИ–для трехлезвийного инструмента, МПИ–для пятилезвийного инструмента, МСИ–для семилезвийного инструмента. В комплект микрометра входит установочная мера (рис. 8.16, а, б, в).

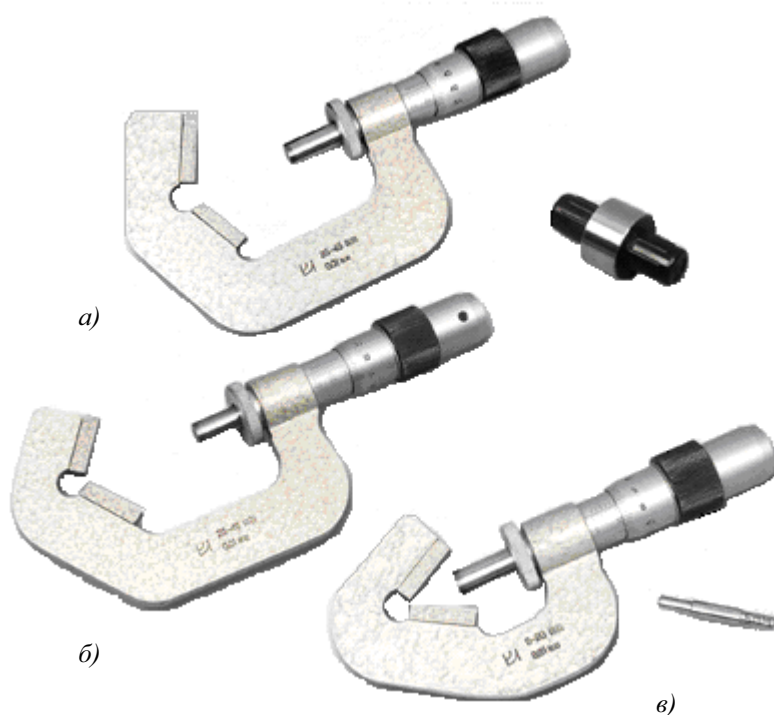


Рис. 8.16. Микрометры призматические:
а) МСИ 45 ТУ 2–034–770–83,
б) МПИ 45 ТУ 2–034–770–83,
в) МТИ 20 ТУ 2–034–770–83

Диапазоны измерения МСИ и МПИ одинаковые и изменяются через каждые 20 мм: 5...25, 25...45, 45...65, 65...85, 85...105 мм.

Диапазоны измерения МТИ изменяются через каждые 15 мм: 5...20, 20...35, 35...50, 50...65, 65...80 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Глубиномер микрометрический (рис. 8.17) предназначен для измерения глубины пазов и высоты уступов. Диапазон измерения обеспечивается набором сменных стержней для ГМ 100 (4 шт.), ГМ 150 (6 шт.) и установочных мер. Выпускаются такие глубиномеры 1-го и 2-го классов точности.



Рис. 8.17. Глубиномер микрометрический ГМ100-1 ГОСТ 7470-92

Для измерения внутренних размеров деталей применяют нутромеры микрометрические НМ (рис. 8.18, а, б, в). Диапазоны измерения нутромером (рис. 8.18, а): 25...50, 50...75, ..., 975...1000 мм. Диапазоны измерения нутромерами (рис. 8.18 б, в): 5...30, 25...50, 50...75, 75...100 мм.

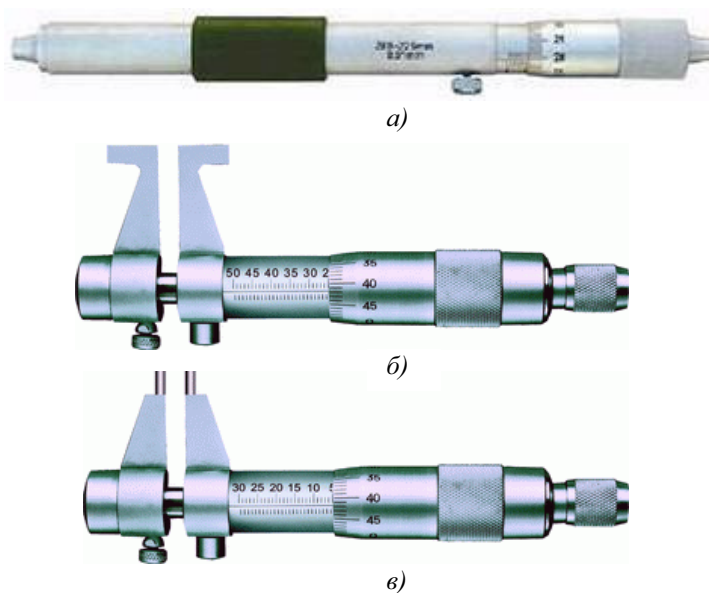


Рис. 8.18. Микрометрические нутромеры:
 а) НМ 75-0,01 ISO 9002,
 б) НМ 50-0,01 DIN 863,
 в) НМ 30-0,01 DIN 863

Российские производители выпускают микрометрические нутромеры (рис. 8.19, 8.20) в соответствии с ГОСТ 10–88 со следующими диапазонами измерений: 50...75, 75...175, 75...600, 150...1250, 800...2500, 1250...4000, 1250...6000 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.



Рис. 8.19. Нутромер микрометрический НМ 75–0,01 ГОСТ 10–80



Рис. 8.20. Нутромер микрометрический НМ 600–0,01 ГОСТ 10–88 с вставками и эталонной скобой

Микрометры рычажные (рис. 8.21) предназначены для измерения линейных размеров методами непосредственной оценки и сравнения. Они имеют рычажно–зубчатое устройство, встроенное в корпус. Диапазоны измерения: 0...25, 0...50, 0...75, 0...100 мм. Цена деления отсчетного устройства 0,001 мм или 0,002 мм.

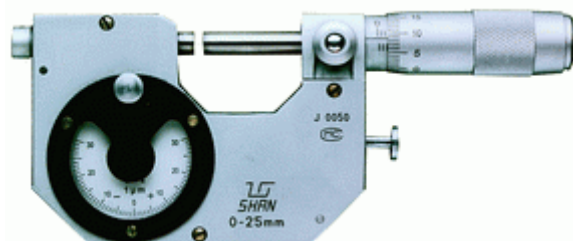


Рис. 8.21. Микрометр рычажный МР 25 ГОСТ 4381–87

Микрометры настольные МН (рис. 8.22) предназначены для абсолютных и относительных измерений контактным методом. Диапазоны измерения 0...10, 0...20 мм. Цена деления отсчетного устройства 0,001 мм (мод.03500) или 0,0005 мм (мод. 03501). Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.



Рис. 8.22. Микрометр настольный мод. 03500: МН–10 ТУ 2-00221190-016-92

Микрометр предельный (рис. 8.23) может быть использован как калибр скоба после установки верхнего и нижнего предела поля допуска. Диапазоны измерения: 0...25, 25...50 мм. Цена деления: 0,002 мм.



Рис. 8.23. Микрометр предельный МКПр 25

Микрометры типа МК, МЛ, МТ, МЗ, МВМ, МВП, МСИ, МПИ, МТИ, МН, а также микрометрические глубиномеры ГМ имеют свои прототипы с цифровым отсчетным устройством. Гладкий микрометр с цифровым отсчетным устройством приведен на рис. 8.24. Диапазоны измерения: 0...25, 25...50, 50...75, 75...100 мм. Дискретность отсчета 0,001 мм.



Рис. 8.24. Микрометр гладкий МКЦ 25 ГОСТ 6507-90

Микрометр настольный с цифровым отсчетным устройством фирмы Mitutoyo представлен на рис. 8.25.



Рис. 8.25. Микрометр настольный с цифровым отсчетным устройством

Стойка универсальная модели 15 СТ–М (рис. 8.26) предназначена для закрепления микрометров с диапазоном измерения до 300 мм и других измерительных приборов с целью использования их в качестве настольных.

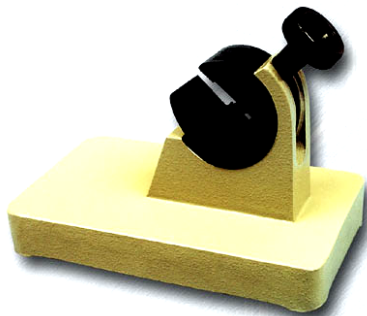


Рис. 8.26. Стойка универсальная 15СТ–М ТУ2–034–623–80

Индикаторные приборы

Индикаторный прибор состоит из измерительной головки (часового типа, рычажно–зубчатой и др.) и непосредственно самого измерительного средства. В качестве отдельного измерительного устройства головки использоваться не могут, поэтому их устанавливают на стойках (рис. 8.27, а, б), штативах (рис. 8.27, в, г) или оснащают приборы и контрольно–измерительные приспособления.

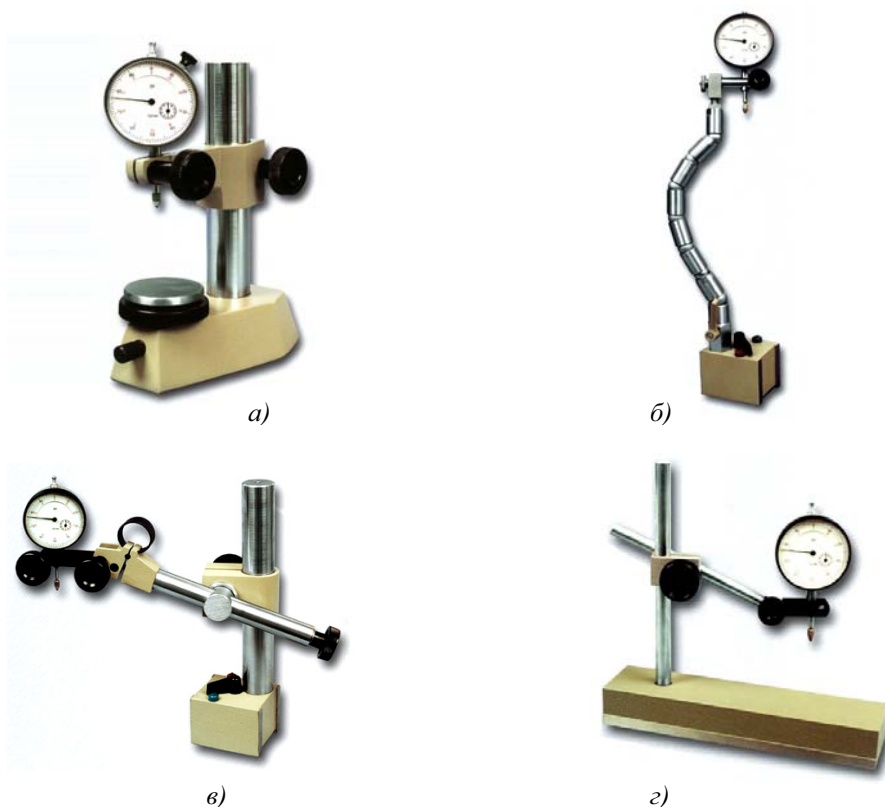


Рис. 8.27. Стойки и штативы для измерительных головок:

- а) Стойка С–Ш–8–50 ГОСТ 10197–70,
- б) Стойка гибкая МС 29 ТУ2–034–668–83,
- в) Штатив ШМ–ШН–8 ГОСТ 10197–70,
- г) Штатив Ш–Ш–8 ГОСТ 10197–70

Примечание: Обозначение С–III–8–50 ГОСТ 10197–70 значит, что это стойка с диаметром отверстия под измерительную головку 8 мм и диаметром стола 50 мм.

Стойка С–IV–8 ГОСТ10197–70 имеет диаметр отверстия под измерительную головку 8 мм и размер стола 160x100 мм.

Стойка С–III предназначена для установки измерительных головок с ценой деления 0,001–0,01 мм.

Стойка С–IV, стойка гибкая МС 29 и штатив Ш–III предназначены для установки измерительных головок с ценой деления 0,01 мм и более. Штатив ШМ–IИИ предназначен для установки на нем измерительных головок с ценой деления 0,01 мм.

Измерительные головки предназначены в основном для относительных измерений. Если размеры деталей меньше диапазона показаний индикатора, то измерения могут быть выполнены абсолютным методом.

Для настройки индикаторных приборов, для измерения линейных размеров относительным методом и др. используются *концевые плоскопараллельные меры длины* (рис. 8.28), которые выпускаются следующих классов точности: 0, 1, 2, 3. Концевые меры длины объединяют в наборы (24 вида) с разным количеством мер в наборе. Номинальные значения мер длины в наборе №2 изменяются от 1,005 до 100 мм.

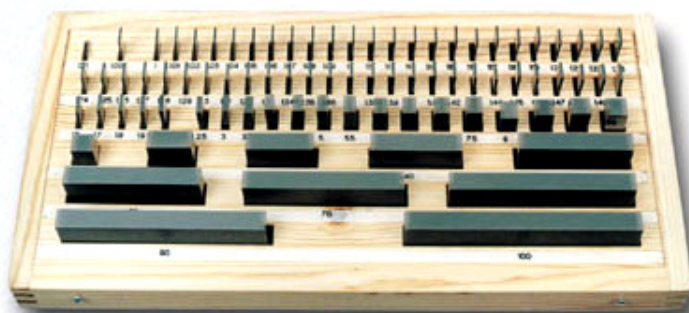


Рис. 8.28. Концевые меры 1–Н2 ГОСТ 9038–90

Примечание: обозначение 1–Н2 ГОСТ 9038–90 значит, что концевые меры изготовлены из стали класса точности 1 и укомплектованы в набор №2.

В индикаторных приборах широко применяются *индикаторы часового типа* (рис. 8.29).

Эти устройства имеют цену деления основной шкалы 0,01 мм и диапазоны измерений: 0...2, 0...5, 0...10, 0...25, 0...50 мм.

По заказу потребителя индикаторы могут поставляться со стопором ободка, передвижными указателями поля допуска, с удлиненным наконечником и др.

Для измерения наружных размеров деталей используют *скобы индикаторные* (рис. 8.30). Диапазоны измерения такими измерительными средствами зависят от размера скоб и составляют: 0...50, 50...100, 100...200, ... , 600...700, 700...850, 850...1000 мм.



Рис. 8.29. Индикатор ИЧ 10 кл. 0 ГОСТ 577–68



Рис. 8.30. Скоба индикаторная СИ 100 ГОСТ 11098–75

Нутромеры индикаторные (рис. 8.40) предназначены для измерения внутренних размеров и диаметров отверстий относительным методом. Диапазоны измерения выбираются из следующего ряда: 6...10, 10...18, 18...50, 50...100, 100...160, 160...250, 250...450, 450...700, 700...1000 мм.



Рис. 8.40. Нутромеры индикаторные:
а) НИ 10–18–1 ГОСТ 868–82,
б) НИ 18–50 –1 ГОСТ 868–82,
в) НИ 100–160 –1 ГОСТ 868–82

Глубиномер индикаторный (рис. 8.41) предназначен для измерения глубины пазов, глухих отверстий и высоты уступов до 100 мм. Диапазон измерения обеспечивается набором измерительных стержней.



Рис. 8.41. Глубиномер индикаторный ГИ-100 ГОСТ 7661-67

Для измерения толщины листовых материалов используют *толщиномеры индикаторные* (рис. 8.42, а, б) ручные и настольные. Диапазоны измерения ручных толщиномеров: 0...10, 0...25, 0...50 мм. Диапазоны измерения настольных толщиномеров: 0...10, 0...25 мм.



Рис. 8.42. Толщиномеры индикаторные:
а) ТР-25-60Б ГОСТ 11358-89,
б) ТН-10-60 ГОСТ 11358-89

Примечание: обозначение ТР-25-60Б ГОСТ 11358-89 значит, что толщиномер ручной имеет диапазон измерения 0...25 мм, с вылетом скобы 60 мм, измерительное усилие не нормируется (если имеется буква Б в условной записи). Обозначение ТН-10-60 ГОСТ 11358-89 указывает на то, что это толщиномер настольный с диапазоном измерения 0...10 мм, с вылетом скобы 60 мм и нормированным измерительным усилием.

Для измерения стенок труб и других аналогичных изделий предназначены *стенкомеры индикаторные* (рис. 8.43, а, б, в, г). Они имеют следующие диапазоны измерения: 0...2 мм (С-2), 0...10 мм (С-10А, С-10Б), 0...25 мм (С-25) и 0...50 мм (С-50).

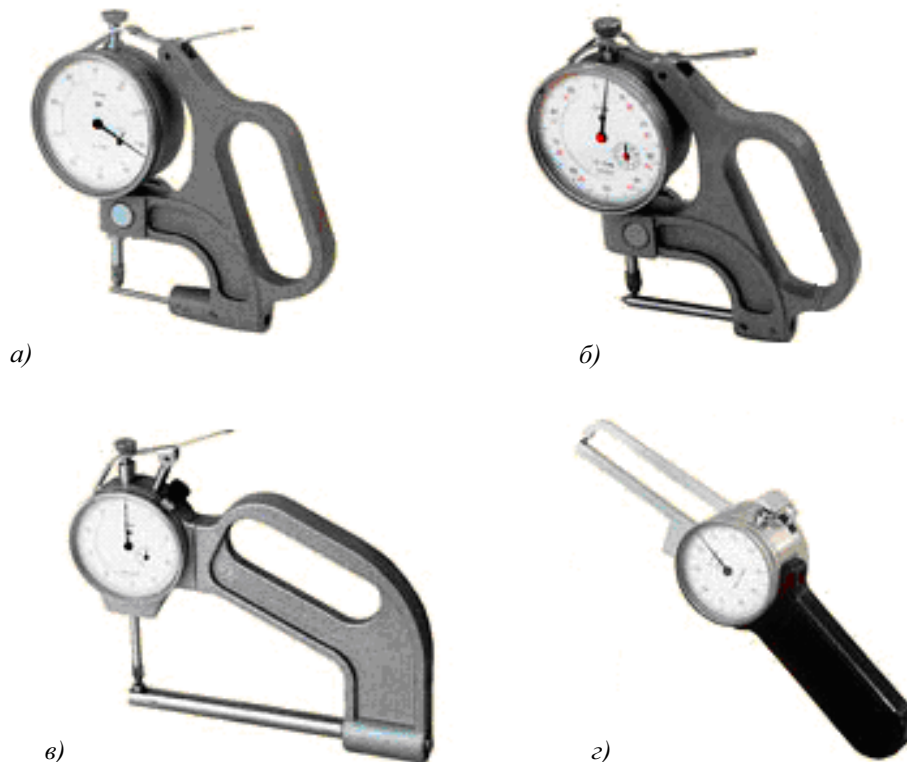


Рис. 8.43. Стенкомеры индикаторные:
 а) С-2 ГОСТ 11358-89, б) С-10А ГОСТ 11358-89,
 в) С-25 ГОСТ 11358-89, г) С-10Б ГОСТ 11358-89

Цена деления круговой шкалы индикаторов для стенкомеров С-2 и С-10А составляет 0,01 мм, а для стенкомеров С-10Б, С-25, С-50 равна 0,1 мм.

Таковыми стенкомерами можно измерить толщину стенки трубы на расстоянии до 25 мм от кромки (С-2), до 40 мм от кромки (С-10А), до 60 мм от кромки (С-10Б), до 100 мм от кромки (С-25) и до 160 мм от кромки (С-50).

Индикаторы рычажно-зубчатые (рис. 8.44) предназначены для абсолютных и относительных измерений линейных размеров, контроля отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Шкала индикатора типа ИРБ (рис. 8.44, а) размещена параллельно оси измерительного рычага в среднем положении и перпендикулярно к плоскости его поворота. Шкала индикатора типа ИРТ (рис. 8.44, б) размещена перпендикулярно оси измерительного рычага в среднем положении. Наличие поворотного измерительного рычага, малые габариты и незначительное измерительное усилие позволяют использовать прибор в труднодоступных местах, а также в случаях, требующих малого измерительного усилия. Индикатор укомплектован державкой для удобства измерения в труднодоступных местах, переходной втулкой с наружным диаметром 8 мм для крепления в стойках или штативах.



Рис. 8.44. Индикаторы рычажно–зубчатые:
 а) ИРБ ГОСТ 5584–75,
 б) ИРТ ГОСТ 5584–75

Диапазон измерения у рычажно–зубчатых индикаторов ИРБ и ИРТ равен 0,8 мм. Цена деления шкалы 0,01 мм.

Микрокаторы

Микрокаторы (измерительные головки пружинные ИГП) (рис. 8.45, а) относятся к группе наиболее точных измерительных средств. Они имеют механический преобразователь малых перемещений измерительного наконечника, в виде ленточной пружины, в большие перемещения стрелки относительно шкалы прибора.

Микрокаторы применяют для высокоточных измерений размеров элементов деталей относительным методом, а так же для определения величин отклонения формы и взаимного расположения поверхностей. Точность контролируемых изделий может быть от 2 до 6 качества.

Для измерения микрокаторы крепят в стойках типа С–1, С–2 (рис. 8.45, б) или в специальных контрольно–измерительных приспособлениях.

Микрокаторы выпускаются в следующих модификациях: 01ИГП, 02ИГП, 05ИГП, 1ИГП, 2ИГП, 5ИГП, 10ИГП и имеют цену деления шкалы прибора соответственно: 0,0001, 0,0002, 0,0005, 0,001, 0,002, 0,005 и 0,01 мм.



Рис. 8.45. Микрокатор:
 а) 2ИГП ГОСТ 6933–81.
 б) установленный на стойке

Диапазоны измерения микрокатрами: $-20...+20$, $-30...+30$, $-40...+40$, $-60...+60$ мкм. Допускаемая погрешность в пределах всей шкалы от $\pm 0,15$ до ± 5 мкм.

Микроскопы инструментальные

Микроскопы инструментальные (рис. 8.46) относятся к группе оптико-механических измерительных приборов и предназначены для измерения длин, углов, элементов резьбы, зубчатых передач, конусов, калибров сложных форм, шаблонов, фасонных резцов и др.).



Рис. 8.46. Микроскоп инструментальный Nicon M800

Повышение точности отсчета и измерений этими приборами достигается сочетанием механических передаточных механизмов и значительному увеличению измеряемых объектов.



Рис. 8.47. Большой микроскоп инструментальный БМИ-1Ц (ИМЦ 150x50 Б)

Инструментальные микроскопы выпускают различного конструктивного исполнения. Так, например, различают малые (ММИ) и большие (БМИ) инструментальные микроскопы (рис. 8.47). Цена деления микрометрического устройства этих устройств $0,005$ мм. Цена деления окулярной мерной головки $1'$ и $3'$ соответственно. Пределы измерения угловых размеров $0...360^\circ$. Пределы измерения БМИ-1Ц в продольном направлении -150 мм, в поперечном направлении 50 мм.

Более совершенной моделью является бинокулярный инструментальный микроскоп (БИМ). Микроскоп имеет предел измерения в поперечном направлении 75 мм и точность отсчета 0,002 мм. Увеличение микроскопа 10, 20, 30, 60, 90 раз.

Наибольшие пределы измерения в поперечном направлении 100 мм и продольном направлении 200 мм имеют универсальные измерительные микроскопы УИМ 21, УИМ 23 и УИМ 24. Цена деления линейных шкал в таких приборах 0,001 мм.

Профилографы-профилометры

Профилографы-профилометры предназначены для измерения параметров шероховатости. Эти приборы объединяют в себе функции профилографов, которые используются для получения профилограммы поверхностных неровностей и профилометров, которые обрабатывают профилограмму и рассчитывают параметры микрометрических неровностей.

В настоящее время существуют различные конструкции приборов для измерения параметров шероховатости контактным способом. Профилограф-профилометр БВ-7669 (рис. 8.48) предназначен для измерения параметров шероховатости по ГОСТ 2789, ГОСТ 25142, ИСО 4287 наружных и внутренних поверхностей, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию. Радиус алмазного измерительного наконечника 10 мкм. Такое устройство позволяет контролировать 16 параметров шероховатости. С помощью высокопроизводительного компьютера через интерфейс RS-232 можно графически отображать результаты измерений, производить статистическую обработку результатов и выводить их на печать.



Рис. 8.48. Профилограф-профилометр БВ-7669

Портативные профилометры (рис. 8.49) в последнее время получили широкое распространение за свои несомненные достоинства. Такие приборы позволяют контролировать параметры шероховатости элементов деталей, в том числе и крупногабаритных, в труднодоступных местах, в цехах и лабораториях. Результаты измерений могут передаваться через USB порт на компьютер.

Немецкая фирма Mahr разработала профилограф-профилометр MarSurf M300 (рис. 8.50) с бескабельным соединением между устройством оценки измерений и механизмом подачи. Контроль параметров шероховатости производится в соответствии со стандартами ISO, AMSE, JIS и MOTIF. Прибор может расширяться до стационарной измерительной системы.



Рис. 8.49. Портативный профилометр TR- 110



Рис. 8.50. Портативный профилограф–профилометр MarSurf M300

Современные средства измерения в сочетании с различными поворотными стойками, позволяют контролировать параметры шероховатости в любом пространственном положении.

Координатно-измерительные машины

Координатно-измерительные машины (КИМ) предназначены для контроля размеров изделий. В современных условиях серийного производства требуется быстрый и безупречный контроль первого изделия, а также определение и исключение источника появления ошибок при изготовлении детали. Эти задачи решаются при помощи координатно-измерительных машин.

Современные КИМ обеспечены специальным программным обеспечением, позволяющим загружать 3D модели измеряемых деталей, определять стратегию измерений, создавать вспомогательные геометрические элементы и др.

Достоинством КИМ является возможность производить измерения деталей сложной геометрической формы с высокой точностью и сравнивать действительные размеры изделия с размерами ее математической модели.

Также с помощью КИМ можно контролировать отклонения формы и взаимного расположения поверхностей.



Рис. 8.51. Координатно-измерительная машина Coord 3 (Италия)

Измерения на координатно-измерительных машинах можно производить контактным методом при помощи специальных щупов с рубиновыми наконечниками и бесконтактным методом с использованием лазерного сканера.

Координатно-измерительная машина Coord 3 (рис. 8.51) предназначена для измерения деталей с размерами по осям XYZ: 500x400x400 с точностью $(2,5+3L)$ мкм, где L – длина измеряемой детали в метрах.

8.2. Выбор средств измерений

В процессе контрольных измерений возникают различные погрешности, которые влияют на точность результата измерений. В общем случае суммарная погрешность Δ_{Σ} от различных факторов не должна превышать предельно допускаемой погрешности измерения $\Delta_{\text{д}}$ [3].

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{мод}} + \Delta_{\text{м}} + \Delta_{\text{си}} + \Delta_{\text{усл}} + \Delta_{\text{о}} \leq \Delta_{\text{д}},$$

составляющие суммарной погрешности – это погрешности: $\Delta_{\text{мод}}$ – модели измерений; $\Delta_{\text{м}}$ – метода измерений; $\Delta_{\text{си}}$ – средств измерений; $\Delta_{\text{усл}}$ – возникающие под воздействием условий, в которых проводятся измерения; $\Delta_{\text{о}}$ – оператора.

Основное внимание уделяют погрешностям средств измерения (СИ). Измерения с применением СИ недостаточной точности малоценны (даже бессмысленны), так как могут быть причиной неправильных выводов. Применение излишне точных СИ экономически невыгодно. Чем выше требуемая точность средства измерения,

тем оно массивнее и дороже, тем выше требования, предъявляемые к условиям его использования. Поэтому необходимо обосновано выбрать СИ.

Согласно ГОСТ 8.051–81 (СТ СЭВ 303–76) пределы допускаемых погрешностей измерения для диапазона 1 – 500 мм колеблются от 20 % (для грубых квалитетов) до 35 % табличного допуска. Стандартизованные погрешности измерения являются наибольшими и включают как случайные, так и систематические (неучтенные) погрешности измерительных средств, установочных мер, элементов базирования и т. д. [2].

Погрешность СИ составляет примерно 50 % от суммарной погрешности. Поэтому необходимо выбрать средство измерения с погрешностью 0,1...0,17 (большие значения для точных квалитетов) от допуска на контролируемый размер. Таким образом, точность СИ должна быть примерно на порядок выше точности контролируемого параметра (в 8...10 раз).

Пределные погрешности некоторых СИ при измерении наружных линейных размеров в диапазоне 80...120 мм составляют: для штангенциркулей 100...200 мкм, для индикаторов часового типа 10...20 мкм, для гладких микрометров 10...15 мкм, для рычажных микрометров и скоб 5...15 мкм, для узкопределных индикаторов 2...4 мкм, для рычажно-зубчатых головок 2,5 мкм, для пружинных головок 1 мкм, для оптиметров 0,5...1 мкм, для длинномеров 0,1...1 мкм, для интерферометров 0,05...0,2 мкм, для лазерных интерферометров до 10^{-7} мм [2, с.136].

Задача: Выбрать средство измерения для контроля размера $\text{Ø}80 \text{ js}7 (\pm 0,015)$.

Решение: 1. Определим допуск на контролируемый размер:

$$T_d = e_s - e_i = 0,015 - (-0,015) = 0,030 \text{ мм};$$

2. Определим предельно допустимую погрешность средств измерения:

$$\Delta_{\text{СИ}} \leq 0,1 \cdot 0,030 = 0,003 \text{ мм} = 3 \text{ мкм};$$

3. Выбираем СИ в зависимости от расчетной $\Delta_{\text{СИ}}$:

предъявленным требованиям удовлетворяет рычажно-зубчатая головка с $\Delta_{\text{СИ}} = 2,5 \text{ мкм}$ и узкопределные индикаторы с $\Delta_{\text{СИ}} = 2...4 \text{ мкм}$.

Так как основное отклонение записано строчными буквами, значит необходимо выбрать средство измерения для контроля размера вала.

Вывод: задача решена, вышеперечисленные СИ пригодны для контроля размера вала $\text{Ø}80 \text{ js}7 (\pm 0,015)$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как определяется предельно допустимая погрешность измерения?
2. Во сколько раз средство измерения должно быть точнее, чем контролируемый размер?
3. Какими средствами можно измерить глубину пазов и высоту выступов?
4. Какими средствами измеряют линейные размеры?
5. Какими средствами можно измерять диаметры отверстий?
6. Какими средствами можно измерить средний диаметр резьбы?
7. Как можно проконтролировать шероховатость поверхности крупногабаритной детали?
8. Чем измеряют толщину труб?
9. Каким мерительным инструментом измеряют длину общей нормали зубчатого колеса?
10. Какими средствами можно измерить угловые размеры детали?
11. У какого прибора цена деления основной шкалы может быть менее 0,001 мм?
12. Какими средствами можно измерить толщину листовых материалов?
13. Какое средство измерения предназначено для контроля точности изготовления первого изделия в партии?
14. Какими средствами настраивают индикаторные приборы?
15. Какую дискретность отсчета имеют цифровые измерительные средства?
16. Какими средствами можно измерить наружный диаметр многолезвийного инструмента?
17. На чем крепятся индикаторы при измерениях размеров деталей?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебном пособии рассмотрены вопросы, которые являются основными для подготовки бакалавров техники и технологии машиностроительных специальностей. Каждый специалист такого профиля должен знать инструменты, при помощи которых обеспечивается качество продукции, работ и услуг. А также, какими способами, методами и средствами нормируется, контролируется и гарантируется качество.

Метрология, стандартизация и сертификация имеют свою историю развития и постоянно развиваются. Совершенствуются средства контроля изделий, так например, широкое распространение получают мерительные инструменты с цифровым отсчетным устройством, точность измерений которыми на порядок, а иногда и выше точности измерений традиционными средствами. Производительность контроля размеров детали, особенно сложной конфигурации, повышается при использовании измерительной машины, которая способна определить не только линейные и угловые размеры, но и отклонения формы и взаимного расположения поверхностей с заданной точностью и вывести результат на дисплей за считанные минуты. Конечно, стоимость таких машин пока еще высока, но в будущем каждое конкурентоспособное предприятие будет иметь такие средства измерения и контроля.

Развитие современных технологий приводит к созданию продукции не только с высокими техническими характеристиками, но и к экологически безопасной продукции. Поэтому в существующие стандарты постоянно вносятся изменения и дополнения, с целью закрепить достигнутый уровень развития производства. Международные стандарты ужесточаются в отношении экологической безопасности промышленной продукции (ИСО 9001, ИСО 9002), что приводит к развитию конкуренции и созданию машин, которые при работе выделяют меньше вредных веществ в атмосферу, имеют низкий уровень шума и вибрации. Для вступления в ВТО (Всемирная торговая организация) России необходимо привести свои стандарты в соответствие с международными требованиями [8].

Сегодня уже невозможно представить высокотехнологичную продукцию без сертификата качества. Станки, автомобили, городской электро- и автотранспорт, продукция судоремонтных и авиа предприятий проходит процедуру обязательной сертификации, чем гарантируется качество и как следствие безопасность при эксплуатации машин, от которых зависит жизнь и здоровье людей. Полный перечень продукции, подлежащий обязательной сертификации, принимается правительством и периодически изменяется и дополняется. Для повышения конкурентоспособности товара многие предприятия и предприниматели проходят процедуру добровольной сертификации, гарантируя соответствие параметров продукции существующим стандартам.

В современных рыночных условиях будут устойчиво развиваться только те предприятия и организации, которые в своей деятельности профессионально используют инструменты, обеспечивающие качество продукции, работ и услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анухин В.И. Допуски и посадки: учебное пособие. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 207 с.
2. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. А.И. Якушев и др.: учебник для вузов. Издание 6-ое, переработанное и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с., ил.
3. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 432 с.
4. Допуски и посадки: справочник в 2-х ч. / под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1982. – Ч. 1. – 543 с.
5. Допуски и посадки: справочник в 2-х ч. / под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1983. – Ч. 2. – 448 с., ил.
6. Единая система допусков и посадок в машиностроении и приборостроении. Справочник в 2-х т. – М.: Издательство стандартов.1989. – Т. 1. – 263 с.
7. Единая система допусков и посадок в машиностроении и приборостроении: справочник в 2-х т. – М.: Издательство стандартов.1989. – Т. 2. – 208 с.
8. Ерасова Е.А. Российская практика технического регулирования: проблемы и стратегические решения // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2006. – № 5. – С. 31–40.
9. Захаров В.И. Взаимозаменяемость, качество продукции и контроль в машиностроении. – Л.: Лениздат, 1990. – 302 с.
10. Марков Н.Н., Осипов В.В., Шабалина М.Б. Нормирование точности в машиностроении: Учебник для машиностроительных специальностей вузов / под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высш. шк., Издательский центр «Академия», 2001. – 335 с.
11. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие. – 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 90 с.
12. Таблицы и альбом по допускам и посадкам: Справочное пособие/ А.Б. Романов, В.Н. Федоров, А.И. Кузнецов. – СПб.: Политехника, 2005. – 88 с.
12. www.gost.ru
13. www.vniis.ru
14. www.gostest.com
15. tso.ru
16. www.inrost.com
17. www.ecometer.ru
18. www.mitutoyo.de
19. www.vogel-mess.ru

ГЛОССАРИЙ

А

Аккредитация – официальное признание органами государственной власти право испытательной лаборатории осуществлять конкретные типы испытаний продукции, т. е. подтверждается техническая, кадровая компетентность и независимость от первой и второй сторон.

Аттестация – оценка возможностей лаборатории проводить испытание продукции по всем параметрам или их части

Абсолютный метод измерения – это метод, при котором искомое значение измерения считывается непосредственно со шкалы измерительного средства (Не требует дополнительных расчетов).

Б

Базой называется элемент детали, по отношению к которому задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения.

Базовая длина (l) – это длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров.

Базовая линия – это линия заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля и служащая для оценки геометрических параметров поверхностных неровностей.

В

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и элементы, ограниченные плоскими поверхностями.

Верхнее отклонение: алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами.

Взаимозаменяемостью называется принцип нормирования требований к размерам элементов деталей, узлов, механизмов, используемый при конструировании, благодаря которому представляется возможным изготавливать их независимо и собирать или заменять без дополнительной обработки при соблюдении технических требований к изделию.

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z – это сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

Г

Гладкое цилиндрическое соединение: соединение, в котором поверхности отверстия и вала круглые цилиндрические.

Д

Действительный размер: размер элемента, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Допуск: разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Допуск посадки: сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

Декларирование соответствия – форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Декларация о соответствии – документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

Е

Единица допуска (i) – мера, характеризующая сложность изготовления детали в зависимости от ее размера.

З

Зазор – разность между размерами отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала (*Clearance*).

Замыкающим звеном называют размер (звено), получаемый в размерной цепи последним при обработке или сборке.

Заявитель – физическое или юридическое лицо, осуществляющее обязательное подтверждение соответствия.

Знак соответствия – зарегистрированный в установленном порядке знак, выданный в соответствии с сертификатом соответствия и указывающий, что данная продукция соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу, указанному в сертификате.

И

Идентификация продукции – установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам.

Измерение – совокупность операций по применению системы измерений для получения значения измеряемой величины.

Испытание продукции – техническая операция по замеру характеристик или параметров изделия в соответствии с установленными правилами (программой испытаний).

К

Качество – это совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности.

Квалитет (степень точности, в ОСТ – класс точности) – это совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Л

Линия выступов профиля – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

Линия впадин профиля – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

М

Метод – это способ достижения цели, решения конкретной задачи при помощи совокупности приемов или операций, направленных на практическое или теоретическое освоение (познание) действительности.

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Н

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} – это расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Наименьший зазор: разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала в посадке с зазором.

Наибольший зазор: разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала в посадке с зазором.

Наименьший натяг: разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом.

Наибольший натяг: разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом.

Наибольший предельный размер: наибольший допустимый размер элемента.

Наименьший предельный размер: наименьший допустимый размер элемента.

Натяг – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия (*Interference*).

Нижнее отклонение: алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами.

Номинальный размер: размер, относительно которого определяются отклонения.

Нулевая линия – это линия, соответствующая номинальному размеру, от которого откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные вниз.

О

Орган по сертификации – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Основное отклонение – одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии (отклонение, ближайшее к нулевой линии).

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая и элементы, ограниченные плоскими поверхностями.

Относительная опорная длина профиля t_p – это отношение сумм длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины, к базовой длине.

Отклонением от круглости называется наибольшее расстояние **EFK** от точек реального профиля до прилегающей окружности

Отклонением от плоскостности называется наибольшее расстояние **EFE** от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

Отклонение от параллельности плоскостей – разность **EPA** наибольшего и наименьшего расстояния между плоскостями в пределах нормируемого участка.

Отклонения от перпендикулярности плоскостей – отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90°) выраженное в линейных единицах **EPR** на длине нормируемого участка

Отклонением от прямолинейности оси в пространстве называется наименьшее значение диаметра **EFL** цилиндра, внутри которого располагается реальная ось поверхности вращения в пределах нормируемого участка

Отклонением от прямолинейности в плоскости называется наибольшее расстояние **EFL** от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка.

Отклонением от цилиндричности называется наибольшее отклонение **EFZ** от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

Отклонением профиля продольного сечения называется наибольшее расстояние **EFP** от точек образующей реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка.

Отклонением расположения называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от номинального.

Отклонением формы называется отклонение формы реальной (истинной) поверхности или реального (истинного) профиля от формы номинальной (идеальной) поверхности или номинального (идеального) профиля.

Отклонение формы заданного профиля – это наибольшее отклонение **ECL** точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка.

Относительный метод измерений – это метод, при котором со шкалы измерительного средства считывается разница между действительным размером и эталоном.

Оценка соответствия – прямое или косвенное определение соблюдения требований к объекту.

П

Переходная посадка: посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга в соединении в зависимости от действительных размеров отверстия и вала.

Погрешность – разность между приближенным значением некоторой величины и ее точным значением.

Подшипник качения – это узел механизма, являющийся опорой для вращающихся валов. Подшипники воспринимают усилие, действующее на вал в радиальном и осевом направлении, и допускают вращение этого вала вокруг оси.

Посадка: характер соединения деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Посадки в системе вала: посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала.

Посадки в системе отверстия: посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия.

Посадка с зазором: посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т. е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему.

Посадка с натягом: посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т. е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему.

Предельные размеры: два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым должен быть равен) действительный размер.

Прилегающей поверхностью (профилем) называется поверхность (профиль), имеющая форму номинальной поверхности (профиля), соприкасающаяся с реальной поверхностью (профилем) и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение.

Прилегающим цилиндром называется цилиндр минимального диаметра, описанного вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанного в реальную внутреннюю поверхность.

Профилем называется линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью. Часто в машиностроении профиль рассматривается в плоскости, перпендикулярной поверхности.

Профилем резьбы называется общий для наружной и внутренней резьбы контур сечения канавок и выступов в плоскости, проходящей через ось резьбы.

Р

Радиальное биение – это разность **ЕСР** наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси

Размер – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения (мм).

Размерной цепью называется совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Резьбовым соединением называется соединение двух деталей с помощью резьбы, т. е. элементов деталей, имеющих один или несколько равномерно расположенных винтовых выступов постоянного сечения, образованных на боковой поверхности цилиндра или конуса.

Сертификация – это форма подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров, осуществляемая органом по сертификации.

Сертификат соответствия – документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Система допусков и посадок – это совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе производственного опыта, экспериментальных исследований, теоретических обобщений и оформленных в виде стандарта.

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом (обязательная и добровольная системы).

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – это среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины.

Средний зазор: среднее арифметическое наименьшего и наибольшего зазоров.

Средний натяг: среднее арифметическое наибольшего и наименьшего натягов.

Средняя линия профиля (m) – это базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля от этой линии минимально. О средней линии можно также говорить как о линии, проведенной таким образом, чтобы площади, ограниченные профилем и средней линией над ней и под ней, были одинаковы.

Средний шаг местных выступов профиля S – это среднее значение отрезков средней линии между проекциями на нее наивысших точек соседних местных выступов профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля S_m – это среднее значение отрезков средней линии профиля, содержащего неровности профиля в пределах базовой длины.

Средства измерений – это технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства.

Стандартизация – это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного и многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышения конкурентоспособности продукции, работ и услуг.

Схема сертификации – форма сертификации, определяющая совокупность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательства соответствия продукции установленным требованиям.

Торцевое биение – это разность **ЕСА** наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси.

Точность в технике – это степень приближения значения параметра изделия, процесса и т. д. к его заданному значению.

У

Увеличивающим звеном размерной цепи называется звено, с увеличением которого размер замыкающего звена тоже увеличивается.

Уменьшающим звеном размерной цепи называется звено, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

Ш

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине.

Шлицевым соединением называется разъемное соединение вала с отверстием, когда на валу имеются зубья (выступы), а в отверстии – соответствующие впадины (шлицы).

Шпоночным соединением называют соединение вала с установленной на нем втулкой посредством шпонки, т. е. детали, представляющей собой призматический, клинообразный или сегментный брусок.

Государственная система по стандартизации (ГСС) изложена в следующих нормативных документах:

1. ГОСТ Р 1.0-92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения;
2. ГОСТ Р 1.2-92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов;
3. ГОСТ Р 1.4-93. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения;
4. ГОСТ Р 1.5-92. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов;
5. ГОСТ Р 1.8-95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки и применения межгосударственных стандартов;
6. ГОСТ Р 1.9-95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок маркирования продукции и услуг знаком соответствия государственным стандартам;
7. ГОСТ Р 1.10-95. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки, принятия, регистрации правил и рекомендаций по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации и информации о них;
8. ИСО/МЭК 2. Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности;
9. ПР 50-688-92. Временное типовое положение о техническом комитете по стандартизации;
10. Р 50-605-79-93. Рекомендации по разработке положения о службе стандартизации предприятия;
11. ПР 50-734-93. Порядок разработки общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации;
12. ПР 50-718-94. Правила заполнения и представления каталожных листов продукции;
13. Р 50.1.004-95. Порядок подготовки в Госстандарте России межгосударственных стандартов для принятия в Российской Федерации;
14. Положение об организации и осуществлении государственного контроля и надзора в области стандартизации, обеспечении единства измерений и обязательной сертификации. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 16 мая 2003 г. № 287;
15. Правила по стандартизации. Порядок проведения Государственным комитетом РФ по стандартизации и метрологии государственного контроля и надзора. Утверждены Постановлением Госстандарта России от 23 сентября 2002 г. №91.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Перечень продукции, подлежащих обязательной сертификации в РФ

1. Товары машиностроительного комплекса

- 1.1. Оборудование бытовое для очистки воды
- 1.2. Насосы бытовые ручные
- 1.3. Компрессоры бытовые ручные
- 1.4. Оборудование бытовое для очистки воздуха и газов
- 1.5. Станки металлорежущие малогабаритные (бытовые)
- 1.6. Станки деревообрабатывающие бытовые
- 1.7. Инструмент слесарно-монтажный
- 1.8. Инструмент абразивный
- 1.9. Инструмент алмазный
- 1.10. Инструмент дереворежущий
- 1.11. Продукция межотраслевого применения
- 1.12. Автотранспортные средства
- 1.13. Специальные и специализированные автотранспортные средства для перевозки строительных материалов и грузов
- 1.14. Транспортные коммунальные машины
- 1.15. Мотоциклы и мотороллеры, велосипеды
- 1.16. Двигатели лодочные
- 1.17. Тракторы сельскохозяйственные малогабаритные, мотоблоки
- 1.18. Инструмент и инвентарь для приусадебного хозяйства
- 1.19. Инструмент ручной бытовой
- 1.20. Инструмент пневматический
- 1.21. Инструмент с гидравлическим и пневматическим приводом
- 1.22. Лифты
- 1.23. Бытовая аппаратура, работающая на твердом, жидком и газообразном топливе
- 1.24. Котлы отопительные
- 1.25. Инвентарь кухонный
- 1.26. Ручное огнестрельное оружие не военного назначения
- 1.27. Прогулочные речные и морские суда бытового назначения
- 1.28. Коляски детские

2. Товары электротехнической, электронной и приборостроительной промышленности

- 2.1. Приборы холодильные и термощкафы для хранения и замораживания продуктов
- 2.2. Приборы для приготовления пищи
- 2.3. Приборы для механизации кухонных работ
- 2.4. Приборы санитарно-гигиенические
- 2.5. Приборы Микроклимата и мягкой теплоты
- 2.6. Машины для шитья
- 2.7. Прочие бытовые приборы и инструменты
- 2.8. Машины и оборудование для фермерского и приусадебного хозяйства
- 2.9. Машины санитарно-гигиенические
- 2.10. Кабели, провода и шнуры с поливинилхлоридной изоляцией на напряжение до 450/750 В включительно
- 2.11. Кабели, провода и шнуры с резиновой изоляцией на напряжение до 450/750 В включительно
- 2.12. Переключатели приборные и автоматические
- 2.13. Выключатели для стационарных установок

Продолжение приложения 2

- 2.14. Соединители электрические. Соединители приборные
- 2.15. Арматура светотехническая
- 2.16. Лампы
- 2.17. Светильники
- 2.18. Материалы изоляционные
- 2.19. Низковольтная аппаратура управления
- 2.20. Установочное защитное оборудование
- 2.21. Устройства защиты
- 2.22. Трансформаторы малой мощности и аналогичное оборудование
- 2.23. Оборудование электросварочное бытовое
- 2.24. Передвижные электростанции
- 2.25. Машины ручные электрические
- 2.26. Аккумуляторы и батареи аккумуляторные щелочные и кислотные
- 2.27. Элементы и батареи первичные
- 2.28. Электродвигатели малой и средней мощности
- 2.29. Измерительные приборы
- 2.30. Счетчики электрические
- 2.31. Электроизмерительные приборы аналоговые
- 2.32. Системы сигнализации
- 2.33. Электронная аппаратура развлекательного характера
- 2.34. Игровые автоматы
- 2.35. Конторское оборудование
- 2.36. Вычислительные машины
- 2.37. Кино-фототехника и принадлежности
- 2.38. Средства радиосвязи
- 2.39. Аппараты телефонные, АТС и фототелеграфные

3. Медицинская техника

- 3.1. Материалы стоматологические
- 3.2. Медицинские инструменты
- 3.3. Медицинские электроприборы и аппараты
- 3.4. Аппараты для электролечения низкочастотные
- 3.5. Аппараты для электролечения высокочастотные и квантовые
- 3.6. Имплантаты
- 3.7. Медицинское оборудование

4. Товары сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности

- 4.1. Сахар и кондитерские изделия из сахара
- 4.2. Какао и продукты из него
- 4.3. Изделия из зерна хлебных злаков, муки, крахмала и молока, мучные кондитерские изделия
- 4.4. Продукты переработки овощей, плодов, орехов или прочих частей растений
- 4.5. Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус
- 4.6. Соль
- 4.7. Табак и промышленные заменители табака
- 4.8. Прочие разные пищевые продукты
- 4.9. Кофе, чай, мате (парагвайский чай) и пряности
- 4.10. Мясо и пищевые мясные субпродукты
- 4.11. Изделия из мяса, рыбы и ракообразных, моллюсков или прочих водных беспозвоночных

Окончание приложения 2

- 4.12. Жиры и масла животного или растительного происхождения, продукты их расщепления
- 4.13. Молоко и молочные продукты, яйца птиц, мед натуральный, пищевые продукты животного происхождения
- 4.14. Рыба и ракообразные, моллюски и другие водные беспозвоночные
- 4.15. Продукция мукомольно-крупяной промышленности, солод, крахмал, инулин, пшеничная клейковина
- 4.16. Зерновые хлеба
- 4.17. Овощи и некоторые съедобные корнеплоды и клубнеплоды
- 4.18. Съедобные плоды и орехи, кожура и корки цитрусовых или бахчевых культур
- 4.19. Продукция косметическая
- 4.20. Корма и кормовые средства

5. Товары легкой промышленности

- 5.1. Ткани бельевые детские
- 5.2. Изделия трикотажные бельевые детские
- 5.3. Изделия швейные бельевые детские
- 5.4. Обувь детская
- 5.5. Изделия медицинские текстильные
- 5.6. Фарфоро-фаянсовые изделия
- 5.7. Игрушки

6. Товары сырьевых отраслей и деревообработки

- 6.1. Посуда из черных и цветных металлов
- 6.2. Минеральные удобрения
- 6.3. Окислители
- 6.4. Шлемы и каски защитные
- 6.5. Средства моющие
- 6.6. Пестициды
- 6.7. Изделия из резины
- 6.8. Кислоты
- 6.9. Водород, газы инертные
- 6.10. Пластмассы и изделия из них
- 6.11. Шины
- 6.12. Уголь древесный
- 6.13. Нефтепродукты
- 6.14. Фанера клееная
- 6.15. Плиты древесно-стружечные
- 6.16. Фрикционные материалы и изделия из них
- 6.17. Стекло безопасное
- 6.18. Мебель
- 6.19. Спички

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Перечень услуг, подлежащих обязательной сертификации в РФ

1. Ремонт и техническое обслуживание бытовой радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых машин и приборов
2. Ремонт и техническое обслуживание автотранспортных средств
3. Ремонт и изготовление мебели
4. Химчистка и крашение
5. Ремонт и строительство жилья
6. Услуги бань, душевых
7. Услуги парикмахерских
8. Ремонт, окраска и пошив обуви
9. Услуги прачечных
10. Услуги по ремонту и пошиву швейных, меховых и кожаных изделий, головных уборов и изделий текстильной галантереи; ремонт, пошив и вязание трикотажных изделий
11. Услуги железнодорожного транспорта
12. Услуги речного транспорта
13. Услуги морского транспорта
14. Услуги воздушного транспорта
15. Услуги автотранспортного транспорта
16. Услуги городского транспорта
17. Экспедиторские услуги
18. Жилищно-коммунальные услуги
19. Услуги учреждений культуры
20. Туристские услуги и услуги гостиниц
21. Услуги физической культуры и спорта
22. Медицинские услуги
23. Санаторно-оздоровительные услуги
24. Услуги в системе образования
25. Услуги торговли
26. Услуги общественного питания

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Российские системы обязательной сертификации однородной продукции

№ п/ п	Название системы	Регистрационный шифр
1	Система сертификации авиационной техники и объектов гражданской авиации	РОСТ RU.0001.01AT00
2	Система сертификации безопасности взрывоопасных производств	РОСТ RU.0001.01BV00
3	Система сертификации посуды	ГОСТ P RU.0001.8.0.AN00
4	Система сертификации лесопромышленной продукции	ГОСТ P RU.0001.8.0.AF00
	Порядок сертификации фанерной продукции	RSSG RU.0001.8.1.0013
	Порядок сертификации прессованных древесных материалов	ГОСТ P RU.0001.8.1.0017
	Порядок сертификации мебели	ГОСТ P RU.0001.8.1.0020
	Порядок сертификации спичечной продукции	ГОСТ P RU.0001.8.1.0027
	Порядок сертификации мебели	ГОСТ P RU.0001.8.1.0021
	Порядок сертификации мебели и материалов для ее изготовления	ГОСТ P RU.0001.8.1.0034
	Порядок сертификации целлюлозно-бумажной продукции	ГОСТ P RU.0001.8.1.0046
	Порядок сертификации лесохимической продукции	ГОСТ P RU.0001.8.1.0043
5	Система сертификации товаров детского ассортимента	ГОСТ P RU.0001.8.0.AL00
6	Система сертификации алмазных порошков и инструментов	ГОСТ P RU.0001.8.0.AB00
	Порядок сертификации алмазных порошков и инструментов	RSSG RU.0001.8.1.0005
7	Система сертификации высоковольтного электрооборудования ("Энергосерт")	ГОСТ P RU.0001.8.0.AV00
	Временный порядок сертификации высоковольтного электрооборудования	ГОСТ P RU.0001.8.1.0023
8	Система сертификации бытовой аппаратуры, работающей на газообразном, жидком и твердом видах топлива	ГОСТ P RU.0001.8.0.BG00
	Порядок сертификации бытовой аппаратуры, работающей на газообразном, жидком и твердом видах топлива	ГОСТ P RU.0001.8.1.0040
9	Система сертификации игрушек	ГОСТ P RU.0001.8.0.AI000
	Временный порядок сертификации игрушек	ГОСТ P RU.0001.8.1.0018
	Порядок сертификации детских колясок	ГОСТ P RU.0001.8.1.0023
	Порядок сертификации игрушек на безопасность	ГОСТ P RU.0001.8.1.0035
10	Система сертификации электрооборудования на соответствие стандартам безопасности (ССЭСБ)	ГОСТ P RU.0001.8.0.AE00
	Порядок сертификации бытовой электронной аппаратуры	ГОСТ P RU.0001.8.1.0041
	Порядок сертификации телевизионной и бытовой радиоэлектронной аппаратуры	ГОСТ P RU.0001.8.0.0047
	Порядок сертификации изделий на базе переносных бензиновых и электрических двигателей	ГОСТ P RU.0001.8.1.0043
	Порядок сертификации абонентской телефонной техники	ГОСТ P RU.0001.8.1.0064
	Порядок проведения работ по сертификации продукции в Системе сертификации электрооборудования на соответствие стандартам безопасности	РОСС RU.0001.01ME01
	Порядок сертификации электрооборудования	ГОСТ P RU.0001.8.1.0016
	Порядок сертификации аппаратуры охранной и пожарной сигнализации	ГОСТ P RU.0001.8.1.0025

Окончание приложения 4

11	Система сертификации ручного оружия и патронов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.SA00
12	Система сертификации металлорежущего, деревообрабатывающего и слесарно-монтажного инструмента	ГОСТ Р RU.0001.8.0.IN00
	Порядок сертификации деревообрабатывающего оборудования и машин	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0062
13	Система сертификации металлообрабатывающих станков	ГОСТ Р RU.0001.8.0.MS00
	Порядок сертификации металлообрабатывающих машин	RSSG RU.0001.8.1.0015
14	Система сертификации насосов, арматуры, трубопроводов и холодильной техники	ГОСТ Р RU.0001.8.0.NA00
	Порядок проведения сертификации насосов, арматуры, соединений, трубопроводов, холодильной компрессорной техники	RSSG RU.0001.8.1.0001
15	Система сертификации содового оборудования и прогулочных судов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.SB00
	Порядок сертификации судового комплектующего оборудования	RSSG RU.0001.8.1.0003
	Порядок сертификации прогулочных судов	RSSG RU.0001.8.1.0004
	Порядок сертификации судового оборудования и прогулочных судов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0036
16	Система сертификации сельскохозяйственной техники	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AC00
	Порядок сертификации сельскохозяйственной техники	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0022
17	Система сертификации транспортных средств и прицепов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AT00
	Порядок сертификации механических транспортных средств	RSSG RU.0001.8.1.0010
18	Система сертификации технических средств по требованиям электромагнитной совместимости	ГОСТ Р RU.0001.8.0.BM00
19	Система сертификации нефтепродуктов	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AH00
	Порядок сертификации нефтехимической продукции (продукции химии, нефтепереработки и нефтехимии)	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0042
	Порядок сертификации пневматических шин	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0050
20	Система сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья	ГОСТ Р RU.0001.8.0.AP00
	Правила сертификации мяса и мясопродуктов на соответствие требованиям безопасности	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0071
	Временный порядок сертификации кормов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0039
21	Порядок сертификации семенного и посадочного материалов	РОСС RU.0001.01ПС00
22	Система сертификации средств индивидуальной защиты	ГОСТ Р RU.0001.8.0.BS00
	Порядок сертификации средств индивидуальной защиты	RSSG RU.0001.8.1.0012
23	Система сертификации услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств	ГОСТ Р RU.0001.8.0.UA00
	Система сертификации услуг по техническому обслуживанию и ремонту автототранспортных средств	ГОСТ Р RU.0001.8.2.0001
24	Система сертификации услуг по ремонту и техническому обслуживанию БРЭА, электробытовых машин и приборов	РОСС RU.0001.01УБ00
	Порядок сертификации услуг по ремонту бытовой радиоэлектронной аппаратуры, бытовых машин и приборов	ГОСТ Р RU.0001.8.2.0003
25	Система сертификации химической продукции	ГОСТ Р RU.0001.8.0.BH.00
	Порядок сертификации химических реактивов и особо чистых химических веществ	RSSG RU.0001.8.1.0002
	Порядок сертификации химических средств защиты растений	RSSG RU.0001.8.1.0011
	Порядок сертификации агрохимикатов	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0037
	Порядок сертификации химической продукции	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0045
	Порядок сертификации товаров бытовой химии и синтетических моющих средств	ГОСТ Р RU.0001.8.1.0029
26	Система сертификации "Электросвязь"	РОСС RU.0001.01ЭС00

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Российские системы добровольной сертификации (сокращенный перечень)

№ п/п	Название системы	Шифр регистрации
1	Система сертификации "Сертификация в бизнесе и торговле"	РОСС RU.0001.040001
2	Система сертификации средств криптографической защиты информации	РОСС RU.0001.030001
3	Система сертификации полимерных и композиционных материалов и изделий из них по срокам службы (годности)	РОСС RU.0001.040002
4	Система сертификации Советской ассоциации качеств (Со-вАск)	РОСС RU.0001.040003
5	Система сертификации ювелирных изделий	РОСС RU.0001.040003
6	Система сертификации продукции машиностроения и приборостроения ("Абрис")	РОСС RU.0001.040004
7	Система сертификации веществ и материалов по химическому составу (ССХС)	РОСС RU.0001.040005
8	Система сертификации по акустическим и вибрационным характеристикам	РОСС RU.0001.030006
9	Система сертификации биологически активных веществ	РОСС RU.0001.040007
10	Система сертификации услуг по качеству ССК (У)	РОСС RU.0001.040008
11	Система сертификации оборудования для перерабатывающих отраслей АПК, выпускаемого предприятиями Министерства по атомной энергетике ("Каримос")	РОСС RU.0001.01АЛ00
12	Система сертификации "Молсем"	РОСС RU.0001.04ЯА00
13	Система сертификации технических устройств Академии технологических наук РФ - ГосНИИ авиационных систем (Система АТН РФ ГосНИИАС)	РОСС RU.0001.04АУ00
14	Система добровольной сертификации бурового и нефтепромыслового оборудования	РОСС RU.0001.04БН00
15	Система сертификации банковских технологий (ССБТ МЕКАС)	РОСС RU.0001.04БТ00
16	Система сертификации геофизической продукции	РОСС RU.0001.04ГФ00
17	Система сертификации средств и систем в сфере информатизации	РОСС RU.0001.03ИН00
18	Система добровольной сертификации объектов и услуг ("Индекс")	РОСС RU.0001.04ИН00
19	Система добровольной сертификации качества и производств Госстандарта России ("Регистр систем качества")	РОСС RU.0001.03ОИС00
20	Система добровольной сертификации продукции и систем качества оборонных отраслей промышленности ("Оборонсертифика")	РОСС RU.0001.03ОБ00
21	Система добровольной сертификации качества (СДС)	РОСС RU.0001.04КБ00
22	Система добровольной сертификации продукции и систем качества предприятий промышленности ("Промсертика")	РОСС RU.0001.03КП00
23	Система сертификации высоковольтного электрооборудования ("Энергосерт")	ГОСТ PU.0001.80AV00
	Порядок проведения сертификации высоковольтного электрооборудования	РОСС RU.0001.03МВ01
	Временный порядок проведения сертификации высоковольтного электрооборудования	РОСС RU.0001.0.1.0033

Окончание приложения 5

№ п/п	Название системы	Шифр регистрации
24	Система добровольной сертификации угольной продукции	РОСС RU.0001.03ПУ00
25	Добровольная сертификация программного обеспечения ведения Реестра акционеров	РОСС RU.0001.04РА00
26	Система сертификации систем качества (Ростест-Авто)	РОСС RU.0001.03РА00
27	Система добровольной сертификации средств измерений	РОСС RU.0001.04СЕ00
28	Система добровольной сертификации Метрологической академии	РОСС RU.0001.03СИ00
29	Система технического освидетельствования и сертификации судов и судового оборудования для последующего их страхования ("МорТех")	РОСС RU.0001.04СУ00
30	Система сертификации металлопродукции и композиционных материалов на металлической основе	РОСС RU.0001.04ЧМ00
31	Система сертификации ювелирных изделий	РОСС RU.0001.01ЮИ00
32	Система добровольной сертификации ювелирных изделий и камней	РОСС RU.0001.04ЮК00
33	Система сертификации морской техники ("Артур")	RSZ RU.S003
34	Система добровольной сертификации "Сертум"	РОСС RU.0001.04ЯБ00
35	Система добровольной сертификации испытательных стендов ("Сертис")	РОСС RU.0001.03ЯВ00
36	Система добровольной сертификации АОЗТ "Мосэкспертиза" (МЭКС)	РОСС RU.0001.03ЯГ00
37	Система добровольной сертификации водолазной техники и услуг ("Спрут")	РОСС RU.0001.04ЯД00
38	Система сертификации и оценки интеллектуальной собственности	РОСС RU.0001.04ЯЗ00
39	Система добровольной сертификации конструкционных материалов ("Прометей")	РОСС RU.0001.04ЯИ00
40	Система добровольной сертификации услуг связи, услуг информационных технологий и систем качества предприятий ("Интерэкомс")	РОСС RU.0001.04ЯЕ00
41	Московская система добровольной сертификации в строительстве ("Мосстройсертификация")	РОСС RU.0001.03ЯЛ00
42	Система добровольной сертификации программных средств, применяемых в обязательном медицинском страховании	РОСС RU.0001.03ЯН00

Схемы сертификации продукции

Номер схемы	Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и другие способы доказательства соответствия	Проверка производства (системы качества)	Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства)
1	Испытания типа		
1a	Испытания типа	Анализ состояния производства	
2	Испытания типа		Испытания образцов, взятых у продавца
2a	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Анализ состояния производства
3	Испытания типа		Испытания образцов, взятых у изготовителя
3a	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
4	Испытания типа		Испытания образцов, взятых у продавца и изготовителя
4a	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца и изготовителя Анализ состояния производства
5	Испытания типа	Сертификация производства или сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества (производства) Испытания образцов, взятых у продавца и (или) изготовителя
6	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества
7	Испытание партии		
8	Испытание каждого образца		
9	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам		
9a	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца и изготовителя
10a	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца и изготовителя Анализ состояния производства

Испытание типа – производится испытание одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями.

Испытание партии – производится испытание выборки от партии с использованием метода статистического контроля.

Жесткость испытаний, а также их надежность и стоимость возрастают по направлению 1–7–8.

Инспекционный контроль проводится после выдачи сертификата.

Схемы 9–10а введены недавно. С введением этих схем Российская система сертификации еще больше приблизилась к европейской системе.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Схемы сертификации работ и услуг

Номер схемы	Оценка выполнения работ и оказания услуг	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Инспекционный контроль сертифицированных работ и услуг
1	Оценка мастерства исполнителя работ и услуг	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль мастерства исполнителя работ и услуг
2	Оценка процесса выполнения работ и оказания услуг	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль процесса выполнения работ и оказания услуг
3	Анализ состояния производства	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль состояния производства
4	Оценка организации (предприятия)	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль соответствия установленным требованиям
5	Оценка системы качества	Проверка (испытание) результатов работ и услуг	Контроль системы качества
6		Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Контроль качества выполнения работ и оказания услуг
7	Оценка системы качества	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Контроль системы качества

Схема 1 – применяется для сертификации услуг, оказываемых гражданами предпринимателями и небольшими предприятиями.

Схема 5 – применяется для сертификации наиболее опасных работ и услуг (мед., перевозки пассажирские и пр.)

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
ГОССТАНДАРТ РОССИИ**

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС F1.МЕ79.В00887
Срок действия с 06.11.2005 по 06.11.2008

6479569

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ № РОСС RU.0001.11МЕ79
ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
АНОЦСЭ "ЭЛЕКТРОПРИВОД"
107078, Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 1/2, корп. 5 тел/факс 208-28-34

ПРОДУКЦИЯ
Вентиляторы типа Vilpe
(см. приложение № 0895551)
Выпуск по документации изготовителя
Серийный выпуск

КОД ОК 005 (ОКП):
34 6895

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
ГОСТ Р МЭК 60335-2-80-2000


КОД ТН ВЭД России:
8414 59 900 0

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Фирма "SK Tuote Oy"
Kauppatie 9 65610 Mustasaari FINLAND

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН
Фирма "SK Tuote Oy"
Kauppatie 9 65610 Mustasaari FINLAND
tel.: + 358 20 123 32 00; fax: + 358 20 123 32 18


НА ОСНОВАНИИ
протоколы испытаний №№ 464-05, 465-05, 466-05 от 12.10.05
ИЛЭ СЦ "Продэкс", № РОСС RU.0001.21МО26
119992, Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, стр. 40

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ
Схема сертификации № 3

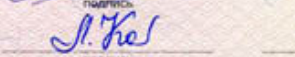


Руководитель органа

Эксперт



подпись



подпись

Б.П. Козлов
инициалы, фамилия

Л.М. Кочегарова
инициалы, фамилия

Сертификат имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации

Всё остальное ЗАО "ОЦСЭ" (созданное 16.05.05-06/00) ИЭ-РФ (улица 31, кв. 209) 257 2432, 258 7617, Москва, 20041

ГИГИЕНЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦИИ

Вещества, показатели (факторы) Гигиенический норматив




по органолептическим, физико-химическим (приложение 4), микробиологическим (приложение 2), токсикологическим (приложение 1), показателям соответствует санитарно-гигиеническим требованиям СанПиН 1.2.681-97, предъявляемым к средствам косметическим для ухода за кожей.

Область применения:
косметическая продукция

Необходимые условия использования, хранения, транспортировки и меры безопасности:
В соответствии с аннотацией и маркировкой на упаковке

Информация, наносимая на этикетку:
в соответствии с ГОСТ Р 51391-99

Заключение действительно до 01.11.2011 года
Главный государственный санитарный врач
(заместитель главного государственного санитарного врача)
Федотов Н.Н.
Подпись

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ
В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА
УПРАВЛЕНИЕ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ПО ГОРОДУ МОСКВЕ**

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ
№ 77.01.12.915.п.071959.11.06 от 10.11.2006

Настоящим санитарно-эпидемиологическим заключением удостоверяется, что продукция: средства косметические для ухода за кожей серии "Dr. Shalzman" - по приложению

изготовленная в соответствии
Рецептура, тех. требования, удостоверение качества, аннотации, образцы этикеток


СООТВЕТСТВУЕТ (НЕ СООТВЕТСТВУЕТ) санитарным правилам
(включая зачеркнуть, указать полное наименование государственного санитарно-эпидемиологического правила и норматива):
СанПиН 1.2.681-97 "Гигиенические требования к производству и безопасности парфюмерно-косметических средств"

Организация-изготовитель
ООО "Ид Сандра",
107370 Москва, Бойцовая ул., д.27, стр.1 Россия

Получатель санитарно-эпидемиологического заключения
ООО "Ид Сандра",
107370 Москва, Бойцовая ул., д.27, стр.1 Россия

Основанием для признания продукции, соответствующей (не соответствующей) санитарным правилам, являются рассмотренные протоколы исследований, анализированные результаты исследований, другие рассмотренные документы):
Протоколы испытаний ИД ПКП НИИ медицины труда РАМН № 10448Т-10450Т от 29.10.06.; 11721К-11723К от 31.10.06.; Экспертное заключение ФГУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в г.Москве" № 66395/З от 27.10.06.

№ 1042492



СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
СЕРТИФИКАТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

№ ССПБ.RU.ОП.066.В00895

Действителен до **08.07.2011**

Зарегистрирован в Государственном реестре Системы сертификации в области пожарной безопасности **14.08.2008**

Настоящий сертификат удостоверяет, что идентифицированные надлежащим образом образцы

Источники вторичного электропитания резервированные **43.7291**
код КСОП

- серии Скэт 1200 модели Скэт 1200А, Скэт 1200Б,
Скэт 1200С, Скэт 1200Д, Скэт 1200Д исп.2, Скэт 1200Д исп.1,
Скэт 1200М, Скэт 1200И2, Скэт 1200И7, Скэт 1200, Скэт 1200У,
Скэт 1200У2, Скэт 1200КР;
- серии Скэт 2400 модели Скэт 2400, Скэт 2400М, Скэт 2400И2, Скэт 2400И7;
- серии Скэт 2412 модели Скэт 2412, Скэт 2412М
ФИАП.436234.023 ТУ *примечание*

соответствуют требованиям пожарной безопасности, установленным в НПС 57-97*, НПБ 86-2000, ГОСТ 12997-84 (п.2.16), ГОСТ Р МЭК 60065-2002 (разд.3, разд.4 п.4.3)

ТД

при обязательной сертификации.

Сертификат распространяется на серийное производство.

Схема сертификации №3А.

Сертификат выдан:
Закрытому акционерному обществу «Производственное объединение «Бастيون», код ОКПО 51604047,
Россия, 344011, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 97, лит. «К»
тел. (863) 299-32-09, факс (863) 299-32-10

Иготовитель:
Закрытому акционерному обществу «Производственное объединение «Бастيون», код ОКПО 51604047,
Россия, 344011, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 97, лит. «К»
тел. (863) 299-32-09, факс (863) 299-32-10

№ 0215176

Сертификат выдан на основании:

Документ (наименование, номер, дата)	Исполнитель (наименование, регистрационный номер)
Протокол испытаний №104/1/05 от 08.07.2005	Лаборатория испытаний ГУ «ЦСА ОПС» ГУВО МВД России, № ССПБ.RU.ИИ.046 от 25.11.2002
Протокол испытаний №124/1/08 от 13.08.2008	Лаборатория испытаний технических средств охраны в безопасности объектов ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России, № ССПБ.RU.ИИ.116 от 29.06.2006.
Экспертное заключение от 14.08.2008	Орган по сертификации «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России, № ССПБ.RU.ОП.066 от 29.06.2006.
Акт проверки состояния производства №53/08-ПБ от 25.06.2008	Орган по сертификации «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России, № ССПБ.RU.ОП.066 от 29.06.2006.

Маркировка товара и технической документации, прилагаемой к каждой единице продукции, осуществляется знаком соответствия ССПБ, наносимым на каждое изделие, его тару, упаковку, товаросопроводительную документацию в соответствии с требованиями Положения о знаке соответствия Системы сертификации в области пожарной безопасности

“Знак соответствия системы, форма, размеры и технические требования”.
обозначение: организациям-изготовителям

Описание местонахождения знака соответствия **данным с товарным знаком изготовителя.**

В случае невыполнения условий, лежащих в основе выдачи сертификата, он отменяется (приостанавливается) органом по сертификации, выдавшим сертификат.

Сертификат Выдан:
Органом по сертификации «СИСТЕМ-ТЕСТ», Федеральное государственного учреждения «Центр сертификации аппаратуры охранной и пожарной сигнализации» МВД России (ОС «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС», МВД России), № ССПБ.RU.ОП.066,
143903, Московская обл., г.Балашиха, мкр.ВНИИПО, 12 т.ф: (495) 529-84-16, 529-84-30.
наименование органа по сертификации, выдвшего сертификат, № и Адрес, адрес

Руководитель органа по сертификации **В.А. Сахаров**
подпись, фамилия

Эксперт **Ю.А. Бяндурин**
подпись, фамилия

Настоящий сертификат подтверждает соответствие продукции установленным требованиям пожарной безопасности и является необходимым документом для получения разрешения на ввоз продукции на территорию Российской Федерации.

ЗАЯВЛЕНИЕ–ДЕКЛАРАЦИЯ

О безопасности товара, произведенного _____
наименование предприятия

адрес и реквизиты

Изготовитель товара в лице _____
должность, фамилия, имя, отчество

заявляет под свою исключительную ответственность, что продукция

наименование, тип, вид, марки, номер и размер партии

дата выработки (при необходимости), наименование документа, по

которому выпускается продукция. Код ОКП

соответствует всем требованиям, обеспечивающим безопасность жизни, здоровья потребителей, охрану окружающей среды, предотвращение причинения вреда имуществу потребителей, установленным для данной продукции в действующих на момент заявления нормативных документах

наименование обозначения государственного стандарта,

санитарных норм и правил и других документов

Заявление-декларация оформлено на основании _____
наименование документа*

Регистрационный номер заявления-декларации**

№ _____ от " ____ " _____ 201__ г.

Действительно до " ____ " _____ 201__ г.
(или в течение срока годности продукции).

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Основные ряды предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84 (выборочно)

R5	R10	R20	R40	Порядковый номер i-го предпочтительного числа	Мантисса десятичного логарифма	Расчетное значение предпочтительного числа	Относительное отклонение предпочтительных чисел основных рядов от расчетных значений, %					
1,00	1,00	1,00	1,00	0	000	1,0000	0,00					
			1,06	1	025	1,0593	+0,07					
			1,12	2	050	1,1220	-0,18					
			1,18	3	075	1,1885	-0,71					
			1,25	1,25	1,25	4	100	1,2589	-0,71			
					1,32	5	125	1,3335	-1,01			
					1,40	6	150	1,4125	-0,88			
			1,6	1,60	1,60	1,50	7	175	1,4962	+0,25		
						1,60	8	200	1,5849	+0,95		
						1,70	9	225	1,6788	+1,26		
						1,80	10	250	1,7783	+1,22		
						1,90	11	275	1,8836	+0,87		
						2,00	2,00	2,00	12	300	1,9953	+0,24
								2,12	13	325	2,1135	+0,31
			2,24	14	350			2,2387	+0,06			
			2,5	2,50	2,50	2,36	15	375	2,3714	-0,48		
						2,50	16	400	2,5119	-0,47		
						2,65	17	425	2,6607	-0,40		
						2,80	18	450	2,8184	-0,65		
3,00	19	475				2,9854	+0,49					

окончание приложения 12

R5	R10	R20	R40	Порядковый номер <i>i</i> -го предпочтительного числа	Мантисса десятичного логарифма	Расчетное значение предпочтительного числа	Относительное отклонение предпочтительных чисел основных рядов от расчетных значений, %	
4,0	3,15	3,15	3,15	20	500	3,1623	-0,39	
			3,35	21	525	3,3497	+0,01	
			3,55	22	550	3,5481	+0,05	
			3,75	23	575	3,7584	-0,22	
	4,00	4,00	4,00	4,00	24	600	3,9811	+0,47
				4,25	25	625	4,2170	+0,78
				4,50	26	650	4,4668	+0,74
				4,75	27	675	4,7315	+0,39
				5,00	28	700	5,0119	-0,24
				5,30	29	725	5,3088	-0,17
6,3	5,60	5,60	5,60	30	750	5,6234	-0,42	
			6,00	31	775	5,9566	+0,73	
			6,30	32	800	6,3096	-0,15	
			6,70	33	825	6,6834	+0,25	
	7,10	7,10	7,10	7,10	34	850	7,0795	+0,29
				7,50	35	875	7,4989	+0,01
				8,00	36	900	7,9433	+0,71
				8,50	37	925	8,4140	+1,02
				9,00	38	950	8,9125	+0,98
				9,50	39	975	8,4406	+0,63
10,0	10,00	10,00	10,00	40	000	10,0000	0,00	

Рекомендуемые посадки в системе отверстия при номинальных размерах от 1 до 500 мм

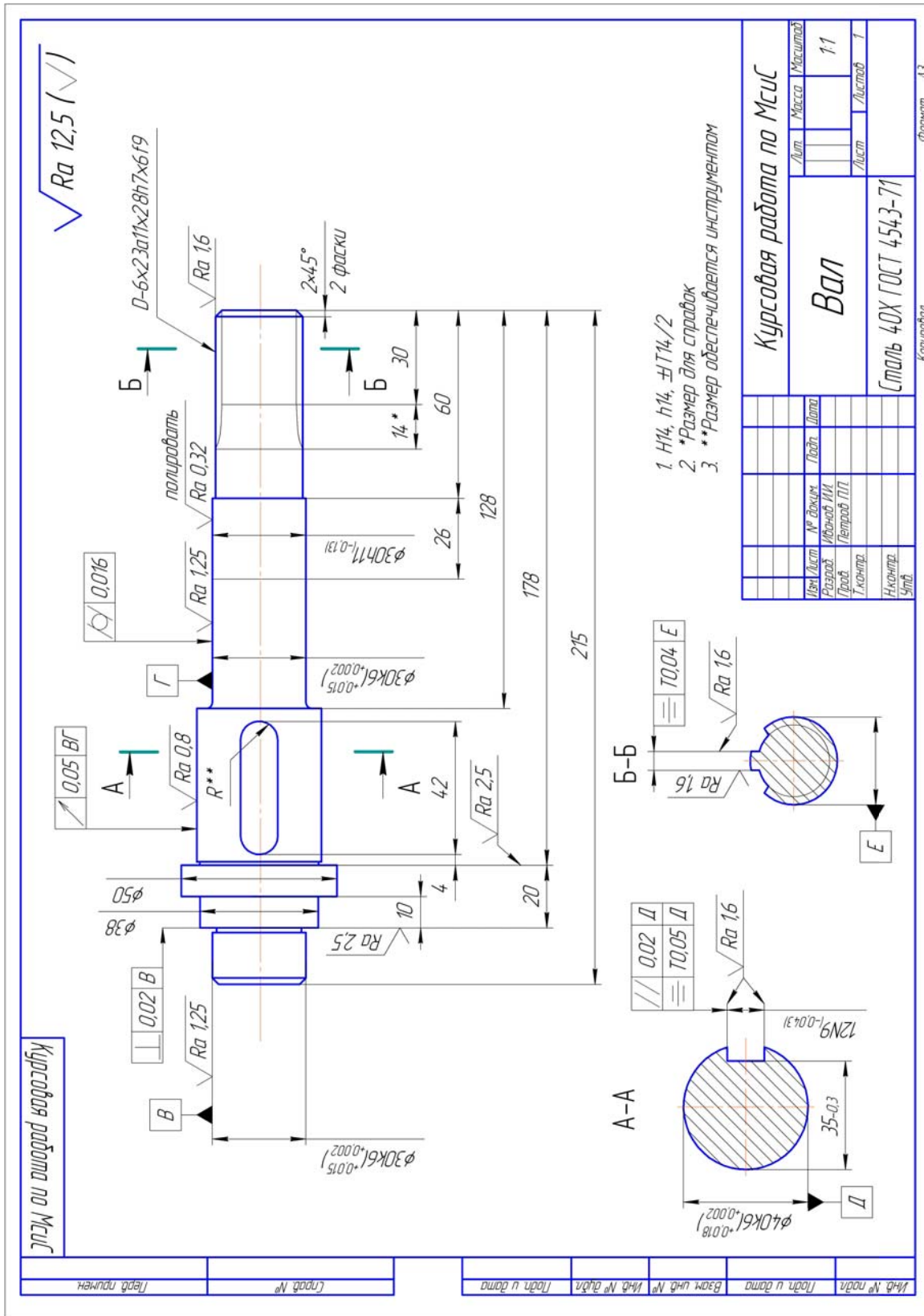
Поле допуска	Основные отклонения валов																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z	
H5							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$									
H6						$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$						
H7			$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}, \frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}, \frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$				
H8			$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8, H8}{f7}, \frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}, \frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$		
H9				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9, H9}{e8}, \frac{H9}{e9}$	$\frac{H9, H9}{f8}, \frac{H9}{f9}$		$\frac{H9, H9}{h8}, \frac{H9}{h9}$													
H10				$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10, H10}{h9}, \frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

Примечание. Обозначения предпочтительных посадок заключены в углошпательную рамку.

Рекомендуемые посадки в системе вала при номинальных размерах от 1 до 500 мм

Поле допуска основного вала	Основные отклонения отверстий												U				
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N		P	R	S	T
	Посадки																
h4							$G5 \frac{h4}{h4}$	$H5 \frac{h4}{h4}$	$JS5 \frac{h4}{h4}$	$K5 \frac{h4}{h4}$	$M5 \frac{h4}{h4}$	$N5 \frac{h4}{h4}$					
h5							$G6 \frac{h5}{h5}$	$H6 \frac{h5}{h5}$	$JS6 \frac{h5}{h5}$	$K6 \frac{h5}{h5}$	$M6 \frac{h5}{h5}$	$N6 \frac{h5}{h5}$	$P6 \frac{h5}{h5}$				
h6				$D8 \frac{h6}{h6}$	$E8 \frac{h6}{h6}$	$F7; F8 \frac{h6}{h6}$	$G7 \frac{h6}{h6}$	$H7 \frac{h6}{h6}$	$JS7 \frac{h6}{h6}$	$K7 \frac{h6}{h6}$	$M7 \frac{h6}{h6}$	$N7 \frac{h6}{h6}$	$P7 \frac{h6}{h6}$	$R7 \frac{h6}{h6}$	$S7 \frac{h6}{h6}$	$T7 \frac{h6}{h6}$	
h7				$D8 \frac{h7}{h7}$	$E8 \frac{h7}{h7}$	$F8 \frac{h7}{h7}$		$H8 \frac{h7}{h7}$	$JS8 \frac{h7}{h7}$	$K8 \frac{h7}{h7}$	$M8 \frac{h7}{h7}$	$N8 \frac{h7}{h7}$				$U8 \frac{h7}{h7}$	
h8				$D8; D9 \frac{h8}{h8}$	$E8; E9 \frac{h8}{h8}$	$F8; F9 \frac{h8}{h8}$		$H8; H9 \frac{h8}{h8}$									
h9				$D9; D10 \frac{h9}{h9}$	$E9 \frac{h9}{h9}$	$F9 \frac{h9}{h9}$		$H8; H9; H10 \frac{h9}{h9}$									
h10				$D10 \frac{h10}{h10}$				$H10 \frac{h10}{h10}$									
h11	$A11 \frac{h11}{h11}$	$B11 \frac{h11}{h11}$	$C11 \frac{h11}{h11}$	$D11 \frac{h11}{h11}$				$H11 \frac{h11}{h11}$									
h12		$B12 \frac{h12}{h12}$						$H12 \frac{h12}{h12}$									

Примечание. Обозначения предпочтительных посадок заключены в углошпунную рамку.



Учебное издание

КОРОТКОВ Владимир Сергеевич
АФОНАСОВ Алексей Иванович

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Учебное пособие

Научный редактор
кандидат технических наук
А.Ю. Арляпов

Компьютерная верстка *В.С. Коротков*
Дизайн обложки *Т.А. Фатеева*


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 14.06.2012. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 22,68. Уч.-изд. л. 20,51.
Заказ 773-12. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru