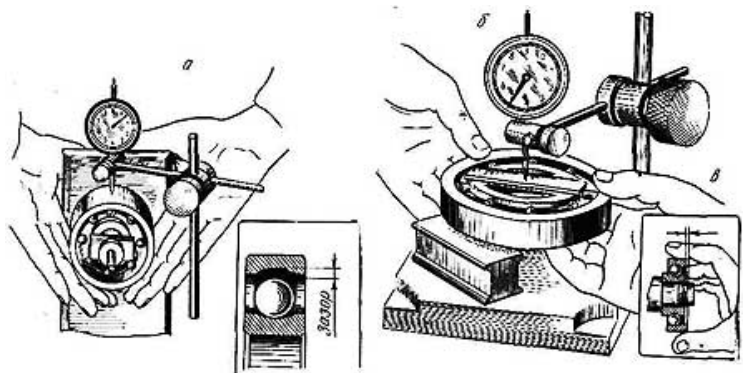
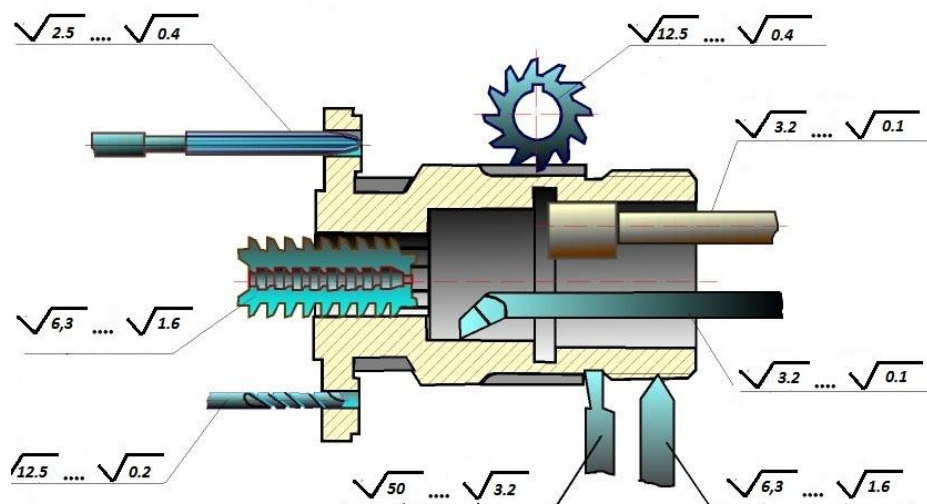


Васильева К. В., Найман В. С.



ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ПО ЕСКД

**ПРОСТАНОВКА НА ЧЕРТЕЖЕ РАЗМЕРОВ, ДОПУСКОВ,
ПОСАДОК, ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ, РАСПОЛОЖЕНИЯ И
ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ**



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московский государственный
университет леса

Васильева К. В., Найман В. С.

ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ПО ЕСКД

**ПРОСТАНОВКА НА ЧЕРТЕЖЕ РАЗМЕРОВ, ДОПУСКОВ,
ПОСАДОК, ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ, РАСПОЛОЖЕНИЯ И
ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Для студентов специальностей: 150405, 190603, 150400

Издательство Московского государственного
университета леса

2015

УДК 621.753.3

УДК 630*621.797

О95

Оформление чертежей по ЕСКД. Простановка на чертеже размеров, допусков, посадок, погрешностей формы, расположения и шероховатости поверхностей: учеб. пособие / К. В. Васильева, В. С. Найман– М.:ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015. - с. 128, ил. 109, табл. 35, прил. 2

Учебное пособие содержит общие требования стандартов (ЕСКД) к оформлению конструкторской документации, справочный материал для выполнения расчетно – графических и курсовых работ инженерной графике, по взаимозаменяемости и стандартизации, а также необходимые сведения для оформления дипломных работ

Разработано в соответствии с Государственными образовательными стандартами ВПО 2000 г для специальностей: 150405, 190603, 150400

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия
редакционно-издательским советом МГУЛ

Кафедра технологии машиностроения и ремонта

Васильева Карина Вениаминовна

Найман Вениамин Семенович

Васильева К. В., Найман В. С.

ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015

Содержание

Введение.....	6
1. Взаимозаменяемость. Основные понятия.....	8
1.1. Группы стандартов ЕСКД.....	8
1.2. Категории стандартов.....	10
1.3. Системы стандартов.....	10
2. Нанесение размеров на чертеже.....	11
2.1. Общие сведения о нанесении размеров.....	11
2.2. Основные понятия о нанесении и указании размеров.....	12
2.3. Нанесение размеров на изображения конструктивных элементов формы изделий.....	15
2.4. Упрощения, допускаемые при простановке размеров.....	17
2.5. Нанесение размеров на рабочих чертежах деталей.....	18
2.6. Основные понятия об отклонениях размеров.....	20
3. Нанесение на чертежах допусков и посадок.....	21
3.1. Общие сведения о допусках деталей.....	21
3.1.1. Основные понятия о поверхностях.....	21
3.1.2. Основные понятия о допусках размеров.....	22
3.1.3. Допуски несопрягаемых размеров.....	24
3.1.4. Обозначение допусков символами.....	24
3.1.5. Графическое изображение отклонений размеров.....	25
3.1.6. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками.....	26
3.1.7. Примеры нанесения линейных размеров и предельных отклонений на чертежах деталей.....	27
3.2. Посадки деталей машин.....	38
3.2.1. Общие сведения о посадках.....	38

3.2.2.	Посадки в системе отверстия и в системе вала.....	40
3.2.3.	Образование посадок в ЕСДП.....	42
3.2.4.	Примеры образования посадок в ЕСДП.....	45
3.2.5.	Примеры применения посадок.....	47
3.3	Допуски и посадки типовых соединений.....	51
3.3.1.	Допуски и посадки в шпоночных соединениях.....	51
3.3.2.	Шлицевые соединения.....	55
3.3.3.	Резьбовые соединения.....	62
3.3.4.	Зубчатые передачи.....	67
3.3.5.	Соединения вал-ступица.....	68
3.3.6.	Обозначение посадок в местах установки подшипников....	69
3.3.7.	Влияние типа подшипника на выбор посадок.....	72
3.3.8.	Пример посадки венца червячного колеса на ступицу.....	73
3.3.9.	Посадки полумуфт на валах.....	74
3.3.10.	Посадки шкивов ремённой передачи.....	75
	Допуски расположения осей отверстий для крепежных	
3.3.11.	деталей.....	75
3.3.12.	Допуска и посадка конусов и их соединений.....	77
4.	Нанесение и указание точности формы и расположения	
	поверхностей.....	80
4.1.	Общие сведения об отклонении формы и расположения	
	поверхностей.....	80
4.1.1.	Отклонение формы поверхностей.....	80
4.1.2.	Отклонение расположения поверхностей	83
4.2.	Указания на чертежах допусков формы и расположения	
	поверхностей.....	86
4.2.1.	Условные обозначения отклонений формы и расположения	
	поверхностей.....	86
4.2.2.	Примеры указаний на чертежах отклонений формы и	

	расположения поверхностей.....	89
4.3.	Примеры обозначения баз.....	95
5.	Нанесение и указание точности обработки поверхностей...	99
5.1.	Общие сведения о шероховатости поверхностей.....	99
5.1.1.	Основные понятия о шероховатости поверхностей.....	99
5.1.2.	Нормирование шероховатости поверхностей.....	100
5.2.	Обозначение шероховатостей поверхностей деталей.....	102
5.2.1.	Выбор и указание на чертеже шероховатости поверхности...	103
5.2.2.	Нанесение на чертежах обозначений обработки поверхностей	105
5.2.3.	Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.....	111
5.2.4.	Указание технических требований и технических характеристик на чертежах.....	112
6.	Стандарты ЕСКД для САПР.....	113
	Библиографический список.....	116
	Приложение 1.....	121
	Приложение 2.....	123

Введение

Подготовка бакалавров и магистров инженерного профиля предусматривает изучение дисциплин «Инженерная и компьютерная графика», «Метрология и стандартизация», «Детали машин» и т.д.

Данное учебное пособие предназначено для бакалавров и магистров инженерных направлений МГУЛ. Одной из важнейшей составляющей профессиональной компетентности инженера является умение воспринимать, понимать и использовать графические документы разного назначения.

Необходимость создания данного учебного пособия вызвана большими трудностями, связанными с тем, что в школах в настоящее время не ведется предмет черчение и студенты совершенно не подготовлены к пространственному восприятию предметов, объектов, форм. В учебном пособии рассматриваются материал по нанесению размеров, допусков, посадок, шероховатости поверхности и других обозначений на чертежах.

Практика показывает, что самое большое количество ошибок студенты делают при нанесении размеров и других обозначений на чертежах.

Учебное пособие направлено на формирование у бакалавров и магистров, обучающихся по инженерным направлениям, таких компетенций, как:

- владеть культурой мышления, способностью к общению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);

- способность организовать свою работу ради достижения поставленных целей; готовность к использованию инновационных идей (ОК-6);

- стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, приобретать новые знания в области техники и технологии,

математики, естественных, гуманитарных, социальных и экономических наук (ОК-7);

- способность работать самостоятельно (ОК-8);

- способность к познавательной деятельности (ОК-10);

- способность разрабатывать и использовать графическую документацию (ПК-2);

- способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива (ПК-3);

- обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять поиск и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности (ПК-6);

- готовить презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях (ПК-7);

- уметь работать с научно-технической информацией, уметь использовать отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности, систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов производства (ПК-6);

- участвовать в разработке технологических проектов в составе авторского коллектива (ПК-10);

- использовать современные системы автоматизированного проектирования (ПК-11);

В учебном пособии представлена терминология, даны основные определения, представлен материал по нанесению размеров и других обозначений на чертежах, что важно для изучения различных дисциплин всех курсов. Системно изложен подход к изучению тем. Материал подается последовательно, в соответствии с нормативными документами Государственных стандартов ЕСКД. В приложении даны примеры для образца простановки шероховатостей на рабочих чертежах деталей, с учетом изменения №3, принятого Межгосударственным советом по

стандартизации, метрологии и сертификации (протокол №21 от 28.05.2002) и в полном соответствии со стандартом ИСО 1302.

В пособие включена необходимая информация для выполнения индивидуальных заданий, курсовых и дипломных работ.

Использование данного пособия поможет студентам в приобретении навыков по выполнению графических работ и умению ориентироваться в учебниках и другой научной литературе, которые написаны сложным языком и не всегда понятны.

1. Взаимозаменяемость. Основные понятия

1.1. Группы стандартов ЕСКД

Общие положения по целевому назначению, области распространения, классификации и обозначению стандартов, входящих в комплекс Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), устанавливает ГОСТ 2.001—70 «Общие положения» [15].

Единая система конструкторской документации — комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями на территории РФ. Основное назначение стандартов ЕСКД — установление единых правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации.

Установленные стандартами ЕСКД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документации распространяются:

- на все виды конструкторских документов;
- на учетно-регистрационную документацию и документацию по внесению изменений в конструкторские документы;
- на нормативно-техническую и технологическую документацию, а также научно-техническую и учебную литературу в той части, в которой эти правила могут быть в них применены и не регламентируются специальными стандартами и нормативами, устанавливающими правила выполнения этой документации и литературы, например форматов и

шрифтов для печатных изданий и т. п.

Распределение стандартов по классификационным группам ЕСКД приведено в таблице 1.

Таблица 1.

Классификационные группы стандартов по ЕСКД

Код группы	Наименование классификационной группы
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений)
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения
9	Прочие стандарты

Обозначение стандартов ЕСКД строится на классификационном принципе. Номер стандарта составляется из цифры 2, присвоенной классу стандартов ЕСКД; одной цифры (после точки), обозначающей классификационную группу (код группы) стандартов; двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе; двузначного числа (после тире), указывающего год регистрации стандарта.

Пример обозначения стандарта ЕСКД «Виды изделий» приведен на рисунке 1:

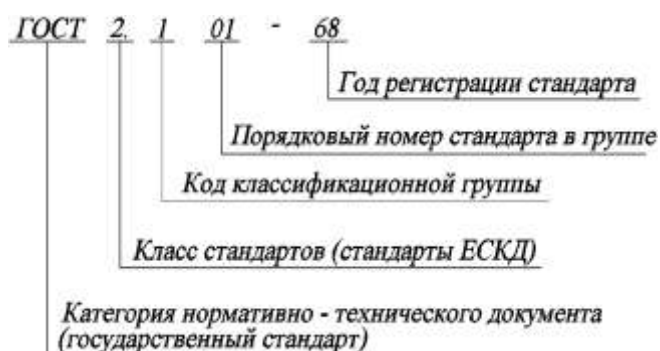


Рис.1. Пример обозначения по ЕСКД

1.2. Категории стандартов

Государственная система стандартизации (ГСС) предусматривает следующие категории стандартов:

ГОСТ – государственные стандарты, устанавливающие требования преимущественно к продукции массового и крупносерийного производства широкого и межотраслевого применения к изделиям, прошедшим государственную аттестацию, экспортным товарам, а также устанавливают общие нормы и термины.

ОСТ – отраслевые стандарты, устанавливающие требования к продукции, технологической оснастке, инструменту, специфическим для отрасли, а также к нормам, правилам, терминам и обозначениям.

СТП – стандарты предприятий (объединений), устанавливающие требования на нормы, правила, методы, составные части изделий и другие объекты, имеющие применение на данном предприятии.

ТУ – технические условия – нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс требований к конкретным изделиям, материалу и другой продукции, её изготовлению и контролю. ТУ разрабатываются в соответствии с ГОСТ 2.114-95* [18] и утверждаются руководством министерства или предприятия на срок, зависящий от нормативных сроков обновления продукции.

Кроме этих категорий стандартов, действуют стандарты и рекомендации ИСО.

(ISO) – крупнейшая международная организация в области стандартизации, содействующая международному обмену технической продукции на основе развития международной стандартизации.

Всеми работами по стандартизации, метрологии и сертификации руководит Государственный комитет РФ по стандартам (Госстандарт РФ).

1.3. Системы стандартов

Важную роль в повышении эффективности производства

высококачественных машин, приборов и оборудования играет стандартизация межотраслевых систем, составной частью которых являются:

ЕСКД – единая система конструкторской документации. Включает в себя стандарты на виды документаций, классификаций и обозначений изделий в конструкторских документах, правила выполнения чертежей, обращения конструкторских документов и т.д.

ЕСТД – единая система технологической документации. Устанавливает единые правила оформления и обращения технологических документов в организациях и предприятиях.

ЕСТПП – единая система технологической подготовки производства. Регулирует процессы подготовки производства к серийному выпуску изделий машиностроения, приборостроения и средств автоматизации.

ЕССП – единая система стандартов приборостроения. Она призвана унифицировать и согласовывать по принципу агрегатирования параметры и характеристики приборов и устройств, входящих в систему автоматического контроля, регулирования и управления сложными производственными процессами.

ЕСДП – единая система допусков и посадок.

2. Нанесение размеров на чертеже

2.1. Общие сведения о нанесении размеров

Каждый рабочий чертеж должен содержать кроме геометрического изображения детали все необходимые данные для его изготовления. Для того чтобы все чертежи читались и понимались всеми людьми однозначно, существуют соответствующие стандарты. Один из них регламентирует простановку размеров на чертежах. Называется он – «Нанесение размеров и предельных отклонений» ГОСТ 2.307 – 68 [20].

Это очень важный стандарт. Пропуск размера или ошибка хоть бы в одном из размеров делают чертеж не пригодным к использованию, так как определять пропущенные или ошибочные размеры путем обмера соответствующих мест на чертеже не допускается.

Поэтому простановка размеров – одна из наиболее ответственных стадий разработки чертежа.

2.2. Основные понятия о нанесении и указании размеров

Необходимо различать задание размеров – это, какие размеры, и с какой точностью необходимо задавать на чертеже, что бы изображенное на нем изделие можно было изготовить, и нанесение размеров – это, как следует расположить их на чертеже.

Основные рекомендации, которые надо выполнять при простановке размеров следующие:

1. Основанием для определения размеров изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Исключение составляют случаи, предусмотренные в ГОСТ 2.414-75 [26]; ГОСТ 2.417-78[27]; ГОСТ 2.419-68[28], когда величину изделия или его элементов определяют по изображениям, выполненным с достаточной степенью точности. Требуемая точность изделия при изготовлении задается указанием на чертеже предельного отклонения размеров, а также предельных отклонений формы и расположения поверхностей.

2. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Не надо повторять размеры одного элемента на разных видах, в технических требованиях, основной надписи и спецификации. Исключение составляют справочные размеры (перенесенные с чертежей изделий-заготовок, размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и др. проката). Размерные числа не должны вычисляться дополнительными действиями.

3. Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах и в спецификациях указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения. Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, а в других единицах измерения (сантиметрах, метрах и т.д.), то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы измерения (см, м) или указывают их в технических требованиях.

4. При нанесении размеров нужно помнить, что на всех чертежах не зависимо от масштаба указываются действительные размеры изделия.

Нанесение размеров включает проведение выносных и размерных линий. В начале работы над чертежом, как правило, все размерные линии наносятся без цифровых величин. Для получения четкого чертежа, все размеры лучше выносить за границы изображения. Минимальное расстояние от размерной линии до параллельной ей линии чертежа должно быть 10 мм, а между параллельными размерными линиями — 8 мм.

Для сборочных чертежей и чертежей общих видов размерные линии располагают, в зависимости от величины изображения, на расстоянии не менее 10 мм от очерковой линии.

Под размером элементов, образующих гладкие соединения, понимается: в цилиндрических соединениях – диаметр, а в плоских – расстояние между параллельными плоскостями по нормали к ним. Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.д.) в выбранных единицах измерения (в машиностроении обычно в мм). Размеры делятся на - номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер – это размер, который указан на чертеже. Номинальный размер – основной размер, который получен в результате расчетов на прочность, жесткость или задан из конструктивных или технологических соображений (рис.2). Номинальные размеры нормируются стандартом ГОСТ 8032-84 [38]. Стандарт на нормальные линейные размеры построен на основе рядов предпочтительных чисел, представляющих собой геометрические прогрессии со знаменателем

$Q = \sqrt[R]{10}$, где R равно 5, 10, 20, 40, 80 и 160. К основным рядам предпочтительных чисел относятся ряды R5, R10, R20 и R40. Пример ряда R5 в интервале размеров от 1 до 100 мм: 1.0; 1.6; 2.5; 4.0; 6.3; 10; 16; 25; 40; 63; 100. Действительным D_r , d_r называется размер, полученный в результате измерения готовой детали с допускаемой погрешностью средств измерения.

Номинальные размеры у изготавливаемой детали абсолютно точно получить невозможно, следовательно, после изготовления детали ее действительные размеры всегда будут отличаться от номинальных размеров.

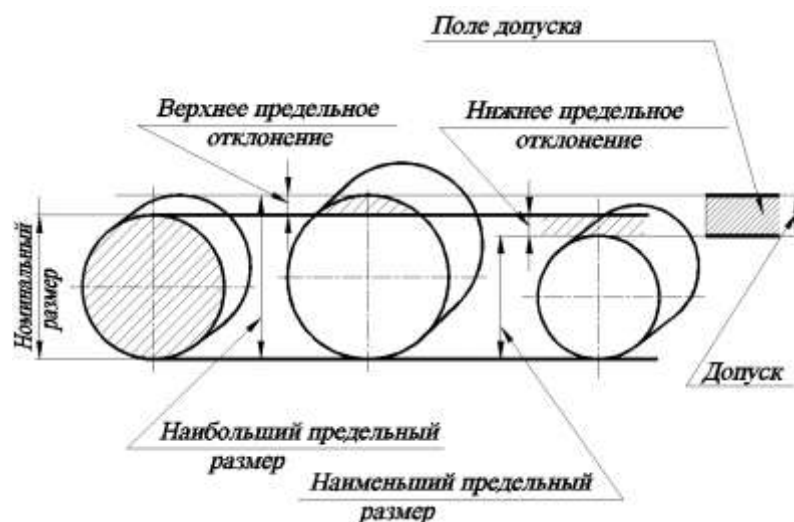


Рис.2. Номинальные и предельные размеры

В производстве необходимо, чтобы действительные размеры деталей находились в определенных пределах. Детали, отвечающие указанному требованию, называются взаимозаменяемыми. Они должны иметь размеры в пределах допусков.

Два предельно допустимых размера, между которыми должен быть действительный размер, называются предельными размерами. Больший из двух предельных размеров называют наибольшим предельным размером $D_{\max}$, $d_{\max}$, а меньший – наименьшим предельным размером $D_{\min}$, $d_{\min}$. На чертежах наносятся номинальные размеры и их предельные отклонения, которые определяют требуемую точность изделия при его изготовлении по определенным правилам, указанным в ГОСТах.

2.3. Нанесение размеров на изображения некоторых конструктивных элементов формы изделий

Одним из конструктивных элементов изделия является фаска — скошенная кромка стержня, бруска, отверстия, приведено на рисунке 3а. Нанесение ее величины осуществляется либо простановкой двух линейных размеров, показано на рисунке 3б, либо линейным и угловым размерами, показано на рисунке 3в, г.

Если на чертеже имеется несколько одинаковых фасок, то размер наносят один раз так, как показано на рисунке 3г. Эта надпись означает, что снято две фаски размером 2 мм под углом 45° .

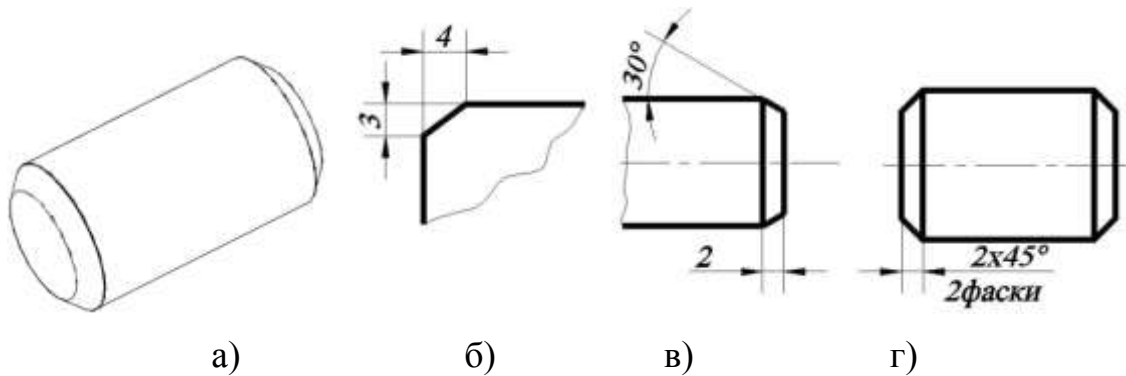


Рис.3. Нанесение размеров фаски

Паз в виде узкой прорези или канавки на головках винтов и шурупов — представлен на рисунке 4а, нанесение размеров шлица показано на рисунке 4б.

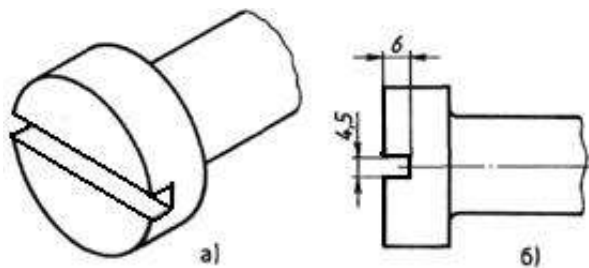


Рис.4. Нанесение размеров шлица

Нанесение размеров проточки — кольцевого желоба на стержне, рисунок 5а или в отверстии — производят с помощью выносного элемента, рисунок 5б. Нанесение размеров прямоугольного паза, рисунок 6а — выемки (углубления) прямоугольной формы — показано на рисунке 6б.

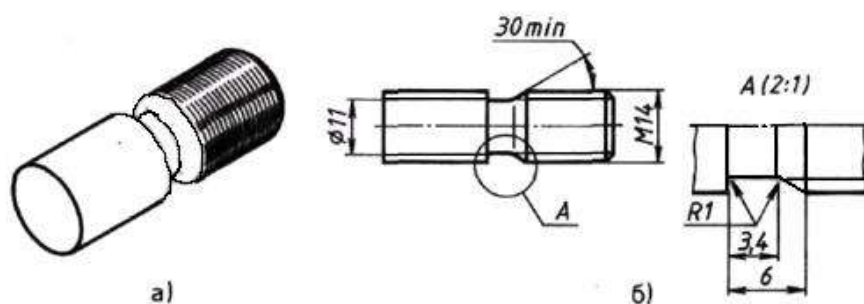


Рис.5. Нанесение размеров проточки на стержне

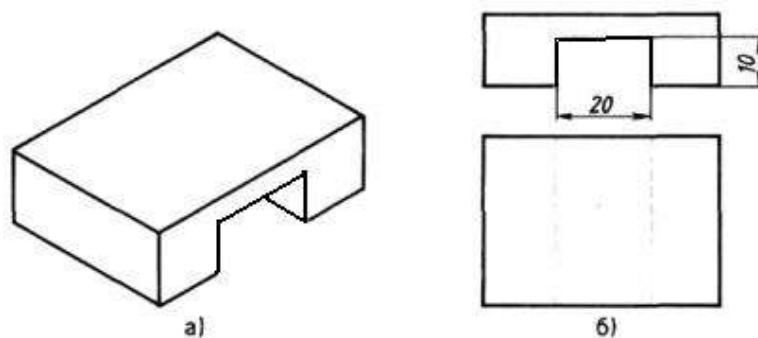


Рис.6. Нанесение размеров паза

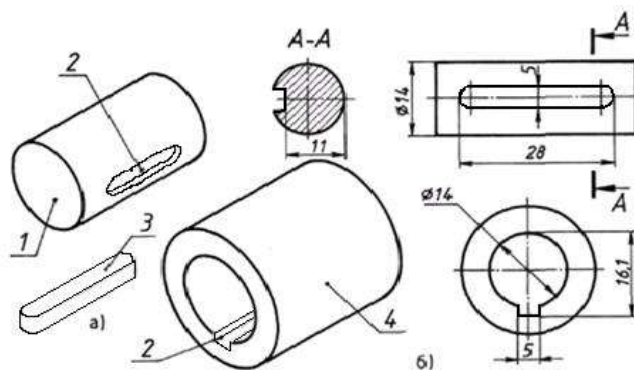


Рис.7. Нанесение размеров шпоночного паза

Пример нанесения размеров шпоночного паза 2 — углубления, на валу 1, втулке 4 или ступице колеса, предназначенного для размещения в них шпонки 3, — приведен на рисунке 7.

Нанесение размеров галтели, рисунок 8а — криволинейной поверхности плавного перехода одного элемента детали к другому — приведен на рисунке 8б.

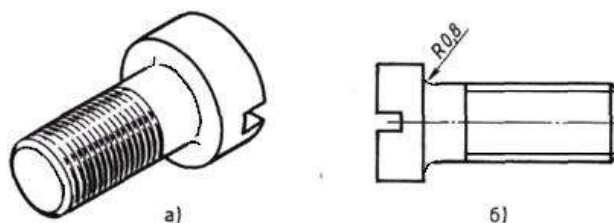


Рис.8. Нанесение размеров галтели

Нанесение размеров лыски, рисунок 9а — плоского среза на цилиндрических, конических или сферических участках деталей, как правило, параллельного оси вращения, — показано на рисунке 9б.

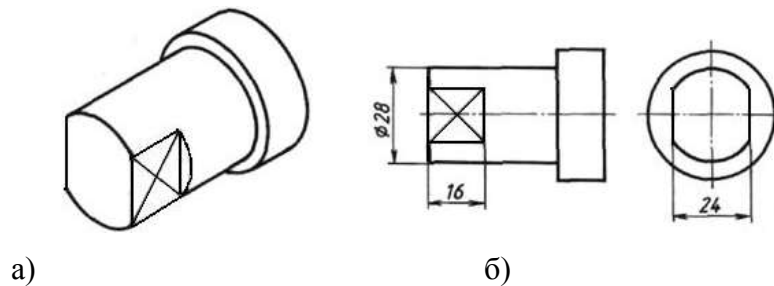


Рис.9. Нанесение размеров лыски

2.4. Упрощения, допускаемые при простановке размеров.

1. Если не требуется показать положение центра дуги окружности, то размерная линия радиуса обрывается, показано на рисунке 10а. Если необходимо показывать положение центра для его координирования, а он из-за отсутствия места или большей величины радиуса не может быть показан без нарушения масштаба, то размерную линию радиуса следует изображать с изломом, как показано на рисунке 10б.

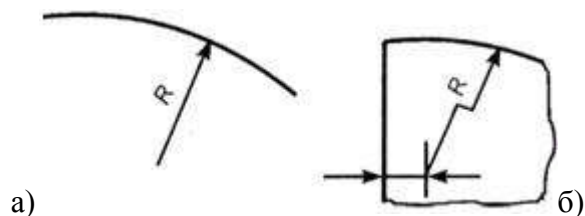


Рис.10. Упрощенное изображение радиуса

2. Если радиусы скруглений, сгибов и т. п. на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов рекомендуется на поле чертежа делать надписи типа:

- Радиусы скругления 4 мм;
- Внутренние радиусы сгибов 10 мм;
- Неуказанные радиусы 8 мм и т. д.

3. Допускается не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий.

4. Если на чертеже имеется несколько близких по размерам отверстий, то рекомендуется отмечать одинаковые отверстия условными знаками, приведено на рисунке 11 на том изображении, на котором указаны размеры, определяющие положение этих элементов. Кроме условных знаков можно применять прописные буквы.

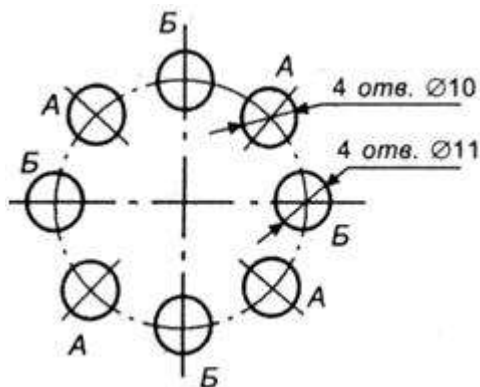


Рис.11. Простановка условных знаков

2.5. Нанесение размеров на рабочих чертежах деталей

Вопросы обеспечения рабочего чертежа детали необходимыми размерами продумываются уже по ходу определения необходимого количества и содержания изображений, а непосредственно решаются только тогда, когда изображения детали уже выполнены.

Размеры на рабочем чертеже детали должны быть нанесены так, чтобы обеспечить наименьшую трудоемкость изготовления детали. Неудачное нанесение размеров может привести к выполнению лишних технологических операций и повышению себестоимости детали. Наличие одинаковых размеров у отдельных элементов детали, например, фасок, канавок, проточек, уменьшает число необходимого режущего и измерительного инструмента, что приводит к снижению себестоимости изготовления детали.

Нанесение размеров должно соответствовать технологии изготовления детали, т. е. учитывать последовательность операции-обработки заготовки детали и то оборудование, на котором деталь может быть изготовлена.

Все размеры деталей можно разделить на две группы: сопрягаемые и свободные (несопрягаемые).

Сопрягаемые размеры определяют форму поверхности детали, сопрягаемой с поверхностью другой детали в изделии, а также положение этих поверхностей в изделии.

Две детали, элементы которых входят друг в друга, образуют соединение. Такие детали называются сопрягаемыми деталями, а поверхности соединяемых элементов – сопрягаемыми поверхностями. Поверхности тех элементов деталей, которые не входят в соединение с поверхностями других деталей, называются несопрягаемыми поверхностями. Соединения подразделяются по геометрической форме сопрягаемых поверхностей.

Соединение деталей, имеющих сопрягаемые цилиндрические поверхности с круглым поперечным сечением, называется гладким цилиндрическим (рис. 12а).

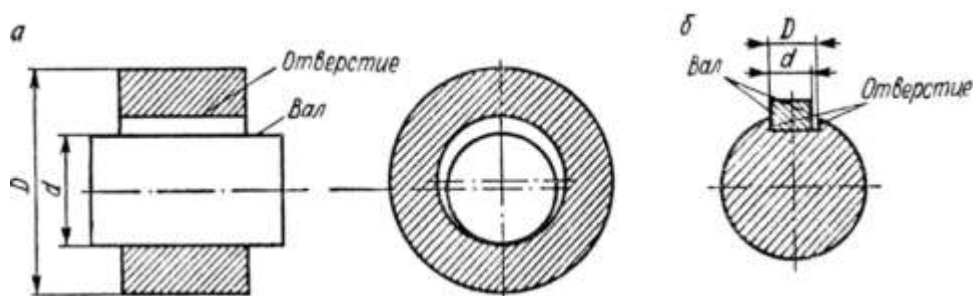


Рис.12. Соединение деталей

Если сопрягаемыми поверхностями каждого элемента соединения являются две параллельные плоскости, то соединение называется плоским соединением с параллельными плоскостями или просто плоским (рис. 12б).

В соединении элементов двух деталей один из них является внутренним (охватывающим), другой – наружным (охватываемым). В системе допусков и посадок гладких соединений всякий наружный элемент условно называется валом, всякий внутренний – отверстием. Термины «отверстие» и «вал» применяются и к несопрягаемым элементам.

Под размером элементов, образующих гладкие соединения, и аналогичных несопрягаемых элементов понимается: в цилиндрических соединениях – диаметр, в плоских – расстояние между параллельными

плоскостями по нормали к ним. В более узком смысле в системе допусков и посадок размер - числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения (в машиностроении обычно в миллиметрах).

Номинальный размер – основной размер, полученный на основе расчетов и указанный на чертеже. Он служит началом отчета отклонений и относительно его определяются предельные размеры.

Действительный размер – размер элемента, установленный измерением, с допустимой погрешностью.

Поверхности детали, которые не соприкасаются с поверхностями других деталей в изделии, определяются свободными размерами.

Все размеры должны наноситься от базовых поверхностей, линий или точек, относительно которых определяется положение отдельных элементов детали в процессе их изготовления или эксплуатации в готовом изделии. Различают базы конструкторские, технологические, измерительные, сборочные, вспомогательные.

2.6. Основные понятия об отклонениях размеров

Отклонением называют алгебраическую разность между размером и соответствующим номинальным размером. Отклонения отверстий обозначают E , валов e .

Действительное отклонение E_r , e_r равно алгебраической разности действительного и номинального размеров:

$$E_r = D_r - D;$$

$$e_r = d_r - d.$$

Предельное отклонение равно алгебраической разности предельного и номинального размеров. Различают верхнее, нижнее и среднее отклонения. Верхнее отклонение ES , es равно алгебраической разности наибольшего предельного и номинального размеров:

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

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

Нижнее отклонение EI , ei равно алгебраической разности наименьшего предельного и номинального размеров:

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

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

Среднее отклонение E_m , e_m равно полусумме верхнего и нижнего отклонений:

$$E_m = \frac{ES + EI}{2};$$

$$e_m = \frac{es + ei}{2}.$$

Предельные отклонения характеризуют точность действительных размеров и погрешности обработки деталей.

Значения верхних и нижних предельных отклонений на чертежах проставляют после номинального размера, например:

$$\varnothing 20_{-0.053}^{-0.020}; 30_{-0.031}^{-0.010}$$

Число знаков обоих отклонений обязательно выравнивают. Если отклонения имеют одинаковые абсолютные значения, но разные знаки, то указывают только одно отклонение со знаком $\pm$, например: $\varnothing 10_{\pm 0.011}$.

3. Нанесение на чертежах допусков и посадок

3.1. Общие сведения о допусках деталей

3.1.1. Основные понятия о поверхностях

ГОСТ 25346-89 [43] устанавливает основные определения допусков и посадок для элементов деталей и их соединений.

Машины и механизмы состоят из деталей, которые в процессе работы должны совершать относительные движения или находиться в относительном покое. В большинстве случаев детали машин представляют собой определенные комбинации геометрических тел, ограниченных поверхностями простейших форм: плоскими, цилиндрическими, коническими и т.д.

Это объясняется широким использованием в механизмах низших кинематических пар и технологическими соображениями, т.к. существующие станки приспособлены в основном для обработки простейших поверхностей и их комбинаций.

Простейшие геометрические тела, составляющие детали, называются их элементами.

Две детали, элементы которых входят друг в друга, образуют соединение. Соединения подразделяются по геометрической форме сопрягаемых поверхностей. Соединение деталей, имеющих сопрягаемые цилиндрические поверхности с круглым поперечным сечением, называется гладким цилиндрическим. Если сопрягаемыми поверхностями каждого элемента соединения являются две параллельные плоскости, то соединение называется плоским.

В соединении элементов двух деталей один из них является внутренним (охватывающим), а другой – наружным (охватываемым). В системе допусков и посадок гладких соединений всякий наружный элемент условно называется валом, а всякий внутренний – отверстием и обозначают их соответственно d и D .

Термины «отверстие» и «вал» применяются и к несопрягаемым элементам.

3.1.2. Основные понятия о допусках размеров

Действительные размеры должны находиться в допустимых пределах.

Допуск (Т-общее обозначение, TD - отверстия, Td – вала) равен разности наибольшего и наименьшего предельных размеров.

$$TD = D_{\max} - D_{\min}$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min}$$

Допуск может быть равен абсолютной величине алгебраической разности верхнего и нижнего отклонений.

$$TD = ES - EI$$

$$Td = es - ei$$

Для нормирования величин допусков на изготовление гладких цилиндрических деталей установлены 19 квалитетов (степеней точности), которым присвоены номера от 01 до 17 в порядке понижения точности: 01, 0 – резерв; 1...4 – калибры; 5...11 – детали в машиностроении; 12...17 – размеры деталей с неуказанными допусками. Сокращенно допуск по одному из квалитетов обозначается латинскими буквами IT и номерами квалитета; например: допуск по 7 квалитету – IT7. Допуски рассчитаны на основе единиц допуска: для размеров до 500 мм.

$$i = 0.45\sqrt[3]{D_u} + 0.001D_u,$$

где: D_u – среднее значение диаметра в интервале, мм;

i – единица допуска, мкм;

$0.45\sqrt[3]{D_u}$ – погрешность изготовления;

$0.001D_u$ – погрешность измерения.

Допуск для любого квалитета определяется по формуле:

$$IT = ai,$$

где: a – число единиц допуска, зависящее от квалитета и не зависящее от номинального размера (для квалитетов 6...17 образует геометрическую прогрессию с множителем $\varphi=1.6$, для 6 квалитета $a=10$).

Допуск является абсолютной величиной без знака. Поле допуска представлено графически на рисунке 13.



Рис.13. Поле допуска

Поле допуска – поле между предельными отклонениями размера и определяется величиной допуска и его положением относительно

номинального размера.

3.1.3. Допуски несопрягаемых размеров

Для несопрягаемых размеров допуски назначают в зависимости от функциональных требований. Поля допусков обычно располагают:

- в "плюс" для отверстий (обозначают буквой H и номером качества, например H3, H9, H14);
- в "минус" для валов (обозначают буквой h и номером качества, например h3, h9, h14);
- симметрично относительно нулевой линии ("плюс - минус половину допуска" обозначают, например, $\pm IT3/2$, $\pm IT9/2$, $\pm IT14/2$).

Симметричные поля допусков для отверстий могут быть обозначены буквами JS (например, JS3, JS9, JS14), а для валов - буквами js (например, js3, js9, js14).

Допуски по 12-18-му качествам характеризуют несопрягаемые или сопрягаемые размеры относительно низкой точности. Многократно повторяющиеся предельные отклонения в этих качествах разрешается не указывать у размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях.

ЕСДП рекомендует применять преимущественно посадки в системе отверстия (основное отверстие H) и в системе вала (основной вал h).

3.1.4. Обозначение допусков символами

Если круговое или цилиндрическое поле допуска, то указывают его диаметром, перед числовым значением допуска ставят символ Ø (рис.14а); если круговое или цилиндрическое поле допуска, указывают его радиусом, то перед числовым значением допуска ставят символ R (рис.14б).

Если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда поле позиционного допуска ограничено параллельными

прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении, то перед числовым значением допуска ставят символ Т (рис.14в).

Для тех же видов допусков, если их указывают в радиусном выражении, перед значением допуска ставят символ Т/2 (рис.14г).

Если поле допуска сферическое, то перед числовым значением допуска ставят слово «сфера» и символы Ø или R (рис.14д).

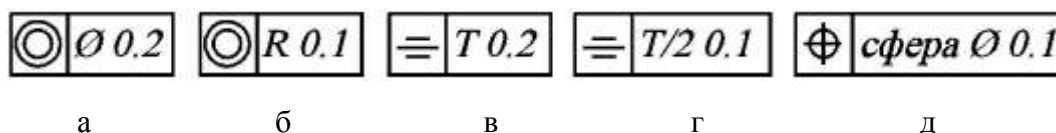


Рис.14. Обозначение допусков символами

3.1.5. Графическое изображение отклонений размеров

Графический способ изображения допусков и отклонений, которые устанавливают на размеры деталей и их соединений, обладает высокой наглядностью.

У всех годных деталей, поступающих на сборку, размеры сопрягаемых поверхностей (рис.15) находятся в пределах от $D_{\max}$ до $D_{\min}$ для отверстия и от $d_{\max}$ до $d_{\min}$ для вала.

Пример графического изображения полей допусков, отклонений, номинальных и предельных размеров, посадок с зазором точности отверстий и даны на рисунке 16.

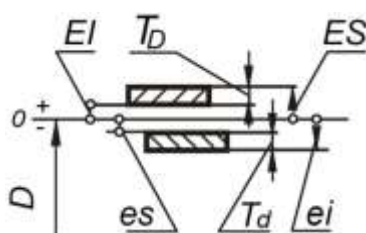


Рис.15. Сопрягаемые размеры отверстий и валов

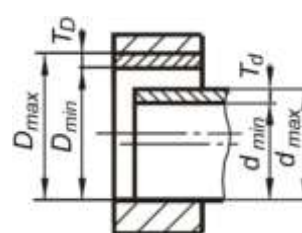


Рис.16. Графическое изображение полей допусков отверстия и вала

Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонением.

Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поля допусков показывают зонами, которые ограничены двумя линиями, проведенными на расстояниях, соответствующих верхнему и нижнему

отклонениям.

Положение поля допуска относительно номинального размера или нулевой линии определяется одним из двух отклонений – верхним или нижним, которое называют основным. В системе допусков и посадок за основное отклонение принято меньшее из двух отклонений по абсолютному значению, т.е. ближайшее к нулевой линии, обозначается одной из букв или их сочетаний латинского алфавита. Прописные буквы относятся к отверстиям, а строчные – к валам.

Поле допуска обозначается сочетанием буквы, указывающей на положение допуска относительно нулевой линии и цифры, которая обозначает степень точности, т.е. величине допуска.

3.1.6. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками

Предельными отклонениями размеров с неуказанными допусками называют предельные отклонения качества 12 и грубее, которые не указывают непосредственно после номинальных размеров, а оговаривают общей записью в технических требованиях. Эти размеры, определяющие общую форму деталей, относятся к несопрягаемым поверхностям и существенно не влияют на работоспособность деталей.

Общая запись о предельных отклонениях размеров с неуказанными допусками должна содержать условные обозначения предельных отклонений линейных размеров в соответствии с ГОСТ 25346—89 [45].

Обозначения односторонних предельных отклонений по квалитетам, назначаемых только для круглых отверстий и валов (вариант 4 по ГОСТ 25670—83 [48]), дополняются знаком диаметра $\varnothing$.

Неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов не оговариваются отдельно, а должны соответствовать приведенным в ГОСТ 25670—8 [48], в соответствии с квалитетом.

Если все предельные отклонения линейных размеров указаны непосредственно после номинальных размеров (общая запись отсутствует),

то неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов должны соответствовать приведенным предельным отклонениям в ГОСТ 25670—83 [48] для квалитетов от 12 до 16 и на чертеже не оговариваются.

3.1.7. Примеры нанесения линейных размеров и предельных отклонений на чертежах деталей

Правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертеже деталей устанавливает ГОСТ 2.307-68 [20] .

При выполнении рабочих чертежей деталей, изготавливаемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей обработкой части поверхности детали, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке (рис. 17).

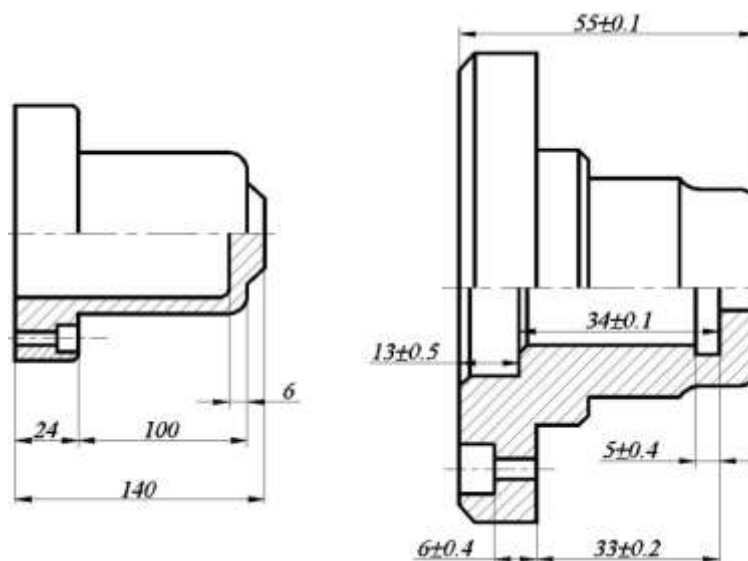


Рис.17. Пример простановки размеров на рабочих чертежах деталей

Предельные отклонения линейных размеров указывают непосредственно после номинальных размеров условными обозначениями квалитетов, числовыми значениями или совместно (рис.17).

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии перпендикулярно размерным линиям (рис.18).

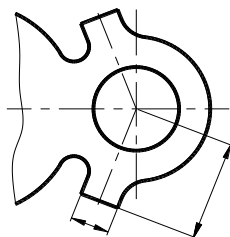


Рис.18. Нанесение размера к прямолинейному отрезку

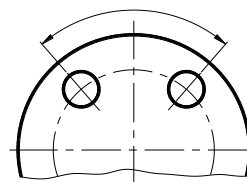


Рис.19. Нанесение размера угла

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии – радиально (рис.19). При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят concentrically to the arc, а выносные линии – параллельно биссектрисе угла, и над размерным числом наносят знак “ $\overbrace{}$ ” (рис.20).

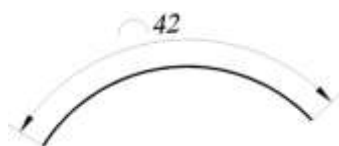


Рис.20. Пример нанесения размера дуги

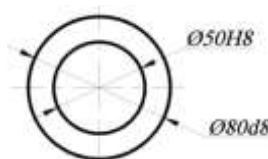


Рис.21. Указание размера диаметра окружности

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения (рис.21).

Выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1...5 мм.

Расстояние от размерной линии до параллельной ей линии контура, осевой, выносной и других линий, а так же расстояние между параллельными линиями должно быть в пределах 7...10 мм.

Для сборочных чертежей и чертежей общих видов размерные линии располагают в зависимости от величины изображения на расстоянии не менее 10 мм от линии наружного контура.

Размерные линии допускается проводить с обрывом в следующих случаях:

а) при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично, при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности.

б) при нанесении размеров от базы, не изображенной на данном чертеже (рис.22).

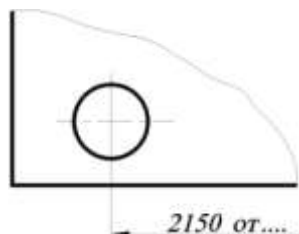


Рис.22. Нанесение размера от базы, не изображенной на чертеже

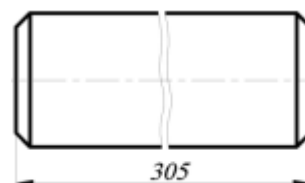


Рис.23. Изображение размера детали с разрывом

При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рис.23).

При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис.24).

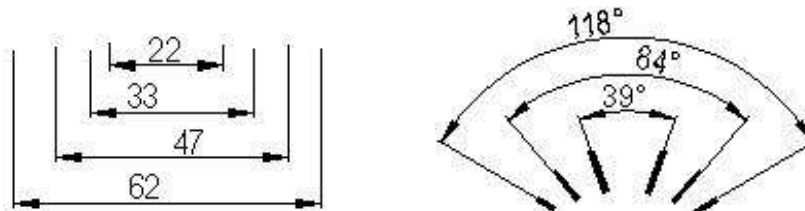


Рис.24. Нанесение нескольких параллельных и концентрических размерных линий

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву R.

При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак “ $\varnothing$ ”.

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак “ ∇ ”, острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса (рис.25).

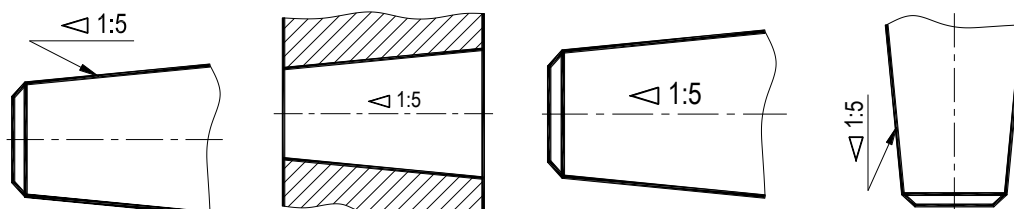


Рис.25. Обозначение конусности на чертежах

Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак “ $\angle$ ”, острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (рис.26). На строительных чертежах допускается применять другие знаки уклонов, предусмотренные в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

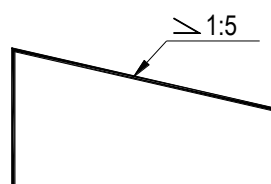


Рис.26. Обозначение уклона

Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (рис.27).

Допускается указывать количество элементов, как показано на рис.18.

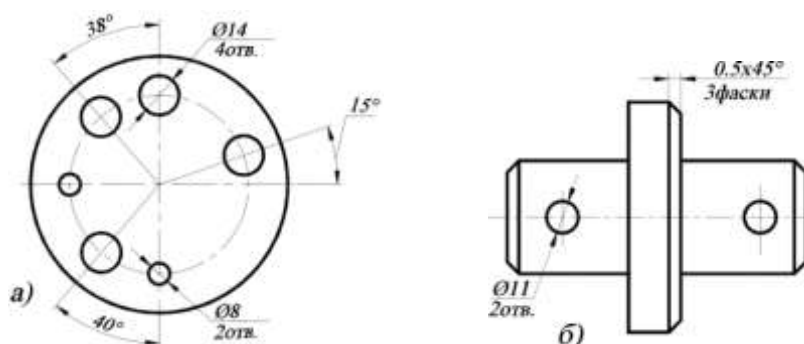


Рис.27. Простановка размеров нескольких одинаковых элементов

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия, вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (рис.28).

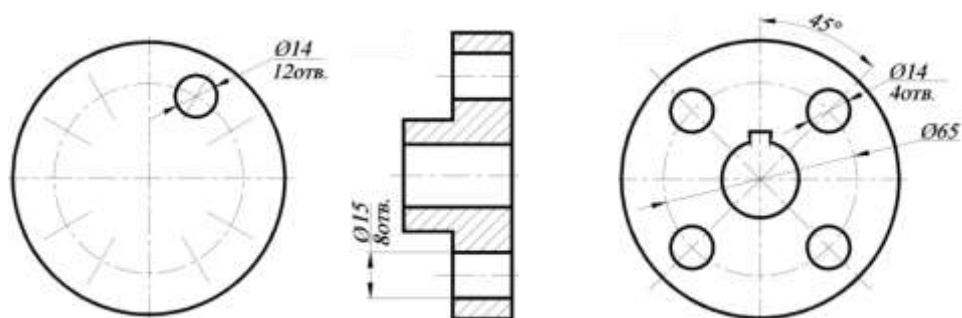


Рис.28. Размеры к отверстиям, расположенным по окружности

Предельные отклонения линейных размеров указывают одним из трех видов обозначения непосредственно после номинальных размеров условными обозначениями квалитетов, числовыми значениями или совместно (рис.29, 30).

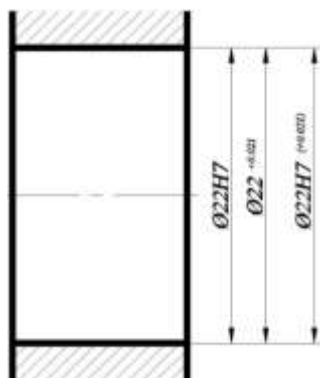


Рис.29. Обозначение предельных отклонений отверстий

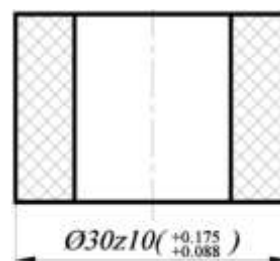


Рис.30. Предельные отклонения для пластмассовых деталей

На машиностроительных чертежах, предельные отклонения линейных размеров на валу, например, указывают условными (буквенными) обозначениями полей допусков (рис.31а) или числовым значением (рис.31б), а также с одновременным указанием справа от буквенного их числовых значений в скобках (рис. 31в).

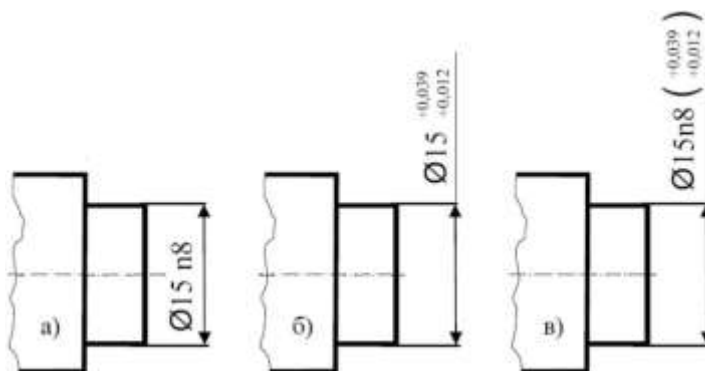


Рис.31. Примеры указания предельных отклонений размеров на чертежах

Допускается числовые значения предельных отклонений указывать в таблице, расположенной на свободном поле чертежа, пример приведен в таблице 2.

Таблица 2.

Предельные отклонения на свободном поле чертежа

Номинальный размер	Размер с качеством	Предельное отклонение
18	18H7	+0,018
12	12e8	-0,032 -0,059

При указании номинальных размеров буквенными обозначениями поля допусков должны быть указаны после тире, например, D—H11.

При указании предельных отклонений условными обозначениями обязательно указание их числовых значений в следующих случаях:

1) при назначении предельных отклонений (установленных стандартами на допуски и посадки) размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636—69 [20], например: 41,5 H7^(+0,025);

2) при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены в ГОСТ 25347—82 [21], например, для пластмассовой детали с предельными отклонениями по ГОСТ 25349—82 [26] (рис.21);

3) при назначении предельных отклонений размеров уступов с несимметричным полем допуска (рис.22).

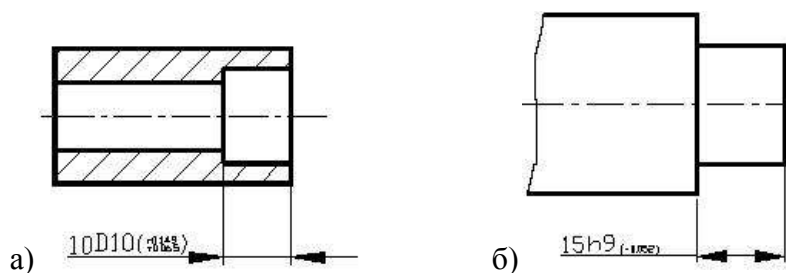


Рис.32. Предельные отклонения уступов:

а - уступ в отверстии; б - уступ на валу

Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями (рис.33).

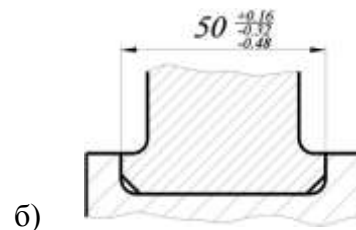
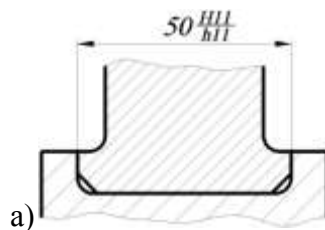
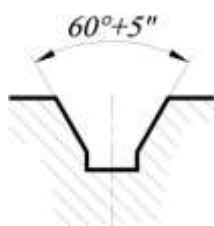


Рис.33. Предельные отклонения угловых размеров

Рис.34. Предельные отклонения для деталей

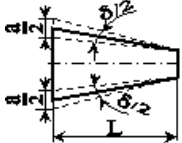
в сборе: а) - обозначение квалитетом;

б) – обозначение числовыми значениями.

Допуски на угловые размеры приведенные в ГОСТ 8980-81 «Нормальные углы и допуски углов» [39] сведены в таблице 3. В конце таблицы приведены рекомендации по применению степеней точности на угловые размеры деталей.

Таблица 3

Допуски на угловые размеры

 δ- допуск угла в угловых величинах a- допуск угла в линейных величинах									
Интервалы длин меньшей стороны угла или образующей конуса, мм	Виды предельных отклонений	Предельные отклонения углов $\pm \delta$ в угловых величинах) и предельные отклонения углов $\pm a$ (в линейных величинах, мкм) для степеней точности							
		3	4	5	6	7	8	9	10
До 3	$\delta/2$	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	25'	1°	2°30"
	a/2	1,4	2,3	3,6	5,4	9	22,5	54	135
Св. 3 до 5	$\delta/2$	1'15"	2'	3'	5'	8	20'	50'	2°
	a/2	1,1 1,9	1,8 3	2,7 4,5	4,5 7,5	7,2 12	18 30	45 75	108 180
Св. 5 до 8	$\delta/2$	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	15'	40'	1°30'
	a/2	1,5 2,4	2,3 3,6	3,8 6	6 9,6	9 14,4	22,5 36	60 96	135 216
Св. 8 до 12	$\delta/2$	50"	1'15"	2'	3'	5'	12'	30'	1°15'
	a/2	2 3	3 4,5	4,8 7,2	7,2 10,8	12 18	28,8 43,2	72 108	180 270
Св. 12	$\delta/2$	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	10'	25'	1°

до 20	a/2	2,4	3,6	5,5	9	14,5	36	90	216
		4	6	9	15	24	60	150	360
Св. 20	$\delta/2$	30''	50''	1'15''	2'	3'	8'	20'	50'
до 32	a/2	3	5	7,5	12	18	48	120	300
		4,8	8	12	19	29	77	192	480
Св. 32		25''	40''	1'	1'30''	2'30''	6'	15'	40'
до 50	a/2	4	6,5	9,5	14,5	24	57,5	144	384
		6	10	15	22,5	37,5	90	225	600
Св. 50	$\delta/2$	20''	30''	50''	1'15''	2'	5'	12'	30'
до 80	a/2	5	7,5	12,5	19	30	75	180	450
		8	12	20	30	48	120	288	720
Св. 80	$\delta/2$	15''	25''	40''	1'	1'30''	4'	10'	25'
до 120	a/2	6	10	16	24	36	96	240	600
		9	15	24	36	54	144	360	900
Св. 120	$\delta/2$	12''	20''	30''	50''	1'15''	3'	8'	20'
до 200	a/2	7	12	18	30	45	108	288	720
		12	20	30	50	75	180	480	1200
Св. 200	$\delta/2$	10''	15''	25''	40''	1'	2'30''	6'	15'
до 320	a/2	10	15	25	40	60	150	360	900
		16	24	40	64	96	240	576	1440
Св. 320	$\delta/2$	8''	12''	20''	30''	50''	2'	5'	12'
до 500	a/2	13	19	32	48	80	192	480	1152
		20	30	50	75	125	300	750	1800

При наличии специальных конструктивных требований допускается несимметричное расположение предельных отклонений угловых размеров с сохранением величины допуска, приведенной в таблице

Степень точности	Детали	Методы обработки
3	Высшей точности внутренние конусы, предназначенные для герметичных соединений	Тонкое шлифование с последующей доводкой
4	Высокой точности, требующие хорошего центрирования; центрирующие концы валов (осей) под зубчатые колеса и отверстия в зубчатых колесах высоких степеней точности	Шлифование, развертывание и точение высокой точности
5, 6	Высокой точности, передающие на конусном соединении большие крутящие моменты; фрикционные конусы и втулки; штифты конусные (1:50) и отверстия для них	Шлифование, развертывание и точение высокой точности; слесарная обработка высокой точности

7, 8	Нормальной точности: конусы фрикционных деталей с последующей подгонкой зубчатых конических колес, центрирующие концы осей, штифты конические (1:50) нормальной точности, направляющие планки кареток	Точение на токарных и револьверных станках обычной точности, фрезерование высокой точности с применением делительных механизмов, шлифование с установкой на столе и в приспособлении, развертывание
9	Невысокой точности, передающие движение, стопорящие и т.п.; угловые пазы, звездочки фиксаторов, втулки стопорные к поводкам, храповые и фрикционные остановы, прессованные детали	Получистовое точение, чистовое фрезерование по разметке, строгание в приспособлении, зенкование, шлифование
10	Размеры, к точности которых не предъявляется высоких требований (свободные размеры)	Грубая обработка на станках всех видов, литье, прессование пластмасс, гибка в гибочных штампах высокой точности

При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние отклонения помещают над нижними, а предельные отклонения, равные нулю, не указывают, например: $60^{+0,014}_{-0,032}$; $60^{-0,100}_{-0,174}$; $60^{+0,19}$; $60_{-0,19}$.

При симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонений указывают один раз со знаком $\pm$; при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера, например: $60 \pm 0,23$.

Предельные отклонения, указываемые числовыми значениями, выраженными десятичной дробью, записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая количество знаков в верхнем и нижнем отклонении добавлением нулей, например: $10^{+0,15}_{-0,30}$; $35^{-0,080}_{-0,142}$.

Предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в сборе (рис.34), указывают одним из следующих способов:

- в виде дроби, в числителе которой указывают условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала, например: $50 \frac{H11}{h11}$ или $50 H11/ h11$;

- в виде дроби, в числителе которой указывают числовые значения предельных отклонений отверстия, а в знаменателе — числовые значения предельных отклонений вала (рис.34).

- в виде дроби, в числителе которой указывают условное обозначение поля допуска отверстия с указанием справа в скобках его числового значения, в знаменателе - условное обозначение поля допуска вала с указанием справа в скобках его числового значения (рис.35).

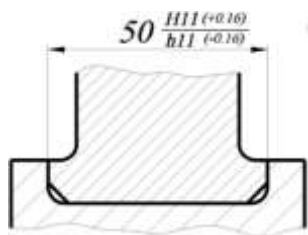


Рис.35. Предельные отклонения для деталей в сборе, общий вид обозначения

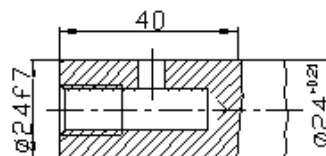


Рис.36. Изображение линии границ между участками

Через заштрихованную часть изображения линию границы между участками проводить не следует (рис.36).

Если необходимо ограничить колебания размера одинаковых элементов одной детали в пределах части поля допуска или необходимо ограничить величину накопленной погрешности расстояния между повторяющимися элементами, то эти данные указывают в технических требованиях (рис.37).

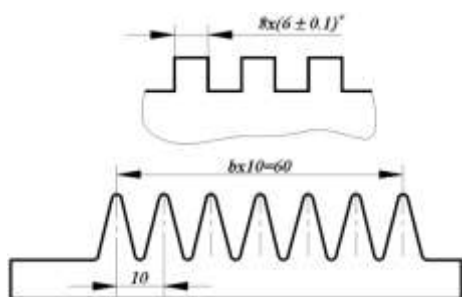


Рис.37. Изображения размеров одинаковых элементов

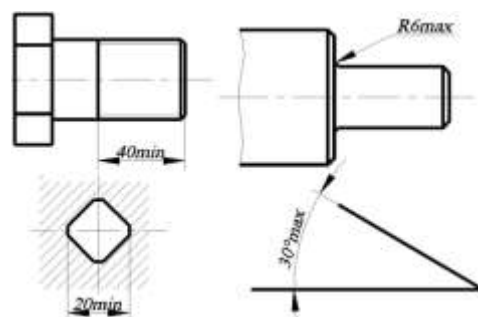


Рис.38. Изображения предельного размера в сторону max или min

Когда необходимо указать только один предельный размер (второй ограничен в сторону увеличения или уменьшения каким-либо условием), после размерного числа указывают соответственно max или min (рис.38).

Указывать предельные размеры допускается также на сборочных чертежах для зазоров, натягов, мертвых ходов и т. п., например: «Осевое смещение кулачка выдержать в пределах 0,6—1,4 мм».

Предельные отклонения расположения осей отверстий можно указывать двумя способами:

1. Позиционными допусками осей отверстий в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308—79 [15];
2. Предельными отклонениями размеров, координирующих оси.

Предельные отклонения следует назначать для всех размеров, проставленных на рабочих чертежах, не исключая и несопрягаемые неотчетливые размеры. Причем, если предельные отклонения на такие размеры не указаны непосредственно у размеров, то их оговаривают общей записью в технических требованиях, например: “Неуказанные предельные отклонения размеров H14, h14, $\pm t/2$ ”.

В этой записи H14 означает неуказанные предельные отклонения для отверстий, h14 – для валов, $\pm t/2$ - предельные отклонения для размеров, не относящимся ни к отверстиям, ни к валам, назначенные по точному, среднему, грубому или очень грубому классам точности.

Предельные отклонения радиусов закруглений и фасок не оговариваются отдельно, а определяются ГОСТ 25670-83 [48] в зависимости от качества неуказанных предельных отклонений линейных размеров (табл. 4).

Таблица 4.

Предельные отклонения радиусов закруглений и фасок

Неуказанные предельные отклонения	Интервалы номинальных размеров, мм				
	от 0,3 до 1,0	св. 1 до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 30	св. 30 до 120
	Предельные отклонения радиусов закруглений и фасок, мм				
линейных размеров по квалитетам					
от 12 до 16	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
17	-	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$

3.2. Посадки деталей машин

3.2.1. Общие сведения о посадках

Все механизмы состоят из взаимозаменяемых деталей. Характер соединений должен обеспечивать точность положения или перемещения деталей или сборочных единиц. В одних случаях требуется подвижное соединение с зазором, в других – неподвижное соединение с натягом. По заданным на чертеже предельным отклонениям номинальных размеров можно определить подсчетом предельные размеры, допуск и поле допуска. Любое сопряжение двух деталей можно рассматривать как охватывание одной детали другой деталью. Охватывающая поверхность называется отверстием, а охватываемая – валом. Если размер отверстия больше размера вала, то при соединении деталей получается зазор (рис. 39).

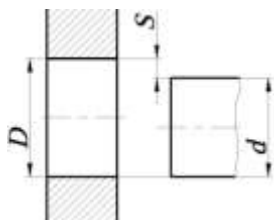


Рис. 39. Посадка с зазором

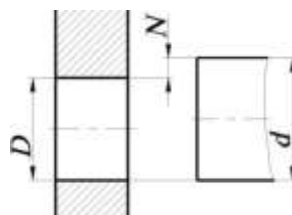


Рис.40.Посадка с натягом

Зазором называется разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала:

$$S = D - d .$$

Если до сборки деталей размер вала был больше размера отверстия, то соединение деталей выполняется с натягом (рис.40). Натяг исключает возможность относительного перемещения деталей после их сборки. Величина натяга характеризует степень сопротивления смещению одной детали относительно другой после их соединения. Чем больше натяг, тем больше величина сопротивления смещению деталей в соединениях.

Натягом называется разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше, чем размер отверстия:

$$N = d - D .$$

Зазоры и натяги обеспечиваются соотношением размеров соединяемых поверхностей – посадкой.

Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадки характеризуют свободу относительного перемещения соединенных деталей или их способность сопротивляться взаимному смещению. В зависимости от расположения полей допусков отверстия и вала посадки делят на три группы (рис.41):

- посадки с натягом – неподвижные посадки, исключающие возможность относительного перемещения сопрягаемых деталей, поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия (рис.41а);

- посадки с зазором – подвижные посадки, допускающие относительное перемещение сопрягаемых деталей, поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (рис.41б);

- посадки переходные, имеющие натяг или зазор, близкий к нулю, и обеспечивающие неподвижность сопрягаемых деталей только при условии применения шпонок, винтов и штифтов. Поля допусков отверстия и вала перекрываются (рис.41в).

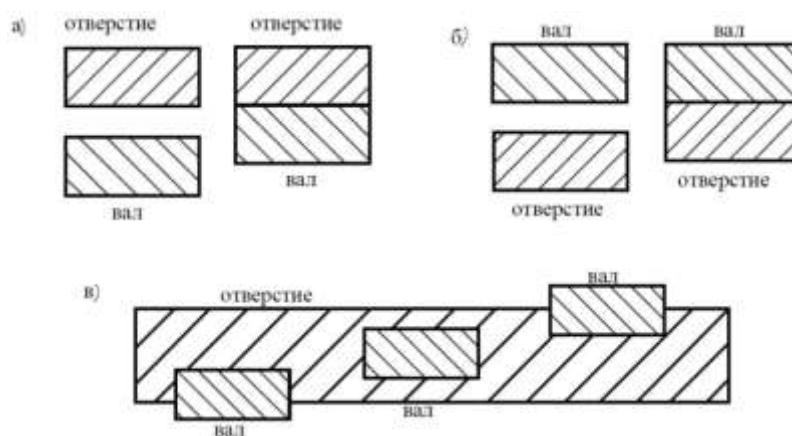


Рис.41. Виды посадок

Посадки отдельных деталей для каждого номинального размера имеют гамму допусков и основных отклонений, характеризующих положение этих допусков относительно нулевой линии.

Допуск посадки ТП равен сумме допусков отверстия и вала, составляющих соединение:

$$ТП = TD + Td.$$

3.2.2. Посадки в системе отверстия и в системе вала

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых нужные зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с одним и тем же полем допуска основного отверстия (рис.42а).

Применение системы отверстия предпочтительней.

Посадки в системе вала – посадки, в которых нужные зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с одним и тем же полем допуска вала (рис.42б).

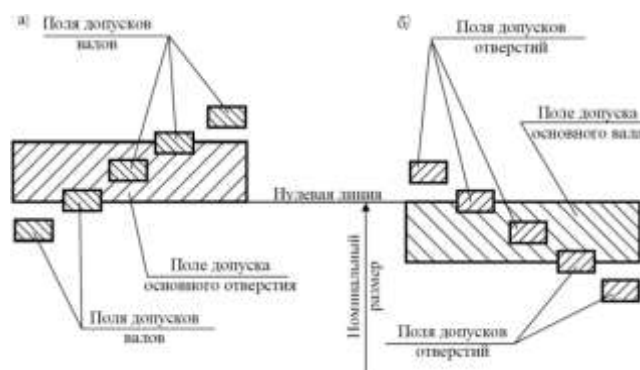


Рис.42. Посадки в системе отверстия и вала

Система вала применяется реже, например, если необходимо получить разные посадки нескольких деталей на одном гладком валу.

Посадки всех трех групп с различными зазорами и натягами можно получить, изменяя положения полей допусков обеих сопрягаемых деталей (рис.43).

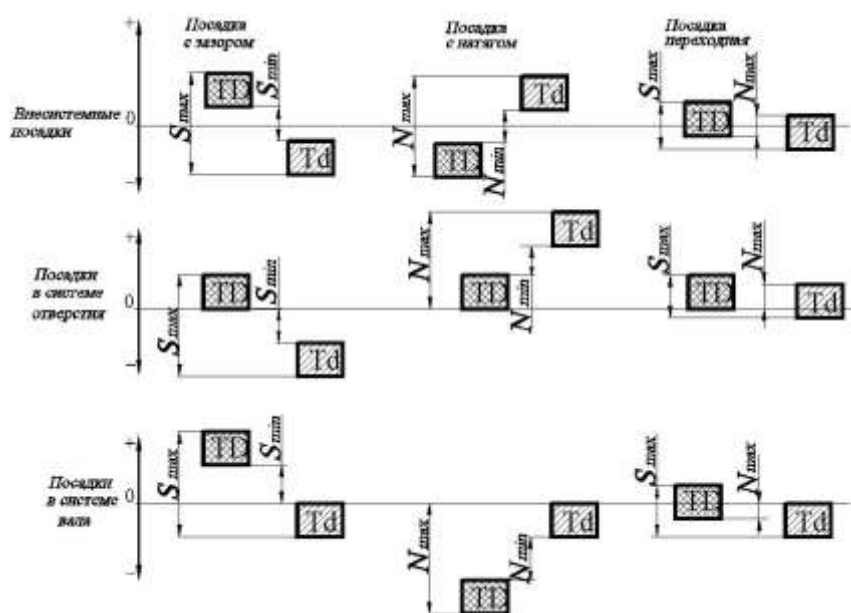


Рис.43. Посадки с различным положением полей допусков

Деталь, у которой положение поля допуска не зависит от вида посадки, называют основной деталью системы. Это может быть отверстие или вал, имеющие любое основное отклонение. Основное отклонение – одно из двух предельных отклонений размера, находящегося ближе к нулевой. В системе допусков и посадок основными деталями служат отверстия или валы, имеющие основное отклонение, равное нулю.

Основная деталь – это деталь, поле допуска которой является базовым для образования посадок, установленных в данной системе допусков и посадок. Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю $EI = 0$. У основного отверстия верхнее отклонение всегда положительное и равно допуску:

$$ES - 0 = TD.$$

Поле допуска расположено выше нулевой линии и направлено в сторону увеличения номинального размера. Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю $es = 0$. У основного вала поле допуска расположено ниже нулевой линии и направлено в сторону уменьшения номинального размера. В зависимости от того, какая из двух сопрягаемых деталей является основной, системы допусков и посадок включают две системы посадок: посадки в системе отверстия и посадки в системе вала.

Нужные зазоры и натяги получают, изменяя основные отклонения не основных деталей: валов в системе отверстия и отверстий в системе вала. Основные отклонения не основных деталей системы изменяются по абсолютной величине и могут быть положительными, отрицательными и равными нулю.

Валы различной точности можно обрабатывать и измерять универсальными измерительными инструментами. Для обработки и измерения точных отверстий применяют специальные дорогостоящие инструменты. Для получения разнообразных посадок в системе отверстия требуется значительно меньше специальных инструментов для обработки

отверстий, поэтому эта система в машиностроении имеет преимущественное применение.

3.2.3. Образование посадок в ЕСДП

Единая система допусков и посадок (ЕСДП) – это совокупность рядов допусков и посадок, построенных на основе теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

Основные условия образования посадок:

- 1) посадки с нужными зазорами или натягами образуются сочетанием полей допусков соединяемых деталей – отверстия и вала;
- 2) поля допусков определяются численными значениями допуска и основного отклонения;
- 3) для получения различных посадок в системах допусков и посадок должно содержаться достаточное разнообразие полей допусков.

Каждое из основных отклонений определяет положение поля допуска относительно нулевой линии. Значение второго предельного отклонения зависит от допуска размера. Основные отклонения стандартизованы, обозначаются латинской буквой – малой для валов и большой для отверстий.

Буквенные обозначения основных отклонений выполняют в алфавитном порядке, начиная от отклонений, позволяющих получить наибольшие зазоры в соединении (отклонения a , A). Существуют дополнительные основные отклонения, занимающие промежуточные положения между двумя соседними отклонениями. Их обозначают сочетаниями букв соседних отклонений (рис.44).

Буквой h обозначают верхнее отклонение вала, равное 0 (основной вал), буквой H – нижнее отклонение отверстия, равное 0 (основное отверстие).

В системе отверстия основные отклонения от а до h предназначены для образования полей допусков валов в посадках с зазором; от i_s до п – для переходных посадок; от р до z – для неподвижных посадок.

В системе вала основные отклонения от А до Н предназначены для образования полей допусков отверстий в посадках с зазором; от I_s до N – для переходных посадок; от Р до Z – для неподвижных посадок.

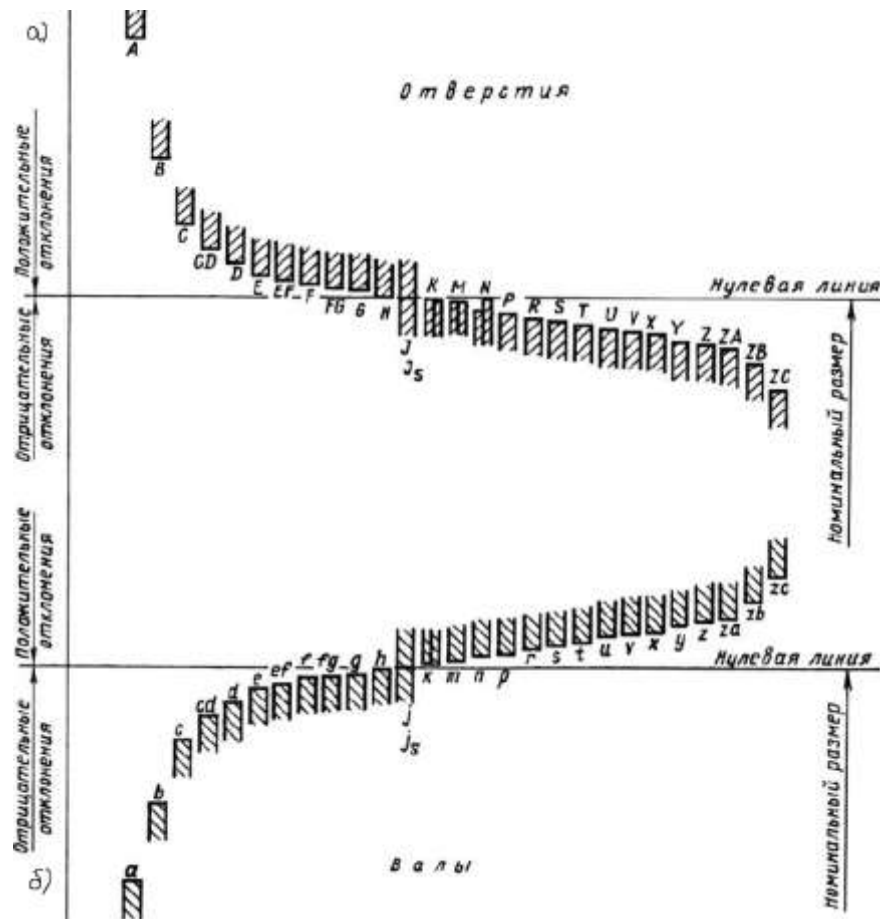


Рис.44. Относительные положения полей допусков для данного интервала:

а) поля допусков для отверстия; б) поля допусков для вала;

Когда для участков поверхности с одним номинальным размером назначают разную точность, границу между ними наносят сплошной тонкой линией, и указывают точность каждого участка (рис.45).

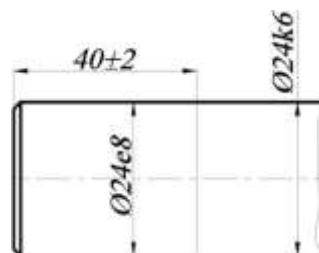


Рис.45. Пример нанесения номинальных размеров и полей допусков вала

В тех случаях, когда предельные отклонения выше 11-го квалитета, относящиеся к многократно повторяющимся размерам, указывают на поле чертежа, например: «Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий – H14, валов – h14, остальных – IT15/2».

Поля допусков в ЕСДП образуют сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из качеств. В соответствии со способом образования поля допусков обозначают одной буквой или сочетанием двух букв основного отклонения и цифрой, указывающей номер качества. Например, обозначения r6, p6, g6, означают, что показаны поля допусков валов качества 6 с основными отклонениями r,p,g.

Для размеров от 1 до 500 мм установлено 77 полей допусков валов (табл.5).

Таблица 5.

Рекомендуемые поля допусков валов, качества точности и основные отклонения

[illegible]

Для отверстий общего применения предусмотрено 68 полей допусков (табл. 6).

Таблица 6.

Рекомендуемые поля допусков отверстий, качества точности и основные отклонения

Квалитеты	Основные отклонения																					
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	
01								H01	Js01													
0								H0	Js0													
1								H1	Js1													
2								H2	Js2													
3								H3	Js3													
4								H4	Js4													
5							G5	H5	Js5	K5	M5	N5										
6							G6	H6	Js6	K6	M6	N6	P6									
7						F7	G7	H7	Js7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7						
8				D8	E8	F8		H8	Js8	K8	M8	N8					U8					
9				D9	E9	F9		H9	Js9													
10				D10				H10	Js10													
11	A11	B11	C11	D11				H11	Js11													
12		B12						H12	Js12													
13								H13	Js13													
14								H14	Js14													
15								H15	Js15													
16								H16	Js16													
17								H17	Js17													

3.2.4. Примеры образования посадок

В ЕСДП установлены рекомендуемые посадки для всех интервалов размеров. Для размеров от 1 до 500мм установлено 69 посадок общего применения в системе отверстия (табл.6) и 61 посадка в системе вала (табл.7).

Таблица 7.

Рекомендуемые посадки в системе отверстия

Основное отверстие	Основные отклонения валов									
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k
	Посадки									
H5							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{j,4}$	$\frac{H5}{k4}$
H6						$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{j,5}$	$\frac{H6}{k5}$
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$				$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{j,6}$	$\frac{H7}{k6}$
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f7}$, $\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}$, $\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{j,7}$	$\frac{H8}{k7}$
				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f9}$		$\frac{H8}{h9}$		
H9			$\frac{H9}{d9}$					$\frac{H9}{h8}$, $\frac{H9}{h9}$		
H10			$\frac{H10}{d10}$					$\frac{H10}{h9}$, $\frac{H10}{h10}$		
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$		
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$		
Основное отверстие	Основные отклонения валов									
	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z
	Посадки									
H3	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$								
H6	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$					
H7	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$, $\frac{H7}{x7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$			
H8	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{u8}$		$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$

Таблица 8.

Рекомендуемые посадки в системе вала

Основной вал	Основные отклонения отверстий											
	D	E	F	G	H	IS	K	M	N	P	R	
	Посадки											
h4				$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{IS5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h4}$			
h5			$\frac{F7}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{IS5}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$		
h6	$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F7}{h6}, \frac{F8}{h6}$	$\frac{G6}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{IS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	
h7	$\frac{D8}{h7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{IS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$			
h8	$\frac{D8}{h8}, \frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}, \frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h8}, \frac{F9}{h8}$		$\frac{H8}{h8}, \frac{H9}{h8}$							
h9	$\frac{D9}{h9}, \frac{D10}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H8}{h9}, \frac{H9}{h9}, \frac{H10}{h9}$							
h10	$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$							

3.2.5. Примеры применения посадок.

3.2.5.1. Посадки с зазором.

Сочетание отверстия **H** с валом **h** (скользящие посадки) применяют главным образом в неподвижных соединениях при необходимости частой разборки (сменные детали), если требуется легко передвигать или поворачивать детали одну относительно другой при настройке или регулировании, для центрирования неподвижно скрепляемых деталей.

Посадку **H7/h6** применяют:

- для сменных зубчатых колес в станках;
- в соединениях с короткими рабочими ходами, например для хвостовиков пружинных клапанов в направляющих втулках (применима также посадка H7/g6);
- для соединения деталей, которые должны легко передвигаться при затяжке;
- для точного направления при возвратно-поступательных перемещениях (поршневой шток в направляющих втулках насосов высокого давления);
- для центрирования корпусов под подшипники качения в оборудовании и различных машинах.

Посадку **H8/h7** используют для центрирующих поверхностей при пониженных требованиях к соосности.

Посадки H8/h8, H9/h8, H9/h9 применяют для неподвижно закрепляемых деталей при невысоких требованиях к точности механизмов, небольших нагрузках и необходимости обеспечить легкую сборку (зубчатые колеса, муфты, шкивы и другие детали, соединяющиеся с валом шпонкой; корпуса подшипников качения, центрирование фланцевых соединений), а также в подвижных соединениях при медленных или редких поступательных и вращательных перемещениях.

Посадку **H11/h11** используют для относительно грубо центрированных неподвижных соединений (центрирование фланцевых

крышек, фиксация накладных кондукторов), для неответственных шарниров.

Посадка **H7/g6** характеризуется минимальной по сравнению с остальными величиной гарантированного зазора. Применяют в подвижных соединениях для обеспечения герметичности (например, золотник во втулке пневматической сверлильной машины), точного направления или при коротких ходах (клапаны в клапанной коробке) и др. В особо точных механизмах применяют посадки **H6/g5** и даже **H5/g4**.

Посадку **H7/f7** применяют в подшипниках скольжения при умеренных и постоянных скоростях и нагрузках, в том числе в коробках скоростей; центробежных насосах; для вращающихся свободно на валах зубчатых колес, а также колес, включаемых муфтами; для направления толкателей в двигателях внутреннего сгорания.

Более точную посадку этого типа - **H6/f6** - используют для точных подшипников, распределителей гидравлических передач легковых автомобилей.

Посадки **H7/e7**, **H7/e8**, **H8/e8** и **H8/e9** применяют в подшипниках при высокой частоте вращения (в электродвигателях, в механизме передач двигателя внутреннего сгорания), при разнесенных опорах или большой длине сопряжения, например, для блока зубчатых колес в станках.

Посадки **H8/d9**, **H9/d9** применяют, например, для поршней в цилиндрах паровых машин и компрессоров, в соединениях клапанных коробок с корпусом компрессора (для их демонтажа необходим большой зазор из-за образования нагара и значительной температуры). Более точные посадки этого типа - **H7/d8**, **H8/d8** - применяют для крупных подшипников при высокой частоте вращения.

Посадка **H11/d11** применяется для подвижных соединений, работающих в условиях пыли и грязи (узлы сельскохозяйственных машин, железнодорожных вагонов), в шарнирных соединениях тяг, рычагов и т. п.,

для центрирования крышек паровых цилиндров с уплотнением стыка кольцевыми прокладками.

3.2.5.2. Переходные посадки.

Предназначены для неподвижных соединений деталей, подвергающихся при ремонтах или по условиям эксплуатации сборке и разборке. Взаимная неподвижность деталей обеспечивается шпонками, штифтами, нажимными винтами и т.п. Менее тугие посадки назначают при необходимости в частых разборках соединения, при неудобствах требуется высокая точность центрирования, при ударных нагрузках и вибрациях.

Посадка **H7/p6** (типа глухой) дает наиболее прочные соединения. Примеры применения:

- для зубчатых колес, муфт, кривошипов и других деталей при больших нагрузках, ударах или вибрациях в соединениях, разбираемых обычно только при капитальном ремонте;
- посадка установочных колец на валах малых и средних электромашин;
- посадка кондукторных втулок, установочных пальцев, штифтов.

Посадка **H7/k6** (типа напряженной) в среднем дает незначительный зазор (1-5 мкм) и обеспечивает хорошее центрирование, не требуя значительных усилий для сборки и разборки. Применяется чаще других переходных посадок: для посадки шкивов, зубчатых колес, муфт, маховиков (на шпонках), втулок подшипников.

Посадка **H7/js6** (типа плотной) имеет большие средние зазоры, чем предыдущая, и применяется взамен ее при необходимости облегчить сборку.

3.2.5.3. Посадки с натягом.

Выбор посадки производится из условия, чтобы при наименьшем натяге были обеспечены прочность соединения и передача, нагрузки, а при наибольшем натяге - прочность деталей.

Посадку **H7/p6** применяют при сравнительно небольших нагрузках (например, посадка на вал уплотнительного кольца, фиксирующего положение внутреннего кольца подшипника у крановых и тяговых двигателей).

Посадки **H7/g6**, **H7/s6**, **H8/s7** используют в соединениях без крепежных деталей при небольших нагрузках (например, втулка в головке шатуна пневматического двигателя) и с крепежными деталями при больших нагрузках (посадка на шпонке зубчатых колес и муфт в прокатных станах, нефтебуровом оборудовании и др.).

Посадки **H7/u7** и **H8/u8** применяют в соединениях без крепежных деталей при значительных нагрузках, в том числе знакопеременных (например, соединение пальца с эксцентриком в режущем аппарате уборочных сельскохозяйственных машин); с крепежными деталями при очень больших нагрузках (посадка крупных муфт в приводах прокатных станков), при небольших нагрузках, но малой длине сопряжения (седло клапана в головке блока цилиндров грузового автомобиля, втулка в рычаге очистки зерноуборочного комбайна).

Посадки с натягом высокой точности **H6/p5**, **H6/g5**, **H6/s5** применяют относительно редко и в соединениях, особо чувствительных к колебаниям натягов, например посадка двухступенчатой втулки на вал якоря тягового электродвигателя.

Наиболее употребимые посадки приведены в таблице 9.

Таблица 9.

Часто применяемые посадки

Сопрягаемые детали и условия работы соединения	Посадка
Крышки подшипников качения торцовые с отверстием для манжетного уплотнения в корпусах.	H7/h8; H8/h8;
Соединения с валом на шпонке колес, муфт, шкивов при невысоких требованиях к точности механизма	H9/h8; H9/h9

Крышки подшипников качения глухие в корпусах	H7/h10; H8/d10;
Стаканы подшипников в корпусах. Небольшие шкивы на концах валов при частом демонтаже и монтаже	H7/j ₆
Зубчатые колеса, звездочки цепных передач, шкивы на валах редукторов при частом демонтаже и монтаже	H7/k6
Зубчатые колеса, звездочки цепных передач, шкивы на валах редукторов при тяжело нагруженных передачах и редкой разборке. Бронзовые венцы червячных колес на чугунных ступицах	H7/n6
Распорные втулки на валах.	H8/h8; F8/k6; F8/n6;
Соединение шпонки со втулкой	J ₉ /h9
Соединение шпонки с валом	N9/h9; P9/h9

3.3. Допуски и посадки типовых соединений

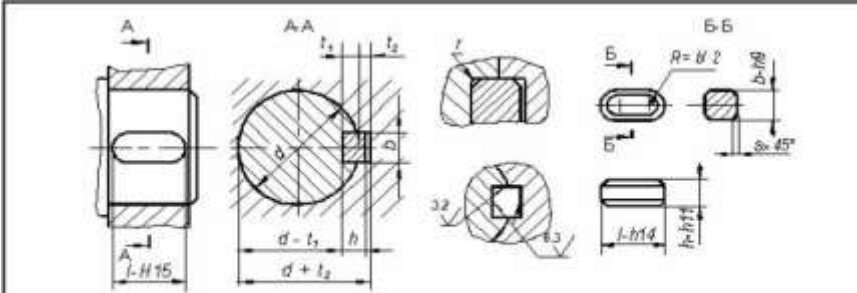
3.3.1. Допуски и посадки в шпоночных соединениях

Шпоночные соединения предназначены для соединения с валами зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт и других деталей и служат для передачи крутящих моментов. Наиболее часто применяются соединения с призматическими шпонками. Размеры, допуски, посадки и предельные отклонения соединений с призматическими шпонками установлены ГОСТ 23360-78*[39].

3.3.3.1. Основные размеры соединений с призматическими шпонками

Основные размеры шпонок и шпоночных пазов в соединениях с призматическими шпонками приведены в табл.10.

Размеры шпонок



Диаметр вала d , мм	Номинальный размер шпонки, мм $b \times h$	Номинальный размер паза, мм					
		Фаска S		Глубина		Радиус r	
		max	min	На валу t_1	На втулке t_2	max	min
От 6 до 8	2 $\times$ 2			1.2	1.0		
Св. 8 до 10	3 $\times$ 3	0.25	0.16	1.8	1.4	0.16	0.08
Св. 10 до 12	4 $\times$ 4			2.5	1.8		
Св. 12 до 17	5 $\times$ 5			3.0	2.3		
Св. 17 до 22	6 $\times$ 6	0.40	0.25	3.5	2.8	0.25	0.16
Св. 22 до 30	7 $\times$ 7			4.0	3.3		
Св. 22 до 30	8 $\times$ 7			4.0	3.3		
Св. 30 до 38	10 $\times$ 8			5.0	3.3		
Св. 38 до 44	12 $\times$ 8			5.0	3.3		
Св. 44 до 50	14 $\times$ 9	0.60	0.40	5.5	3.8	0.40	0.25
Св. 50 до 58	16 $\times$ 10			6.0	4.3		
Св. 58 до 65	18 $\times$ 11			7.0	4.4		
Св. 65 до 75	20 $\times$ 12			7.5	4.9		
Св. 75 до 85	22 $\times$ 14			9.0	5.4		
Св. 85 до 95	25 $\times$ 14	0.80	0.60	9.0	5.4	0.60	0.40
Св. 95 до 110	28 $\times$ 16			10.0	6.4		
Св. 110 до 130	32 $\times$ 18			11.0	7.4		
Св. 130 до 150	36 $\times$ 20	1.2	1.00	12.0	8.4	1.0	0.7
Св. 150 до 170	40 $\times$ 22			13.0	9.4		
Св. 170 до 200	45 $\times$ 25			15.0	10.4		
Св. 200 до 230	50 $\times$ 28			17.0	11.4		

3.3.3.2. Предельные отклонения и посадки шпоночных соединений

Выбор посадок "шпонка - паз вала" и "шпонка - паз втулки" производят в зависимости от желаемого вида соединения, который, в свою очередь, выбирают в зависимости от назначения посадки (для скользящих шпонок, для неподвижного соединения, для направляющих шпонок и т.п.) и серийности изготовления.

В большинстве случаев соединение шпонки с валом более плотное, чем со втулками. Это предотвращает выпадение шпонки из паза вала при монтаже и исключает ее передвижение при эксплуатации. Зазор же в соединении "шпонка - паз втулки" необходим для компенсации неточностей размеров, формы и взаимного расположения пазов.

В таблице 11 приведены поля допусков для элементов шпоночных соединений.

Таблица 11.

Поля допусков элементов шпоночных соединений

Поля допусков размеров шпонки			
Размер шпонки	Обозначение размера	Отклонение размера шпонки	
		призматической	сегментной
Ширина	b	h9	h9
Высота	h	h11	
Длина	L	h14	
ПОЛЯ ДОПУСКОВ ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ			
Вид соединения	Поля допусков размера паза		Область применения
	На валу	Во втулке	
Соединения с призматическими шпонками			
Свободное	H9	D10	Для направляющих шпонок с длиной шпонки L>2d
	N9	D10	Для направляющих шпонок с длиной шпонки L<2d
	D10	H9	Для скользящих шпонок с длиной шпонки L>2d
	D10	N9	Для скользящих шпонок с длиной шпонки L<2d
Нормальное	N9	D10	Для неподвижного соединения при спокойном нагружении с длиной шпонки L>2d
	N9	J _S 9	Для неподвижного соединения при спокойном нагружении с длиной шпонки L<2d
Плотное	P9	J _S 9	Для неподвижного соединения при ударном нагружении с длиной шпонки L>2d
	P9	P9	Для неподвижного соединения при ударном нагружении с длиной шпонки L<2d
Соединения с сегментными шпонками			
Нормальное	N9	J _S 9	Для серийного и массового производства
Плотное	P9	J _S 9	Для единичного и серийного производства

Отклонения глубины паза на валу и во втулке выбирают в соответствии с таблицей 12. Предельные отклонения длины паза должны соответствовать Н15.

Таблица 12.

Предельные отклонения глубины шпоночных пазов на валу и во втулке, мм

Высота шпонки h , мм	$d-t_1$	$d-t_2$	Параметры
св. 2 до 6	-0,1	+0,1	d диаметр вала, мм
св. 6 до 18	-0,2	+0,2	t_1 глубина шпоночного паза вала, мм
св. 18 до 50	-0,3	+0,3	t_2 глубина шпоночного паза втулки, мм

В таблице 13 приведены допуски расположения шпоночных пазов.

Таблица 13.

Допуски параллельности и симметричности расположения шпоночных пазов в отверстиях и на валу

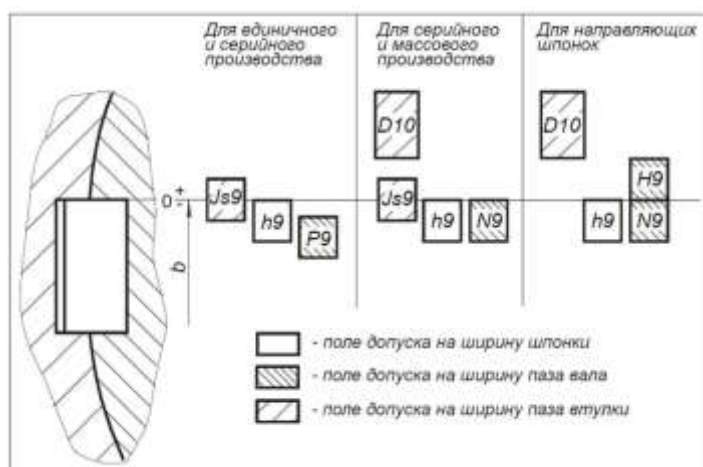
Вид смещения	Допуск
Перекас (по длине паза)	0,5 от допуска на ширину шпоночного паза
Несимметричность: при одной шпонке	2,0 от допуска на ширину шпоночного паза
при двух шпонках	0,5 от допуска на ширину шпоночного паза

Для ширины пазов вала и втулки допускаются любые сочетания указанных полей допусков.

Рекомендуемые посадки приведены в таблице 14.

Таблица 14.

Рекомендуемые посадки



Предельные отклонения на глубину пазов приведены в табл. 15.

Таблица 15.

Предельные отклонения

Высота шпонки h , мм	От 2 до 6	От 6 до 18	От 18 до 50
Предельные отклонения на глубину паза на валу $t1$ (или $d - t1$), и во втулке $t2$ (или $d + t2$), мм	+0.1 0	+0.2 0	+0.3 0

Пример простановки посадок шпоночного сопряжения показан на рисунке 46.

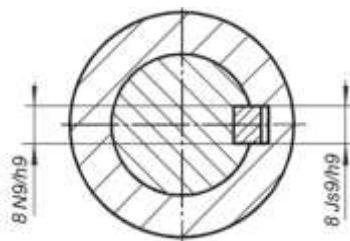


Рис.46. Простановка посадки шпоночного соединения

Структура условного обозначения шпоночного соединения должна иметь следующий вид:

1 2/3,

где 1 - основной посадочный размер b (ширина шпонки), мм;

2 - поле допуска шпоночного паза;

3 - поле допуска шпонки.

Пример. Ширина шпонки $b = 12$ мм, посадка шпонки в паз вала N9/h9, посадка шпонки в паз втулки Js9/h9. Допуск на ширину паза на валу равен 43 мкм, допуск на ширину паза во втулке равен 42 мкм.

Допуски параллельности и симметричности расположения шпоночных пазов на валу и во втулке, а также шероховатость поверхностей этих пазов в соединениях сегментными шпонками назначают аналогично допускам и шероховатости соединений призматическими шпонками.

3.3.2. Шлицевые соединения

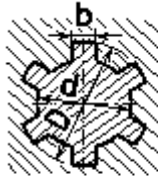
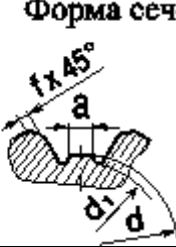
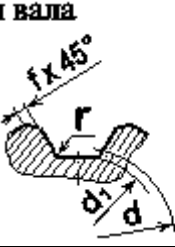
В процессе проектирования шлицевых соединений необходимо выбрать способ центрирования втулки и вала для обеспечения точности совпадения их геометрических осей и назначить их посадку.

3.3.2.1. Прямобо́чные шлицевые соединения

Параметры прямобо́чных шлицевых соединений приведены в ГОСТ 1139-80 [34] и сведены в таблице 16.

Таблица 16.

Соединения шлицевые прямобо́чные

 Z - число шлицев						Форма сечения вала Исполнение А  Исполнение В 						Форма сечения втулки 				
Zx dx D	b	d _{1min}	a _{min}	f	r _{max}	Zx dx D	b	d _{1min}	a _{min}	f	r _{max}					
ЛЕГКАЯ СЕРИЯ						8x42x48	8	39,5	2,57	0,4 ^{+0,2}	0,3					
6x23x26	6	22,1	3,54	0,3 ^{+0,2}	0,2	8x46x54	9	42,7	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					
6x26x30	6	24,6	3,85	0,3 ^{+0,2}	0,2	8x52x60	10	48,7	2,44	0,5 ^{+0,3}	0,5					
6x28x32	7	26,7	4,03	0,3 ^{+0,2}	0,2	8x56x65	10	52,2	2,5	0,5 ^{+0,3}	0,5					
8x32x36	6	30,4	2,71	0,4 ^{+0,2}	0,3	8x62x72	12	57,8	2,4	0,5 ^{+0,3}	0,5					
8x36x40	7	34,5	3,46	0,4 ^{+0,2}	0,3	10x72x82	12	67,4	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					
8x42x46	8	40,4	5,03	0,4 ^{+0,2}	0,3	10x82x92	12	87,3	3,0	0,5 ^{+0,3}	0,5					
8x46x50	9	44,6	5,75	0,4 ^{+0,2}	0,3	ТЯЖЕЛАЯ СЕРИЯ										
8x52x58	10	49,7	4,89	0,5 ^{+0,3}	0,5	10x16x20	2,5	14,1	-	0,3 ^{+0,2}	0,2					
8x56x62	10	53,6	6,38	0,5 ^{+0,3}	0,5	10x18x23	3	15,6	-	0,3 ^{+0,2}	0,2					
8x62x68	12	59,8	7,31	0,5 ^{+0,3}	0,5	10x21x26	3	18,5	-	0,3 ^{+0,2}	0,2					
10x72x78	12	69,6	5,45	0,5 ^{+0,3}	0,5	10x23x29	4	20,3	-	0,3 ^{+0,2}	0,2					
10x82x88	12	79,3	8,62	0,5 ^{+0,3}	0,5	10x26x32	4	23,0	-	0,4 ^{+0,2}	0,3					
СРЕДНЯЯ СЕРИЯ						10x28x35	4	24,4	-	0,4 ^{+0,2}	0,3					
6x11x14	3	9,9	-	0,3 ^{+0,2}	0,2	10x32x40	5	28,0	-	0,4 ^{+0,2}	0,3					
6x13x16	3,5	12,0	-	0,3 ^{+0,2}	0,2	10x36x45	5	31,3	-	0,4 ^{+0,2}	0,3					
6x16x20	4	14,54	-	0,3 ^{+0,2}	0,2	10x42x52	6	36,9	-	0,4 ^{+0,2}	0,3					
6x18x22	5	16,7	-	0,3 ^{+0,2}	0,2	10x46x56	7	40,9	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					
6x21x25	5	19,5	1,95	0,3 ^{+0,2}	0,2	16x52x60	5	47,0	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					
6x23x28	6	21,3	1,34	0,3 ^{+0,2}	0,2	16x56x65	5	50,6	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					
6x26x32	6	23,4	1,65	0,4 ^{+0,2}	0,3	16x62x72	6	56,1	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					
6x28x34	7	25,9	1,70	0,4 ^{+0,2}	0,3	16x72x82	7	65,9	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					
8x32x38	6	29,4	-	0,4 ^{+0,2}	0,3	20x82x92	6	75,6	-	0,5 ^{+0,3}	0,5					

8x36x42	7	33,5	1,02	$0,4^{+0,2}$	0,3	20x92x102	7	85,5	-	$0,5^{+0,3}$	0,5
Фаска у пазов отверстия втулки может быть заменена закруглением, радиус которого равен величине f											

Для сопряжения шлицевой втулки и вала прямобочных соединений следует выбрать один из трех возможных способов их центрирования:

- по наружному диаметру D (рис. 47а);
- по внутреннему диаметру d (рис. 47б);
- по боковым сторонам шлицов b (рис. 47в).

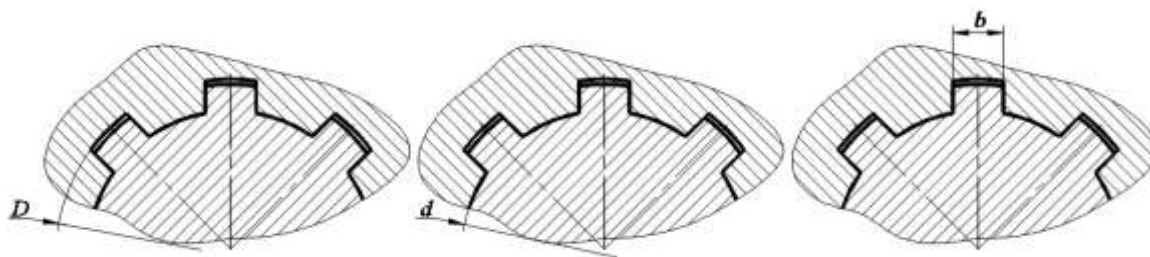


Рис.47. Центрирование втулки

Центрирование по одному из диаметров (D или d) применяют в тех случаях, когда необходима повышенная точность совпадения геометрических осей сопрягаемых деталей.

При твердости материала ступицы (втулки) менее HB 350 (наиболее частый случай) центрирование осуществляют по наружному диаметру D . В этом случае сопрягаемую поверхность в отверстии ступицы обрабатывают протягиванием, а на валу - круглым шлифованием.

При твердости материала ступицы более HB 350 применяют центрирование по внутреннему диаметру d . В этом случае центрирующие поверхности ступицы и вала шлифуют, что удорожает изготовление соединения.

Центрирование по боковым сторонам шлицов применяют в том случае, когда точность совпадения геометрических осей не имеет существенного значения, но требуется обеспечить прочность соединения в процессе эксплуатации (например, карданные валы в автомобилях) или

когда по условиям работы требуются минимальные зазоры по b (например, при действии знакопеременного момента).

Допуски и посадки прямобочных шлицевых соединений приведены в таблице 17.

Структура условного обозначения шлицевого прямобочного соединения должна иметь следующий вид:

где 1 – обозначение поверхности центрирования; 2 – числа шлицов соединения; 3, 6, 9 – номинальные размеры d , D и b ; 4, 7, 10, 5, 8, 11 – обозначения полей допусков отверстий и валов по диаметрам d , D и по боковым сторонам шлицов b .

В обозначении допускается не указывать допуски нецентрирующих диаметров.

Пример условного обозначения соединения, втулки и вала:

$$d - 8 \times 42 \frac{H7}{f7} \times 46 \times 8 \frac{D9}{h9}$$

для шлицевого соединения с числом шлицов $z = 8$, внутренним диаметром $d = 42$ мм, наружным диаметром $D = 46$ мм, шириной шлица $b = 8$ мм, с центрированием по d , с посадками по $d - H7/f7$ и по $b - D9/h9$:

- для отверстия этого же соединения:

$d-8 \times H7 \times 46 \times 8 D9$ или $d-8 \times 42 H7 \times 46 H12 \times 8 D9$

для вала этого же соединения:

$d-8 \times 42 f7 \times 46 \times 8 h9$ или $d-8 \times 42 f7 \times 46 a11 \times 8 h9$

Таблица 17.

Допуски шлицевых прямобочных соединений по ГОСТ 1139-80

Поверхность центрирования	Посадки			Примечание
	по d	по b	по D	
Для неподвижных соединений, работающих при больших ударных нагрузках и редкой разборке				
b	-	F8/js7	-	-
Для неподвижных соединений, работающих при умеренных нагрузках и частой сборке				

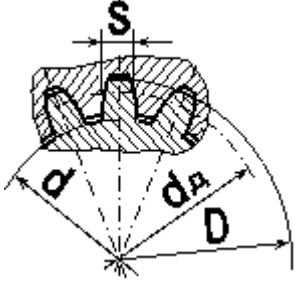
d	H7/g6	D9/js7 D9/k7 F10/js7	-	При средних скоростях
b	-	F8/js7	-	При малых скоростях
D	-	F8/js7	H7/js6	При значительных скоростях
Для подвижных соединений, перемещающихся под нагрузкой				
d	H7/f7 H7/g6	D9/h9 D9/js7 F10/f9	-	Поверхности термообрабатывать
Для неподвижных соединений, перемещающихся без нагрузки или при малой нагрузке (предпочтительнее центрирование по D)				
d	H7/f7 H7/g6	D9/h9 F10/f9	-	При малых и средних скоростях (термообработка до невысокой твердости)
D	-	F8/f7 F8/f8	H7/f7	При значительных скоростях

3.3.2.1. Эвольвентные шлицевые соединения

Параметры эвольвентных шлицевых соединений приведены ГОСТ 6033-80 [38] в таблице 18.

Таблица 18.

Соединения шлицевые (зубчатые) эвольвентные.

		Номинальный диаметр соединения	D
		Модуль	m
		Число зубьев	Z
		Диаметр делительной окружности	d_d
		Угол давления	$\alpha = 30^\circ$
		Номинальная толщина зубьев вала и ширина впадины отверстия	$S = 0,5\pi m + 2x \operatorname{tg} \alpha$
		Смещение исходного контура	x
Диаметры вала	наружный (окружности выступов)		$d_a = D$
	внутренний (окружности впадин)		$d_f = d - 2,4 m$
Диаметры отверстия	наружный (окружности впадин) при центрировании:	по D	$D_f = D$
		по S	$D_f = D + 0,4 m$

		внутренний (окружности выступов)							D _a = D- 2 m			
Высота фаски у кромки шлица вала при центрировании по D									f = 0,1 m			
D, мм	m = 1мм		m = 1,5 мм		m = 2 мм		m = 2,5 мм		m = 3,5 мм		m = 5 мм	
	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X
12	11	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	12	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	16	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	18	0,5	12	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
22	20	0,5	14	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
25	24	0	16	-0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
28	26	0,5	18	-0,25	12	1	-	-	-	-	-	-
30	28	0,5	18	0,75	14	0	-	-	-	-	-	-
32	30	0,5	20	0,25	14	1	-	-	-	-	-	-
35	34	0	22	0,25	16	0,5	12	1,25	-	-	-	-
38	36	0,5	24	0,25	18	0	14	0,25	-	-	-	-
40	38	0,5	26	-0,25	18	1	14	1,25	-	-	-	-
42	-	-	26	0,75	20	0	16	-0,25	-	-	-	-
45	-	-	28	0,75	22	-0,5	16	1,25	-	-	-	-
50	-	-	32	0,25	24	0	18	1,25	-	-	-	-
55	-	-	36	-0,25	26	0,5	20	1,25	14	1,25	-	-
60	-	-	38	0,75	28	1	22	1,25	16	0,25	-	-
65	-	-	-	-	32	-0,5	24	1,25	18	-0,75	-	-
70	-	-	-	-	34	0	26	1,25	18	1,75	12	2,5
75	-	-	-	-	36	0,5	28	1,25	20	0,75	14	0
80	-	-	-	-	38	1	30	1,25	22	-0,25	14	2,5
85	-	-	-	-	-	-	32	1,25	24	-1,25	16	0

Для шлицевых втулки и вала эвольвентного шлицевого соединения необходимо выбрать один из четырех возможных способов их центрирования:

- по боковым сторонам (по s);
- по наружному диаметру D;

- по внутреннему диаметру d ;
- относительно вспомогательной цилиндрической.

Наиболее распространенными являются первые два способа, причем центрирование по s является наиболее экономичным, а по D - наиболее точным.

Размеры шлицевых соединений с эвольвентным профилем шлицов стандартизованы ГОСТ 6033-80 [38].

Посадки шлицевых эвольвентных соединений и возможная область их применения приведены в таблице 19.

Структура условного обозначения шлицевого эвольвентного соединения должна иметь следующий вид:

$$12 \times \frac{3}{4} \times 5 \times \frac{6}{7} 8$$

где 1 - обозначение центрирования по внутреннему диаметру;

2 - номинальный диаметр соединения D ;

3, 4, 6, 7 - обозначение полей допусков центрирующих диаметров отверстий и валов (допуски нецентрирующих диаметров в обозначении не указывать);

5 - модуль, мм;

8 - номер стандарта.

Таблица 19.

Посадки шлицевых эвольвентных соединений

Поверхность центрирования	Посадки			Примечания
	по s	по D	по d	
Для неподвижных соединений, работающих при больших ударных нагрузках и редкой разборке				
s	7H/9r; 7H/8p; 7H/7n	H11/h11	-	-
Для неподвижных соединений, работающих при умеренных нагрузках и частой разборке				
s	7H/8k; 7H/7h;	H11/h12	-	При малых скоростях

	9H/9q; 9H/9h			
D	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H7/n6; H7/j _s 6	-	При значительных скоростях
d	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H11/h12	H7/n6; H7/h6; H7/g6	-
Для подвижных соединений, перемещающихся под нагрузкой				
d	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H11/h12	H7/h6; H7/g6	Поверхности термообрабатывать
Для подвижных соединений, перемещающихся без нагрузки				
d	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H11/h12	H7/h6; H7/g6	При малых и средних скоростях термообработка до невысокой твердости)
D	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H7/h6; H7/g6; H7/f7	-	При значительных скоростях

3.3.3. Резьбовые соединения

Условное обозначение резьбового соединения должно включать обозначения резьбы и посадок, а также дополнительные данные, например, радиус обязательного закругления впадины резьбы винта; длину свинчивания, к которой относится допуск резьбы, и т.п.:

Обозначение полей допуска диаметра должно состоять из цифры, показывающей степень точности, и буквы, означающей основное отклонение, например, 6h, 7H.

Обозначение поля резьбы должно включать обозначение поля допуска среднего диаметра и поля допуска диаметра вершин (внутреннего для гаек и наружного для болтов), например, 5H6H. В случае, когда поле допуска по вершинам резьбы совпадает с полем допуска среднего диаметра, в обозначении допуска резьбы записывают одно поле, например, 6h.

Допуск резьбы необходимо относить к наибольшей нормальной длине свинчивания N (табл.20) или ко всей резьбе, если она меньше L ГОСТ 16093-81 [47]. Длина свинчивания должна быть оговорена в технических требованиях или указана в обозначении резьбы, если она относится к группе L (большие длины свинчивания) или к группе S (малые длины свинчивания), но меньше, чем вся длина резьбы.

Таблица 20.

Длины свинчивания

Шаг резьбы Р, мм	Номинальный диаметр резьбы d по ГОСТ 8724-81, мм	Длина свинчивания, мм		
		S (малые)	N (нормальные)	L (большие)
0,5	Св. 2,8 до 5,6	До 1,5	Св. 1,5 до 4,5	Св. 4,5
	Св. 5,6 до 11,2	До 1,6	Св. 1,6 до 4,7	Св. 4,7
	Св. 11,2 до 22,4	До 1,8	Св. 1,8 до 5,5	Св. 5,5
0,75	Св. 2,8 до 5,6	До 2,2	Св. 2,2 до 6,7	Св. 6,7
	Св. 5,6 до 11,2	До 2,4	Св. 2,4 до 7,1	Св. 7,1
	Св. 11,2 до 22,4	До 2,8	Св. 2,8 до 8,3	Св. 8,3
	Св. 22,4 до 45,0	До 3,1	Св. 3,1 до 9,5	Св. 9,5
1,0	Св. 5,6 до 11,2	До 3,0	Св. 3,0 до 9,0	Св. 9,0
	Св. 11,2 до 22,4	До 3,8	Св. 3,8 до 11,0	Св. 11,0
	Св. 22,4 до 45,0	До 4,0	Св. 4,0 до 12,0	Св. 12,0
	Св. 45,0 до 90,0	До 4,8	Св. 4,8 до 14,0	Св. 14,0
1,25	Св. 5,6 до 11,2	До 4,0	Св. 4,0 до 12,0	Св. 12,0
	Св. 11,2 до 22,4	До 4,5	Св. 4,5 до 13,0	Св. 13,0
1,5	Св. 5,6 до 11,2	До 5,0	Св. 5,0 до 15,0	Св. 15,0
	Св. 11,2 до 22,4	До 5,6	Св. 5,6 до 16,0	Св. 16,0
	Св. 22,4 до 45,0	До 6,3	Св. 6,3 до 19,0	Св. 19,0
	Св. 45,0 до 90,0	До 7,5	Св. 7,5 до 22,0	Св. 22,0
1,75	Св. 11,2 до 22,4	До 6,0	Св. 6,0 до 18,0	Св. 18,0
2	Св. 11,2 до 22,4	До 8,0	Св. 8,0 до 24,0	Св. 24,0

	Св. 22,4 до 45,0	До 8,5	Св. 8,5 до 25,0	Св. 25,0
	Св. 45,0 до 90,0	До 9,5	Св. 9,5 до 28,0	Св. 28,0
2,5	Св. 11,2 до 22,4	До 10,0	Св. 10,0 до 30,0	Св. 30,0

Поля допусков винтов и гаек с метрической резьбой следует выбирать в зависимости от классов точности (табл.21). В таблице приведены поля допусков для получения посадок резьбовых деталей с зазором, причем первыми указаны поля допусков на средний диаметр, а вторыми – на диаметр выступов (на наружный диаметр винта или на внутренний диаметр гайки).

Таблица 21.

Поля допусков метрической резьбы

Класс точности	Длина свинчивания									
	S		N					L		
Поля допусков болтов										
Точный	-	3h4h	-	-	-	4g	4h	-	-	5h4h
Средний	5g6g	5h6h	6d	6e	6f	6g*	6h	7e6e	7g6g	7h6h
Грубый	-	-	-	-	-	8g	8h**			
Поля допусков гаек										
Точный	-	4H	-			4H5H, 5H		-		6H
Средний	5G	5H	6G			6H*		7G		7H
Грубый	-	-	7G			7H		8G		8H
*Предпочтительные поля допусков.										
**Только для резьб с шагом более 0,8 мм. Для резьб с мм следует применять поле допуска 8h6h.										

Поля допусков точного класса рекомендуется применять для ответственных резьб, где допускаются малые колебания зазоров в посадках; поля допусков среднего класса – для резьб общего назначения; поля допусков грубого класса – при получении резьб на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях.

Поля допусков основных отклонений g, G, e, d, обеспечивающие гарантированные зазоры в соединениях, следует применять для обеспечения легкой свинчиваемости при наличии небольшого загрязнения

или повреждения резьбы, для компенсации температурных деформаций элементов резьбы, при нанесении на резьбу защитных покрытий.

Переходные посадки резьбовых деталей с метрической резьбой нормированы ГОСТ 24834-81[51].

Посадки резьбовых соединений с метрической резьбой с натягом нормированы ГОСТ 4608-81[37].

Поля допусков трапецеидальной однозаходной резьбы ГОСТ 9562-81 [42], устанавливаемые в зависимости от длины свинчивания и требований, предъявляемым к точности резьбового соединения, приведены в таблице 22.

Таблица 22.

Поля допусков трапецеидальной однозаходной резьбы

Длины свинчивания	Степень точности	Поля допусков	
		Винтов	Гаек
N Нормальные	6	6g, 6e	6H
	7	7g, 7e	7H
	8	8e, 8c	8H
L длинные	7	7e	7H
	8	8e	8H
	9	9c	9H

При назначении шероховатости резьб следует руководствоваться данными таблицы 23.

Таблица 23.

Выбор шероховатости резьбовых соединений

Область применения резьбы	Параметр шероховатости R_a , мм для резьб классов точности		
	точного	среднего	грубого
Крепежная резьба на болтах, винтах и	1,25	2,5	$R_z=20$;

гайках			R _z =40
Резьба на валах, втулках, в том числе коническая	0,63; 1,25	1,25	2,5
Резьба ходовых и грузовых винтов	0,32	0,63	1,25
Резьба гаек для ходовых и грузовых винтов	0,32; 0,63	1,25	2,5

Таблица 24.

Примеры условного обозначения резьб на чертежах

Вид посадки	Обозначение резьб					
	На сборочном чертеже	На чертежах				
		Винтов, пробок	болтов,	Шпилек	Гаек, муфт	Гнезд
Метрическая правая резьба						
С зазором	M20x1-6H/6g-R	M20x1-6g-R			M20x1-6H	
С натягом		M20x1-3п(2)			M20x1-2H4D(2)	
Метрическая левая резьба						
С зазором	M20x1-LH-6H/6g	M20x1-LH-6g			M20x1-LH-6H	
Метрическая наружная и внутренняя коническая резьба						
	МК20x1 СТ СЭВ 304-76					
Метрическая наружная коническая и внутренняя цилиндрическая резьбы						
	M/МК 20x1 СТ СЭВ 304-76	МК20x1 СТ СЭВ 304-76			M20x1	
Трапецеидальная однозаходная резьба						
	Tr20x4-7H/7e-50	Tr20x4-7e			Tr20x4-7H	
Трапецеидальная многозаходная резьба						
	Tr20x4/P2/-7H/7e-50	Tr20x4/P2/-7e			Tr20x4/P2/-7H	
Цифра (2) означает номер сортировочной группы						

3.3.4. Зубчатые передачи

Из механических передач, применяемых в машиностроении, наибольшее распространение получили зубчатые, так как обладают рядом существенных преимуществ перед другими передачами.

Основные преимущества зубчатых передач:

- возможность осуществления передачи между параллельными, пересекающимися и скрещивающимися осями, иными словами при всех видах расположения осей;
- высокая нагрузочная способность и как следствие малые габариты;
- большая долговечность и надежность работы (ресурсы до 30 000 ч и более);
- высокий к.п.д. (до 0.97...0.98 в одной ступени);
- возможность применения в широком диапазоне скоростей (до 150 м/с), мощностей (до десятков тысяч кВт) и передаточных отношений (до нескольких сотен и даже тысяч);
- постоянство передаточного отношения.

В то же время для обеспечения надежной и качественной работы зубчатых передач к ним предъявляются повышенные требования к точности изготовления.

Многообразные условия применения зубчатых передач диктуют различные требования к их точности.

Для делительных и планетарных передач с несколькими сателлитами основным эксплуатационным показателем является высокая кинематическая точность, т.е. точная согласованность углов поворота ведущего и ведомого колес передачи. Кинематическая точность обеспечивается, например, при установке колеса на зубообрабатывающий станок с точной кинематической цепью с минимально возможным радиальным биением.

Для высокоскоростных передач (окружные скорости зубчатых колес могут достигать 60 м/с) основным эксплуатационным показателем является

плавность работы передачи, т.е. отсутствие циклических погрешностей, многократно повторяющихся за оборот колеса.

Циклическая точность обеспечивается, например, точностью червяка делительной передачи станка и точностью зуборезного инструмента. Плавность передачи значительно повышается после шевингования зубчатых колес или их притирки.

Для тяжелонагруженных тихоходных передач наибольшее значение имеет полнота контакта поверхностей зубьев. Контакт зубьев зависит от торцового биения заготовки и ряда других причин. Контакт зубьев значительно улучшается после притирки зубчатых колес.

3.3.5. Соединения "вал - ступица"

Для передачи вращающего момента чаще всего используют шпоночные соединения с применением призматических (или сегментных) шпонок. При этом рекомендуются следующие посадки соединений с гарантированным натягом:

- для колёс цилиндрических прямозубых – $H7/p6$ ($H7/r6$);
- для колёс цилиндрических косозубых и шевронных – $H7/r6$ ($H7/s6$);
- для колёс конических прямозубых – $H7/s6$ ($H7/t6$).

При этом посадки с бóльшим натягом (указанные в скобках) следует назначать для реверсивных передач.

Для удобства сборки по выбранной посадке с натягом зубчатого колеса на вал с установленной шпонкой рекомендуется предусматривать направляющий цилиндрический участок вала с допуском по $d11$ (рис. 48).

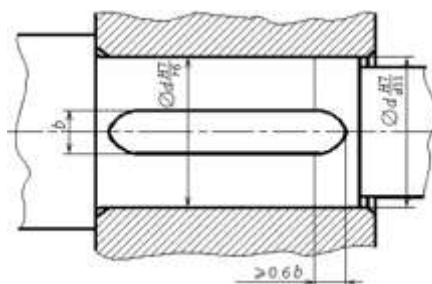


Рис.48. Посадка на вал

Посадки призматических шпонок регламентированы ГОСТ 23360-78[48]: для ширины паза на валу по P9/h9; для ширины паза в ступице при неподвижном соединении нереверсивной передачи – по J_s9/h9 и при неподвижном соединении реверсивной передачи – по P9/h9 .

Если по результатам расчёта на прочность шпоночного соединения требуется слишком длинная шпонка (свыше полутора диаметров посадочного участка вала), целесообразно применить шлицевое соединение. Наиболее распространены соединения прямобочными шлицами с центрированием по наружному диаметру D . Для неподвижных соединений регламентированы следующие посадки элементов шлицевых соединений:

- для центрирующей поверхности – $D\ H7/j_6$;
- для рабочих боковых поверхностей – $b\ D9/e8$.

3.3.6. Обозначение посадок в местах установки подшипников

Посадки подшипников указывают на сборочных чертежах (рис.49).

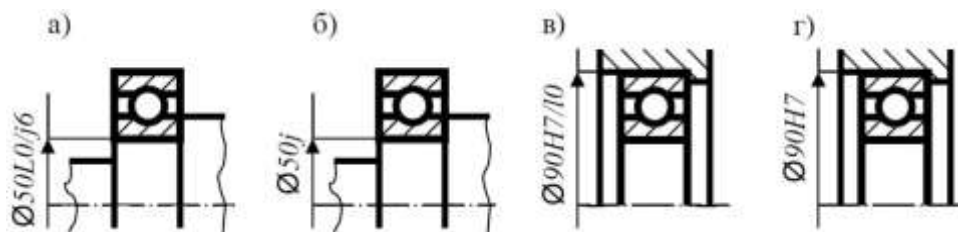


Рис.49. Обозначение посадок подшипников на чертежах

На рисунке 49 показаны: (а,б) – посадка **L0/j 6** внутреннего кольца подшипника на вал в системе отверстия; (в,г) – посадка **H7/10** наружного кольца подшипника в корпус по системе вала. Подшипник изготовлен по нулевому классу точности, соответственно, внутренний диаметр внутреннего кольца с полем допуска **L0**, а наружный диаметр наружного кольца – **10**.

Указанные на рисунке 50 поля допусков показывают, что вал (а) номинального диаметра 50 мм выполнен с допуском j по 6-му качеству точности, обеспечивающему фактический диаметр вала в пределах

$49,995\text{мм} \leq \varnothing_{\text{вала}} \leq 50,011\text{мм}$; отверстие (б) номинального диаметра 90 мм выполнено с допуском H по 7-му качеству, обеспечивающему фактический диаметр отверстия в пределах $90,000\text{мм} \leq \varnothing_{\text{отв}} \leq 90,035\text{ мм}$.



Рис.50. Обозначение посадок мест под подшипники

Различают три случая нагружения колец подшипников:

- кольцо вращается относительно радиальной нагрузки, подвергаясь так называемому циркуляционному нагружению;
- кольцо неподвижно относительно радиальной нагрузки и подвергается местному нагружению;
- кольцо нагружено равнодействующей радиальной нагрузкой, которая не совершает полного оборота, а колеблется на определенном участке кольца, подвергая его колебательному нагружению.

Многолетней практикой применения подшипников установлено, что соединение с валом или корпусом колец, вращающихся относительно нагрузки, должно осуществляться обязательно с натягом, исключая проворачивание и обкатывание кольцом сопряженной детали и, как следствие, развальцовку посадочных поверхностей и контактную коррозию.

Посадки неподвижных относительно нагрузки колец назначают более свободными, допускающими наличие небольшого зазора, так как обкатывание кольцами сопряженных деталей в этом случае не происходит.

Нерегулярное проворачивание не вращающегося кольца件но件но, так как при этом изменяется положение его зоны нагружения. Кроме того, такое сопряжение облегчает осевые перемещения колец при монтаже, при регулировании зазоров в подшипниках и при температурных деформациях валов.

Подшипник является основным комплектующим изделием, не подлежащим в процессе сборки дополнительной доводке. Требуемые посадки в соединении подшипника качения получают назначением соответствующих полей допусков на диаметры вала и отверстия в корпусе.

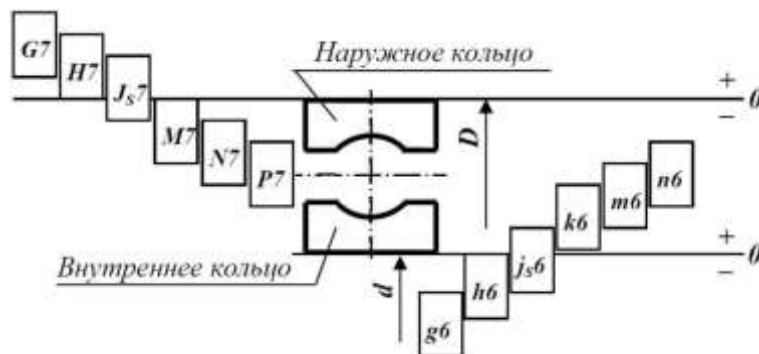


Рис.51. Поля допусков отверстия и вала при монтаже подшипника

Для подшипников качения принято следующее отличие от обычной в машиностроении системы допусков: поле допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника (рис. 51) расположено не вверх от нулевой линии ("в плюс"), а вниз ("в минус"). Этим гарантируется получение натягов в соединениях внутреннего кольца с валами, имеющими поля допусков **k**, **m** и **n**. Поле допуска на диаметр наружного кольца располагается так же, как принято в машиностроении — "в минус" или в "тело детали".

Поэтому и характер сопряжения наружного кольца с отверстием корпуса такой же, как в общепринятой в машиностроении системе допусков.

На чертеже в местах установки подшипников качения указывают поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов в соответствии со стандартом ГОСТ 3325-85 [36].

Для наиболее распространенного в общем машиностроении случая применения подшипников класса точности 0 поля допусков вала и отверстия корпуса можно выбирать по табл. 25 и 26 (в таблицах; **PE**— эквивалентная динамическая нагрузка; **Cr**— базовая динамическая грузоподъемность подшипника по каталогу).

Поля допусков вала в местах установки подшипников

Вид нагружения внутреннего кольца	Режим работы подшипника	Поле допуска вала при монтаже подшипников	
		шариковых	роликовых
Местное	Требуется перемещение внутреннего кольца на валу: $P_E \leq 0,07 C_r$	<i>g6</i>	
	Не требуется перемещение кольца на валу $0,07 C_r < P_E \leq 0,15 C_r$	<i>h6</i>	
Циркуляционное	Высокие требования к точности хода: $P_E \leq 0,07 C_r$	<i>js5</i>	<i>k5</i>
	$0,07 C_r < P_E \leq 0,15 C_r$	<i>js6; k6</i>	<i>k6; m6</i>
	Ударные нагрузки: $P_E > 0,15 C_r$	—	<i>n6</i>
Колебательное	$0,07 C_r < P_E \leq 0,15 C_r$	<i>k6</i>	<i>m6</i>
	Ударные нагрузки: $P_E > 0,15 C_r$		<i>n6</i>

Таблица 26

Поля допусков отверстия в корпусе в местах установки подшипников

Вид нагружения наружного кольца	Режим работы подшипника	Поле допуска отверстия
Местное	Наружное кольцо может перемещаться в осевом направлении $0,07 C_r < P_E \leq 0,15 C_r$	<i>H7</i>
Циркуляционное	Наружное кольцо неподвижно в осевом направлении $0,07 C_r < P_E \leq 0,15 C_r$	<i>N7</i>
Колебательное	Наружное кольцо неподвижно в осевом направлении $0,07 C_r < P_E \leq 0,15 C_r$	<i>K7</i>
	Наружное кольцо легко перемещается в осевом направлении $P_E \leq 0,07 C_r$	<i>H6</i>

Для обеспечения эффективной работы подшипниковых узлов, монтаж подшипника производят таким образом, чтобы вращающееся кольцо подшипника было смонтировано с натягом, а другое с зазором.

3.3.7. Влияние типа подшипника на выбор посадок

Тип подшипника оказывает определенное влияние на выбор посадки. Выше был рассмотрен выбор посадок для подшипников радиальных и радиально-упорных шариковых и роликовых.

Для тугих колец упорных шариковых и роликовых подшипников применяются посадки L0/js6 или L6/js6 (рис. 52).

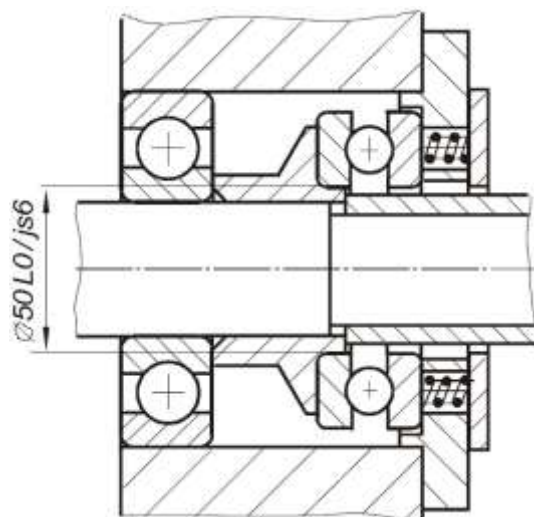


Рис.52.Выбор посадки по подшипник

Уточненный выбор посадок с учетом режима работы и размеров подшипника производится в соответствии с рекомендациями, приведенными в ГОСТ 3325-85 [36].

3.3.8. Пример посадки венца червячного колеса на ступицу

На рисунке 53а показано сопряжение венца со ступицей по цилиндрической поверхности в системе отверстия. Номинальный наружный диаметр ступицы 100 мм выполнен с полем допуска s по 6-му качеству и фактически лежит в диапазоне $100,071 \text{ мм} \leq \varnothing_{\text{вала}} \leq 100,093 \text{ мм}$.

Номинальный внутренний диаметр венца 100 мм выполнен с полем допуска H по 7-му качеству и фактически лежит в диапазоне $100,000 \text{ мм} \leq \varnothing_{\text{отв}} \leq 100,035 \text{ мм}$.

Посадка H7/s6, таким образом, обеспечивает натяг в диапазоне от 36 мкм до 93 мкм.

Если же диаметр ступицы выполнить с полем допуска p по 6-му качеству то он фактически будет лежать в пределах $100,037 \text{ мм} \leq \varnothing_{\text{вала}} \leq 100,059 \text{ мм}$ и посадка H7/p6 даст меньшие натяги в диапазоне от 2 мкм до 59 мкм.

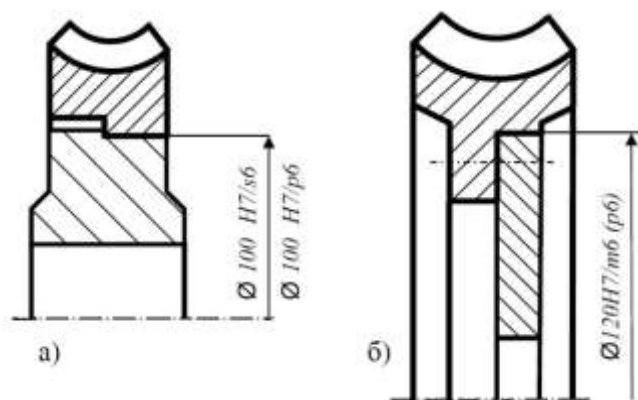


Рис.53. Посадки венцов червячных колес на ступицу

На рисунке 53б показан другой вариант сопряжения венца со ступицей по цилиндрической поверхности в системе отверстия. Здесь номинальный внутренний диаметр венца 120 мм выполнен аналогично диаметру ступицы на рисунке 8а $120,000\text{мм} \leq \text{Ø}_{\text{отв}} \leq 120,035\text{ мм}$.

Номинальный наружный диаметр диска может быть выполнен, например, с полем допуска m по 6-му качеству $120,013\text{ мм} \leq \text{Ø}_{\text{вала}} \leq 120,035\text{ мм}$ и это даст посадку H7/m6 в диапазоне от зазора 22 мкм до натяга 35 мкм.

Если выполнить диск с полем допуска r по 6-му качеству $120,037\text{ мм} \leq \text{Ø}_{\text{вала}} \leq 120,059\text{ мм}$, то получится посадка H7/r6, обеспечивающая сопряжение с натягом от 2 мкм до 59 мкм. В этом случае необходимо дополнительное крепление венца и ступицы, например, болтами.

3.3.9. Посадки полумуфт на валах

Полумуфты устанавливают на цилиндрические по ГОСТ 12080-72 [44] или конусные по ГОСТ 12081-72 [45] концы валов.

При постоянном направлении вращения и умеренно нагруженных валах, когда рабочие напряжения кручения в сечении вала не превышают 15 МПа, полумуфты устанавливают на гладкие цилиндрические концы валов по переходным посадкам типа H7/k6 или H7/m6.

При реверсивной работе, а также при существенно нагруженных валах ($\tau > 15\text{ МПа}$) применяют посадку H7/n6.

При больших нагрузках, работе со значительными толчками и ударами, а также при реверсивной работе предпочтительно полумуфты устанавливать на конусные концы валов. Посадку полумуфты на конусный конец вала производят с обязательным приложением осевой силы (с помощью болта через торцовую шайбу или с помощью круглой шлицевой гайки). Затяжкой полумуфты на конусные концы валов можно создать значительный натяг в соединении и обеспечить точное радиальное и угловое положение полумуфты относительно вала.

Установку полумуфт на цилиндрические шлицевые концы валов применяют, если при прочностном расчёте шпоночного соединения длина посадочного отверстия (длина ступицы) получается свыше полутора диаметров вала. Посадку полумуфты по наружному центрирующему диаметру шлицев тогда принимают типа H7/j₆.

3.3.10. Посадки шкивов ремённой передачи

Для передачи вращающего момента от приводного электродвигателя на входной (быстроходный) вал редуктора зачастую применяют ремённую передачу.

Для удобства надевания и замены ремней при сборке и эксплуатации ремённой передачи шкивы обычно устанавливают консольно на конусные концы валов. В случае установки шкива на цилиндрический конец вала применяют посадку H7/k6.

3.3.11. Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей

Для деталей, оси отверстий которых под крепежные элементы расположены параллельно, ГОСТ 14140—81 [46] устанавливает задание допусков расположения осей отверстий двумя способами:

- позиционными допусками осей;

- предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий.

Для отверстий, образующих одну сборочную группу при числе элементов в группе более двух, предпочтительнее назначать позиционные допуски их осей.

Числовые значения позиционных допусков осей отверстий для крепежных деталей назначают из рядов, мм:

0,01; 0,012; 0,016; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,08;
0,10; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8;
1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8;
10; 12; 16.

Крепежные детали делятся на два типа: А — болты, заклепки (зазор для прохода крепежных деталей предусмотрен в обеих соединяемых деталях);

В — винты, шпильки (зазор предусмотрен лишь в одной из соединяемых деталей).

Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей назначают в зависимости от типа крепежных деталей (рисунок ниже), зазора для прохода крепежных деталей и коэффициента использования этого зазора для компенсации отклонений расположения осей. Коэффициент использования зазора K рекомендуется принимать следующим:

- $K = 1$ или $K = 0,8$ — для соединений, не требующих регулировки взаимного расположения деталей;
- $K = 0,8$ или $K = 0,6$ — для соединений, в которых необходима регулировка взаимного расположения деталей. В обоснованных случаях принимают $K < 0,6$.

В соединениях типа А и В допуски расположения осей сквозных гладких отверстий рекомендуется назначать зависимыми, если это не

приводит к нарушению прочности детали или требований к внешнему виду детали.

В соединениях типа В допуски расположения осей резьбовых отверстий рекомендуется назначать зависимыми для малонагруженных винтов и независимыми для шпилек и тяжело нагруженных винтов.

3.3.12. Допуска и посадка конусов и их соединений

Для конусов, согласно ГОСТ 25307—82 [54] установлены следующие допуски: диаметра, угла конуса, формы конуса, круглости, прямолинейности образующей. Стандартом приняты следующие обозначения:

- AT — допуск угла конуса;
- AT_D — допуск угла конуса в линейных единицах;
- AT_α — допуск угла конуса в угловых единицах;
- L — длина конуса;
- L_S — осевое расстояние от большого основания конуса до сечения, в котором задан конус;
- D — диаметр большого основания конуса;
- D_S — диаметр конуса в заданном сечении;
- T_D — допуск диаметра конуса в любом сечении;
- T_{DS} — допуск диаметра конуса в заданном сечении.

В каждом качестве допуск T_D в любом сечении определяют по номинальному значению большого основания конуса, а допуск T_{DS} — по номинальному диаметру в заданном сечении конуса. Допуск AT назначают при ограничении диапазона отклонений угла конуса, при допуске T_D или при допуске T_{DS} . Допуски AT назначают в угловых или линейных единицах. Поля допусков диаметров наружных и внутренних конусов приведены в таблицу 27.

Поля допусков диаметров конусов

Квалитет допуска T _D или T _{DS}	наружные конусы																внутренние конусы		
	основные отклонения																		
	d	e	f	g	h	j _s	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z	H	J _s	N
	поля допусков																		
01					h01*	j _s 01*											H01*	J _s 01*	
0					h0*	j _s 0*											H0*	J _s 0*	
1					h1*	j _s 1*											H1*	J _s 1*	
2					h2*	j _s 2*											H2*	J _s 2*	
3					h3*	j _s 3*											H3*	J _s 3*	
4				g4	h4	j _s 4	k4	m4	n4								H4	J _s 4*	
5				g5	h5	j _s 5	k5	m5	n5	p5	r5	s5					H5	J _s 5*	
6			f6	g6	h6	j _s 6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6				H6	J _s 6*	
7		e7	f7		h7	j _s 7	k7	m7	n7			s7		u7			H7	J _s 7*	
8	d8	e8	f8		h8	j _s 8**	k8**							u8	x8	z8	H8	J _s 8*	
9	d9	e9	f9		h9	j _s 9**	k9**										H9	J _s 9**	N9**
10					h10**	j _s 10**	k10**										H10**	J _s 10**	N10**
11					h11**	j _s 11**	k11**										H11**	J _s 11*	N11**
12					h12**	j _s 12**	k12**										H12**	J _s 12*	N12**
13					h13*	j _s 13*											H13*	J _s 13*	
14					h14*	j _s 14*											H14*	J _s 14*	
15					h15*	j _s 15*											H15*	J _s 15*	
16					h16*	j _s 16*											H16*	J _s 16*	
17					h17*	j _s 17*											H17*	J _s 17*	

Для внутренних конусов с номинальными диаметрами до 3 мм поля допусков N9-N12 должны заменяться соответственно полями допусков K9-K12.

* Поля допусков не предназначены для посадок.

** Поля допусков для конических соединений с фиксацией по осевому смещению конусов и по усилию запрессовки.

Предельные отклонения диаметров конусов приведены в таблице 28.

Предельные отклонения диаметров конусов

интервал диаметров D или D _s , мм	Поля допусков									
	наружных конусов					внутренних конусов				
	k8	k9	k10	k11	k12	K9	N10	N11	N12	
	предельные отклонения, мкм									
до 3	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	0 -15	0* -40	0* -60	0* -100	

Св. 3 до 6	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	—	0 -48	0 -75	0 -120
Св. 6 до 10	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	—	0 -58	0 -90	0 -150
Св. 10 до 18	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	—	0 -70	0 -110	0 -180
Св. 18 до 30	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	—	0 -84	0 -130	0 -210
Св. 30 до 50	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	—	0 -100	0 -160	0 -250
Св. 50 до 80	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	—	0 -120	0 -190	0 -300
Св. 80 до 120	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	—	0 -140	0 -220	0 -350
Св. 120 до 180	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0	—	0 -160	0 -250	0 -400
Св. 180 до 250	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0	—	0 -185	0 -290	0 -460
Св. 250 до 315	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0	—	0 -210	0 -320	0 -520
Св. 315 до 400	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+570 0	—	0 -230	0 -360	0 -570
Св. 400 до 500	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+630 0	—	0 -250	0 -400	0 -630

* Предельные отклонения приведены для полей допусков соответственно k10, k11, k12.

В посадках конических соединений с фиксацией по конструктивным элементам или по заданному осевому расстоянию между базовыми плоскостями конусов применяют поля допусков не грубее качества 9 с отклонением Н для внутренних конусов и любым отклонением для наружных конусов. Эти посадки назначают в системе отверстия, сочетая (как правило) поля допусков диаметров наружного и внутреннего конусов одного качества.

В посадках с фиксацией по заданному осевому смещению сопрягаемых конусов или по заданному усилию запрессовки применяют поля допусков качеств 8—12 с основными отклонениями Н (предпочтительно), Js или N для внутренних конусов и h, js или k для наружных конусов. При необходимости применяют поля допусков точнее качества 8.

4. Нанесение и указание точности формы и расположения поверхностей

4.1. Общие сведения об отклонениях формы и расположения поверхностей

4.1.1. Отклонения формы поверхностей

Основные термины и определения установлены ГОСТ 24642-81 [49]. Отклонением формы поверхности называют отклонение формы реальной поверхности от формы номинальной поверхности. Отклонения формы поверхностей отсчитывают от точек реальной поверхности до прилегающих поверхности, прямой и профиля по нормали к ним.

Отклонения формы, а часто и расположения поверхностей оценивают наибольшим отклонением Δ , представляемая собой область в пространстве (рис.54).

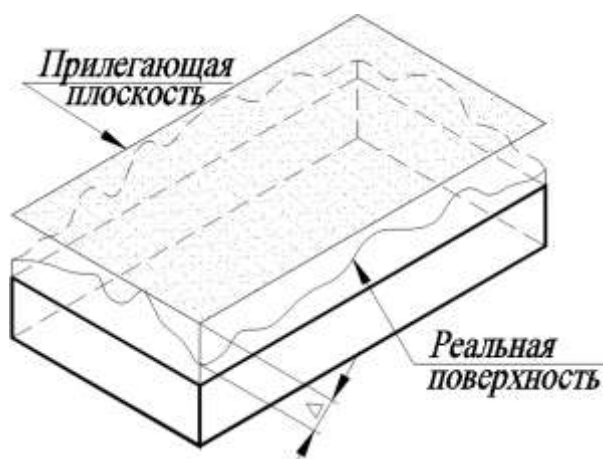


Рис.54. Поле допуска формы поверхности Δ

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей должны применяться для сборочных единиц в машиностроении и в других отраслях промышленности.

Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей должны соответствовать указанным в таблице 29. Ряд числовых значений R10 допускается продолжать в сторону меньших или больших значений при соблюдении закономерности построения ряда по ГОСТ 24643-81[50].

Таблица 29.

Допуска формы и расположения поверхностей

Ряд нормальных чисел R10, мкм									
0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
10000	12000	16000	-	-	-	-	-	-	-

Числовые значения допусков формы и расположения, не предусмотренные настоящим стандартом, являются специальными. Допускается применять их, если они предусмотрены в других стандартах для соответствующих видов продукции.

Отклонение формы плоских поверхностей – отклонение от плоскостности равно наибольшему отклонению Δ . Частными видами отклонений от плоскостности является выпуклость и вогнутость (рис.55).

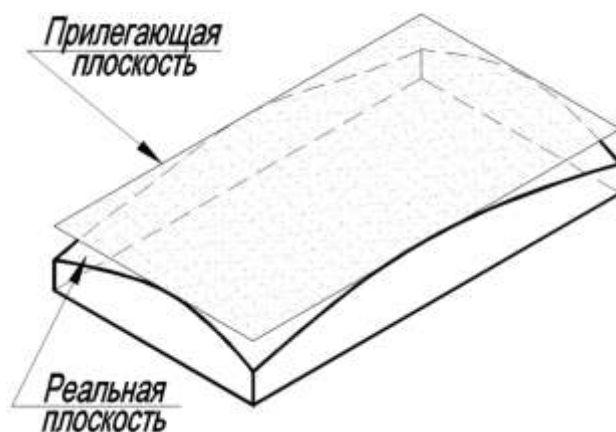


Рис.55. Отклонение формы плоских поверхностей

Допуски плоскостности и прямолинейности приведены в таблице 30.

Таблица 30.

Допуски плоскостности и прямолинейности

Интервалы номинальных размеров, мм	Значения допусков при степени точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
≤ 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	0,06	0,1	0,16	0,25

$>10 \leq 16$	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
$> 16 \leq 25$	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
$> 25 \leq 40$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
$> 40 \leq 63$	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
$> 63 \leq 100$	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
$> 100 \leq 160$	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
$> 160 \leq 250$	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
$> 250 \leq 400$	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
$> 400 \leq 630$	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или больший номинальный диаметр торцевой поверхности.

Отклонение формы цилиндрических поверхностей характеризуется нецилиндричностью (рис.56), которая включает отклонения от круглости поперечных сечений и профиля продольного сечения. К частным случаям отклонения от округлости относятся овальность и огранка.

Отклонения профиля в продольном сечении цилиндрических поверхностей характеризуется непрямолинейностью образующих и делится на конусообразность, бочкообразность и седлообразность.

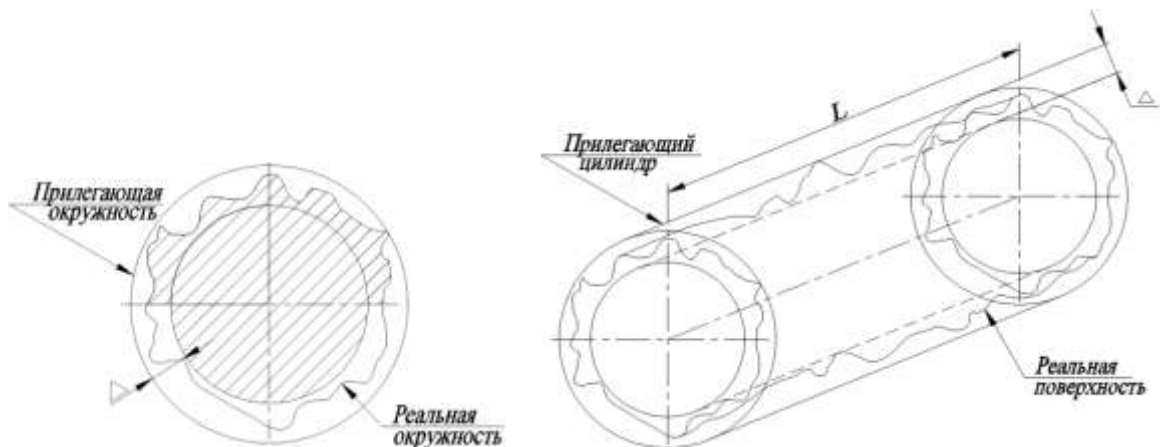


Рис.56. Отклонения формы цилиндрической поверхности.

Основные причины появления отклонений формы цилиндрических поверхностей: овальности – биение шпинделя токарного станка; огранки –

изменение мгновенных центров вращения детали; конусообразности – несоосность шпинделя и задней бабки, износ резца; бочкообразности – деформации длинных валов при обтачивании их в центрах без люнетов.

Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения приведены в таблице 31.

Таблица 31

Допуска цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения

Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
$> 3 \leq 10$	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
$> 10 \leq 18$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
$> 18 \leq 30$	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
$> 30 \leq 50$	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
$> 50 \leq 120$	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
$> 120 \leq 250$	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
$> 250 \leq 400$	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
$> 400 \leq 630$	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2

Под номинальным размером понимается номинальный диаметр цилиндрической поверхности.

4.1.2. Отклонения расположения поверхностей

Нормальное расположение поверхности определяется номинальными линейными или угловыми размерами между рассматриваемой поверхностью и базой.

Базой называют элемент детали, по отношению к которому заданы допуски расположения (рис.57).

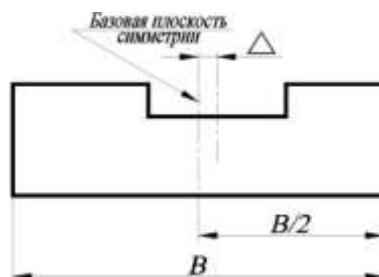


Рис.57. Базовая плоскость

Если база не задана, то номинальное положение рассматриваемых поверхностей определяется номинальными размерами между ними, а

реальное расположение тех же рассматриваемых элементов определяется действительными линейными или угловыми размерами.

Поле допуска расположения называют область, внутри которой должны находиться прилегающие плоскость или поверхность, ось, центр или плоскость симметрии рассматриваемого элемента в пределах нормируемого участка.

Отклонением расположения называют отклонение реального расположения поверхности, оси или профиля от номинального расположения без учета отклонения формы рассматриваемых и базовых поверхностей, прямых и профилей.

К основным видам отклонений расположения относятся:

- отклонения от параллельности и перпендикулярности плоскостей (рис.58);

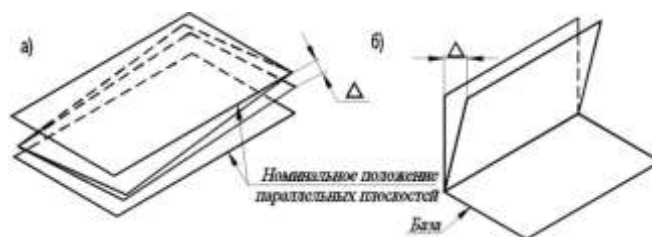


Рис.58. Отклонения расположения поверхностей: а) отклонение от параллельности осей в пространстве; б) отклонение от перпендикулярности;

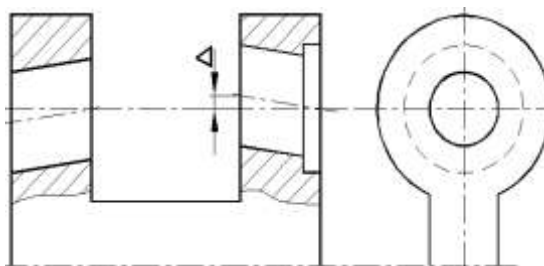


Рис.59. Отклонение от соосности относительно общей оси

- позиционное отклонение и позиционный допуск - условные названия отклонения и допуска на смещение оси (рис.59) или плоскости относительно номинального расположения;

- суммарное отклонение формы и расположения – отклонение, которое одновременно учитывает отклонения формы и расположения рассматриваемой реальной поверхности относительно заданных баз;

- радиальное биение поверхности вращения (рис.60) возникает в результате отклонений от круглости и соосности с указанной осью профиля проверяемого сечения.

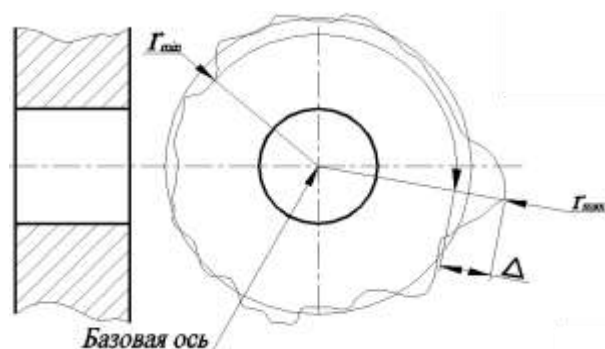


Рис.60. Радиальное биение

Полное радиальное биение цилиндрической поверхности появляется в результате отклонений проверяемой поверхности от цилиндричности и соосности с базовой осью.

- торцевое биение, равное разности наибольших и наименьших расстояний от точек реальной поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси, определяют в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра. Полное торцевое биение определяют аналогично, но в пределах всей торцевой поверхности.

- зависимый и независимый допуски расположения: зависимым называют переменный допуск расположения, который указывается на чертежах своим минимальным значением и может быть превышен на величину предельных отклонений вала или отверстия. Эти допуски назначают, если зазоры или натяги между деталями, сопрягаемые по нескольким поверхностям, должны находиться в заданных пределах. Независимым допуском называют допуск расположения формы постоянный для всех одноименных деталей и не зависящий от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Допуски формы и расположения поверхностей установлены ГОСТ 25069-81 [52] в 16-ти степенях точности (в порядке убывания).

4.2. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Для обеспечения работоспособности детали в процессе эксплуатации машины или механизма наряду с выполнением размеров детали по чертежу необходимо обеспечить при изготовлении требуемую форму её поверхностей (плоскость, цилиндр, конус и т.п.), а также правильное взаимное расположение поверхностей (параллельность, перпендикулярность, соосность и т.д.). Погрешности формы и расположения поверхностей возникают при механической обработке деталей вследствие упругих деформаций металлорежущего оборудования, инструмента и обрабатываемых деталей, неоднородности материала заготовок деталей и других причин.

Их величины необходимо ограничивать предельными отклонениями в тех случаях, когда эти погрешности нарушают условия нормальной работы детали. Если предельные отклонения формы и расположения поверхностей допустимы в пределах всего поля допуска на размер, то на чертеже их оговаривать не следует. Во всех других случаях предельные отклонения формы и расположения поверхностей должны быть указаны на чертежах

4.2.1. Условные обозначения отклонений формы и расположения поверхностей

Правила нанесения на чертежах допусков установлены в ГОСТ 2.308-79 [21].

Форма, какой либо поверхности, а также взаимное расположение поверхностей у изготовленной детали практически всегда имеют отклонения от того, что было предусмотрено на чертеже при разработке конструкции детали.

Допуски формы и расположения указывают на чертежах одним из двух способов: условными обозначениями или текстом в технических требованиях. Применение условных обозначений предпочтительнее.

Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями. Знаки разделяются на три группы:

-допуски формы; допуски расположения; допуски формы и расположения (суммарные).

Знаки первой и второй группы, применяемые для условного обозначения отклонений формы поверхности, приведены в таблице 32.

Таблица 32

**Условные обозначения отклонений формы и расположения
поверхности**

Наименование отклонения	Условное обозначение
Отклонение от прямолинейности	
Отклонение от плоскостности	
Отклонение от круглости	
Отклонение от цилиндричности	
Допуск профиля продольного сечения (относится к цилиндрической поверхности)	
Отклонение от параллельности	
Отклонение от перпендикулярности	
Отклонение от соосности	
Допуск наклона	
Допуск пересечения осей	
Отклонение от симметричности	
Позиционный	

Для условного обозначения суммарных допусков взаимного расположения поверхностей (третья группа) применяют знаки, указанные в таблице 33.

**Условные обозначения отклонений суммарных допусков
расположения поверхностей**

Полное наименование отклонения	Условное обозначение
Радиальное или торцевое биение; биение в заданном направлении	
Полное радиальное или торцевое биение	
Форма заданного профиля	
Форма заданной поверхности	

Текстовая часть должна включать:

- наименование допуска;
- указание поверхности или другого элемента, для которого задается допуск (для этого используют буквенное обозначение поверхности или конструктивное наименование, определяющее поверхность);
- числовое значение допуска в миллиметрах;
- для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения дополнительно указывают базы, относительно которых задается допуск, и оговаривают зависимые допуски расположения или формы.

Текст должен соответствовать терминологии и определениям ГОСТ 24642-81[49], например: "допуск профиля продольного сечения поверхности А 0,008 мм".

На рис.61 приведены размеры для вычерчивания условных знаков, обозначающих различные допуски на чертежах.

Допуск формы и расположения поверхностей допускается указывать текстом в технических требованиях, как правило, в том случае, если отсутствует знак вида допуска. При указании допуска формы и расположения поверхностей в технических требованиях текст должен содержать:

- вид допуска;
- указание поверхности или другого элемента, для которого задается допуск (для этого используют буквенное обозначение или конструктивное наименование, определяющее поверхность);
- числовое значение допуска в миллиметрах;
- указание баз, относительно которых задается допуск (для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения);
- указание о зависимых допусках формы или расположения (в соответствующих случаях).

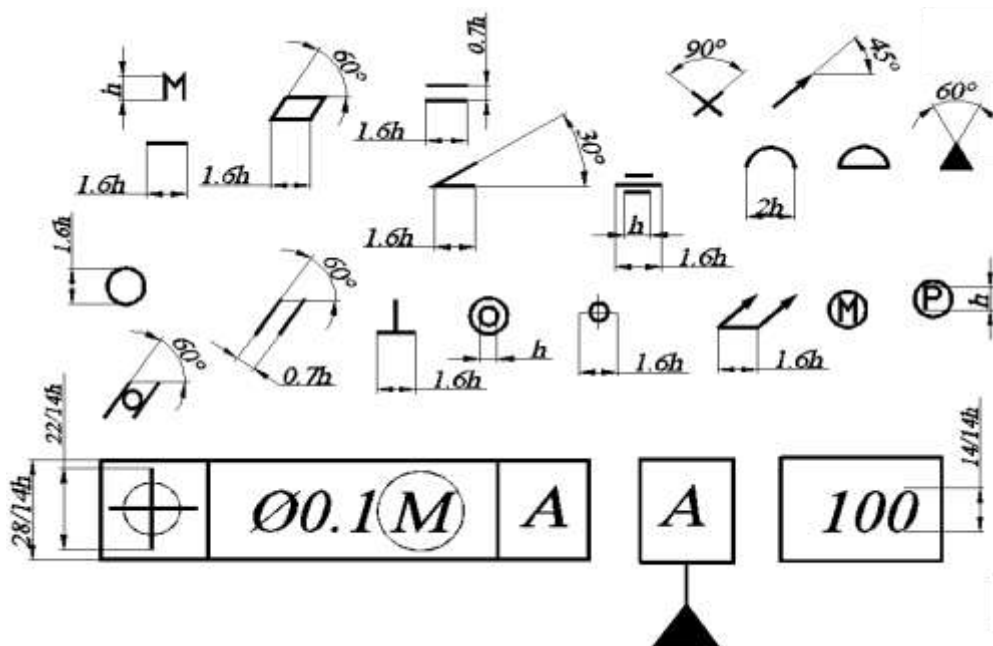


Рис.61. Условные знаки допусков формы и расположения поверхностей

4.2.2. Примеры указаний на чертежах отклонений формы и расположения поверхностей

При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более части, в которых помещают:

- знак допуска по таблице;
- числовое значение допуска в миллиметрах;
- буквенные обозначения баз (рис.62);

- буквенное обозначение поверхности, с которой связан допуск расположения.



Рис.62. Условные обозначения:
а - формы допуска прямолинейности;
б - параллельности относительно базовой поверхности Δ

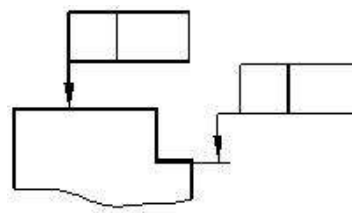


Рис.63. Обозначение формы допуска поверхности

Рамки следует выполнять сплошными тонкими линиями. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел. Рамку располагают горизонтально. В необходимых случаях допускается вертикальное расположение рамки. Не допускается пересекать рамку какими-либо линиями.

Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой (рис.63).

Соединительная линия может быть прямой или ломаной, но направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать направлению измерения отклонения. Соединительную линию отводят от рамки (рис.64).

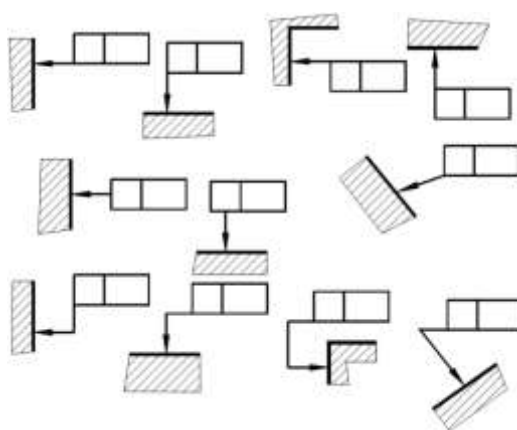


Рис.64. Обозначение формы поверхностей

В необходимых случаях допускается:

- проводить соединительную линию от второй (последней) части рамки;

- заканчивать соединительную линию стрелкой и со стороны материала детали.

Если допуск относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности или ее продолжением, при этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии.

Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии. При недостатке места стрелку размерной линии допускается совмещать со стрелкой соединительной линии (рис.65).

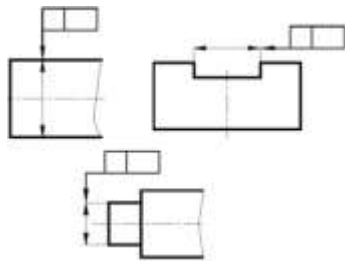


Рис.65. Обозначение допуска
при недостатке места на чертеже

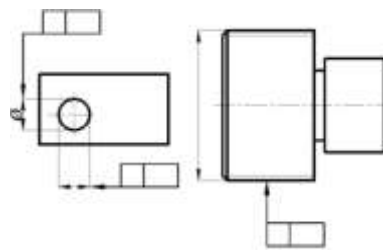


Рис.66. Обозначение допуска
при совмещении с размерной линией

Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения допуска формы и расположения, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения допуска формы или расположения (рис.65).

Если допуск относится к боковым сторонам резьбы, то рамку соединяют с изображением (рис.67), обозначение допуска, относящегося к резьбе, показано на рисунке 67.

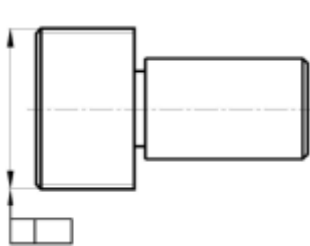


Рис.67. Обозначение допуска,
относящийся к резьбе

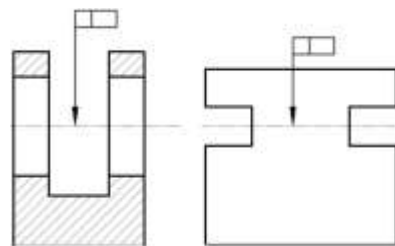


Рис.68. Обозначение допуска,
относящийся к общей оси

Если допуск относится к общей оси (плоскости симметрии) и из чертежа ясно, для каких поверхностей данная ось (плоскость симметрии) является общей, то рамку соединяют с осью (рис.68).

Перед числовым значением допуска следует указывать (рис.69):

- символ $\varnothing$, если круговое или цилиндрическое $\odot$, то поле допуска указывают его диаметром;
- символ R , если круговое или цилиндрическое, то поле допуска указывают радиусом;
- символ T , если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда поле позиционного допуска ограничено двумя параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении.



Рис.69. Обозначения допуска с указанием символов

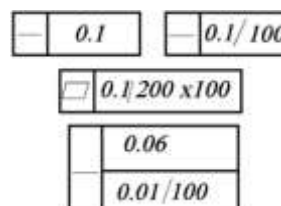


Рис.70. Обозначения допуска на всей длине поверхности или на заданной длине

Числовое значение допуска формы и расположения поверхностей, указанное в рамке, относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к любому участку поверхности заданной длины, то заданную длину указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной линией, которая не должна касаться рамки.

Если необходимо назначить допуск на всей длине поверхности и на заданной длине, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине (рис.70).

Если допуск должен относиться к участку, расположенному в определенном месте элемента, то этот участок обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами (рис.71).

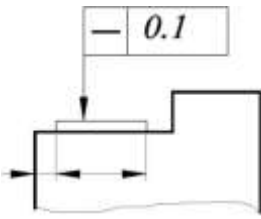


Рис. 71. Обозначение допуска, относящегося к участку, расположенному в определенном месте элемента детали

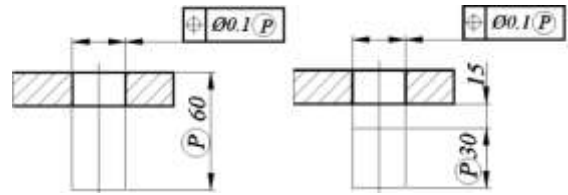


Рис.72. Обозначения допуска на контуре выступающей части нормируемого элемента

Если необходимо задать выступающее поле допуска расположения, то после числового значения допуска указывают символ $\textcircled{P}$. Контур выступающей части нормируемого элемента ограничивают тонкой сплошной линией, а длину и расположение выступающего поля допуска — размерами (рис.72).

Если для одного элемента необходимо задать два разных вида допуска, то допускается рамки объединять. Если для поверхности требуется указать одновременно условное обозначение допуска формы или расположения, а также буквенное обозначение, используемое для нормирования другого допуска, то рамки с обоими условными обозначениями допускается располагать рядом на соединительной линии (рис.73).

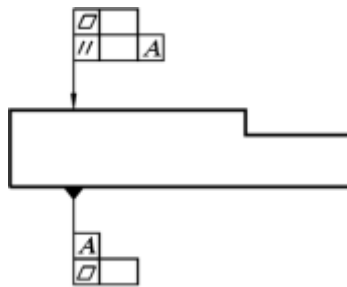


Рис.73. Обозначения допуска двух видов

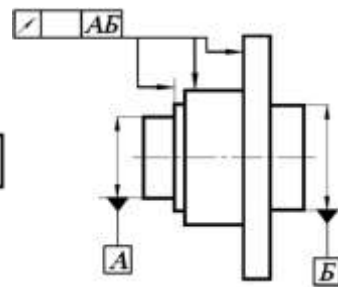


Рис.74. Обозначения одинаковых допусков

Повторяющиеся одинаковые или разные виды допусков, обозначаемые одним и тем же знаком, имеющие одинаковые числовые значения и относящиеся к одним и тем же базам, допускается указывать

один раз в рамке, от которой отходит одна соединительная линия, разветвляемая затем ко всем нормируемым элементам (рис.74).

Допуски формы и расположения симметрично расположенных элементов на симметричных деталях указывают один раз. Условные обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей приведены в таблице 34.

Таблица 34.

Условные обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Пояснение	Пример условного обозначения
СОЕДИНЕНИЕ РАМКИ С ИЗОБРАЖЕНИЕМ НОРМИРУЕМОГО ЭЛЕМЕНТА (С КОНТУРНОЙ ЛИНИЕЕЙ ЭЛЕМЕНТА ИЛИ С ВЫНОСНОЙ ЛИНИЕЕЙ, ПРОДОЛЖАЮЩЕЙ КОНТУРНУЮ)	
Соединительная линия может быть прямой или ломаной. Конец этой линии, заканчивающийся стрелкой, должен быть направлен по линии измерения отклонения (обычно по нормали к поверхности)	
Допускается начинать соединительную линию от второй (последней) части рамки и заканчивать ее на выносной линии со стороны материала детали	
Если допуск относится к поверхности или к ее профилю, а не к оси элемента, то стрелку располагают на некотором расстоянии от конца размерной линии	
Если допуск относится к оси или к плоскости симметрии элемента, то конец соединительной линии должен совпадать с продолжением размерной линии этого элемента	
Допуск относится к общей оси или плоскости симметрии двух элементов, и из чертежа ясно, для каких элементов данная ось является общей	
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗНАКИ ПЕРЕД ЧИСЛОВЫМ ЗНАЧЕНИЕМ ДОПУСКА	
При указании кругового или цилиндрического поля допуска его диаметром	
При указании кругового или цилиндрического поля допуска его радиусом	
Для допуска симметричности, пересечения осей, формы заданной поверхности или заданного профиля, позиционного допуска в диаметральном выражении. Символ Т означает, что указывается полная ширина соответствующего поля допуска	
Те же виды допусков, что и в предыдущем случае, но в радиусном выражении. Символ Т/2 означает, что указывается половина ширины соответствующего поля допуска	

При указании поля допуска, ограниченного сферой	
УКАЗАНИЕ НОРМИРУЕМОГО УЧАСТКА	
Допуск относится ко всей поверхности (длине элемента)	
Допуск относится к любому участку поверхности (элемента), имеющему заданную длину или площадь	
Допуск относится к нормируемому участку, расположенному в определенном месте (участок обозначают штрихпунктирной линией и указывают размерами)	
Знак базы - зачерненный равнобедренный треугольник с высотой, равной размеру шрифта размерных чисел	
Если соединение рамки, содержащей обозначение допуска, с базой затруднительно, то базу обозначают прописной буквой и эту букву вписывают в третье поле рамки допуска	
Базой является ось элемента	
Базой является общая ось элементов	
УКАЗАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
Несколько элементов образуют одну базу (например, общую ось), и их последовательность не имеет значения. Указывают в одном поле рамки	
ОДИНАКОВЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К РАЗНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ	
Повторяющиеся допуски, обозначаемые одним и тем же условным знаком и имеющие одно и то же числовое значение	

4.3. Примеры обозначения баз

Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии с рамкой. Треугольник, обозначающий

базу, должен быть равносторонним, высотой приблизительно равной размеру шрифта размерных чисел.

Если базой является поверхность или ее профиль, то основание треугольника располагают на контурной линии поверхности или на ее продолжении. При этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (рис.75).

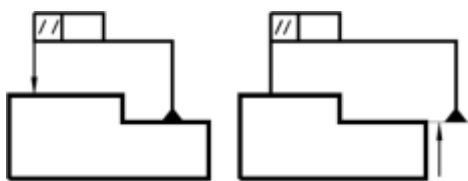


Рис.75. Обозначение базы правильное (левое) и неправильное (правое)

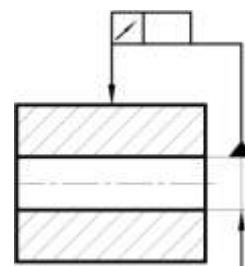


Рис.76. Обозначение базы при совмещении с размерной линией

В случае недостатка места стрелку размерной линии допускается заменять треугольником, обозначающим базу (рис.76).

Если базой является ось центровых отверстий, то рядом с обозначением базовой оси делают надпись «Ось центров» (рис.77).

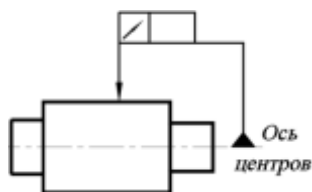


Рис.77. Обозначение базы оси центров отверстий

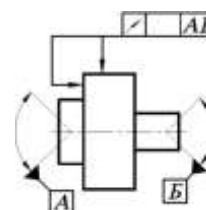


Рис.78. Возможный вариант указания базы центровых отверстий

Допускается обозначать базовую ось центровых отверстий, как показано на рисунке 78.

Если базой является определенная часть элемента, то ее обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами. Если базой является определенное место элемента; то оно должно быть определено размерами (рис.79).

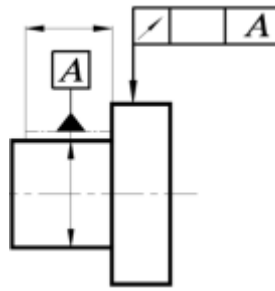
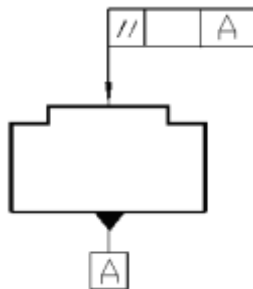
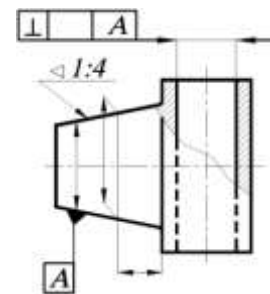


Рис.79. Пример обозначения базы

Если нет необходимости выделять как базу ни одну из поверхностей, то треугольник заменяют стрелкой.

Если соединение рамки с базой или другой поверхностью, к которой относится отклонение расположения, затруднительно, то поверхность обозначают прописной буквой, вписываемой в третью часть рамки. Эту же букву вписывают в рамку, которую соединяют с обозначаемой поверхностью линией, заканчивающейся треугольником, если обозначают базу. При этом букву следует располагать параллельно основной надписи (рис.80).

Рис.80. Обозначение поверхности
базы буквойРис.81. Использование размерной
линии для указания базы

Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения базы, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения базы (рис.81).

Если два или несколько элементов образуют объединенную базу и их последовательность не имеет значения (например, они имеют общую ось или плоскость симметрии), то каждый элемент обозначают самостоятельно и все буквы вписывают подряд в третью часть рамки (рис.82).

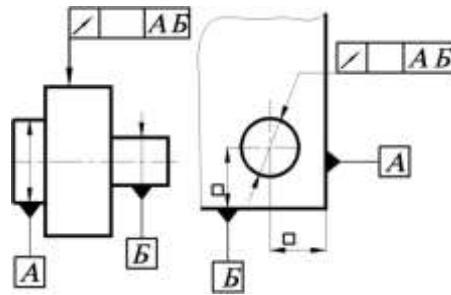


Рис. 82. Обозначение объединенной базы

Если необходимо задать допуск расположения относительно комплекта баз, то буквенные обозначения баз указывают в самостоятельных частях (третьей и далее) рамки. В этом случае базы записывают в порядке убывания числа степеней свободы, лишаемых ими.

Линейные и угловые размеры, определяющие номинальное расположение и (или) номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, при назначении позиционного допуска, допуска наклона, допуска формы заданной поверхности или заданного профиля, указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки (рис.83).

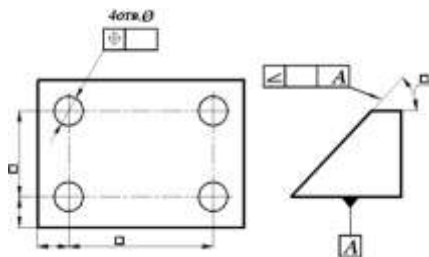


Рис.83. Обозначения линейных и угловых размеров

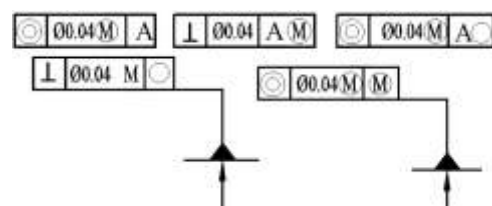


Рис.84. Обозначение зависимого допуска

Зависимые допуски формы и расположения обозначают условным знаком, который помещают:

- после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента;

- после, буквенного обозначения базы или без буквенного обозначения в третьей части рамки, если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента;

- после числового значения допуска и буквенного обозначения базы или без буквенного обозначения, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов (рис.84).

Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым. Примеры указания, классификация и схемы измерений даны в приложении 2.

5. Нанесение и указание точности обработки поверхностей

5.1. Общие сведения о шероховатости поверхностей

5.1.1. Основные понятия о шероховатости поверхностей

Шероховатостью поверхности, согласно ГОСТ 25142–82 [53], называется совокупность микронеровностей на поверхности детали с относительно малыми шагами, измеренная на базовой длине l .

Реальная поверхность состоит из беспорядочно расположенных небольших выступов и впадин, которые образуются при механической обработке деталей вследствие образования стружки, копирования неровностей режущих кромок инструмента и трения его о деталь, вырывания с поверхности частиц материала и других причин.

Представление о реальном профиле шероховатой поверхности дает профилограмма, получаемая на профилографах различного типа в результате "ощупывания" исследуемой поверхности алмазной иглой либо путем фотографирования ее на специальном микроскопе (рис. 85).

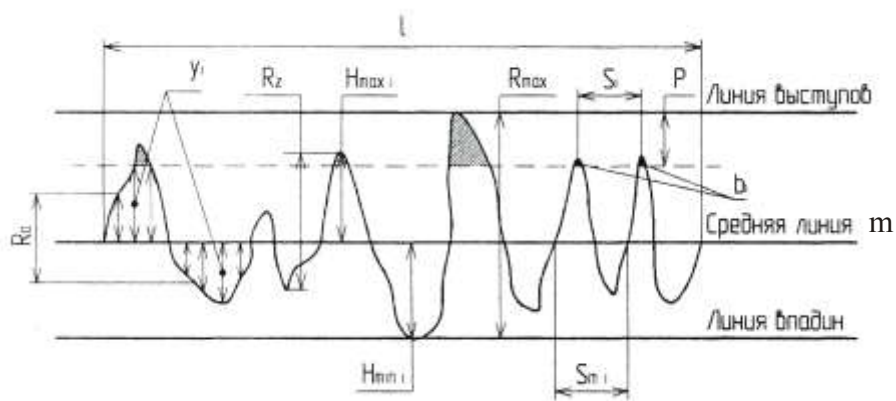


Рис. 85. Профилограмма шероховатости поверхности детали

Средняя линия профиля m – это базовая линия, имеющая форму номинального профиля. На профилограмме она приблизительно определяется по равенству сумм площадей вершин и впадин контура поверхности.

Средняя линия служит базой для определения числовых значений параметров шероховатости.

5.1.2. Нормирование шероховатости поверхностей

Для количественной оценки шероховатости независимо от материала и способа получения поверхности стандартом ГОСТ 2789-73[35] предусмотрено семь параметров.

1. Среднее арифметическое отклонение профиля R_a является предпочтительным для простановки на чертежах и приближенно вычисляется по следующей формуле:

$$R_a \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (7)$$

где n – количество измерений; y_i , – расстояние между любой точкой профиля и средней линией, измеренное на профилографе или профилометре.

2. Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z – сумма средних абсолютных значений высот пяти выступов $H_{\max i}$; и глубин пяти впадин $H_{\min i}$, профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \left(\sum_{i=1}^5 |H_{\max i}| + \sum_{i=1}^5 |H_{\min i}| \right). \quad (8)$$

Между параметрами R_a и R_z имеется следующая зависимость:

$$R_z \approx 4 \cdot R_a.$$

3. Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\max}$ принимается равной $R_{\max} \approx R_{z\max}$.

4. Средний шаг неровностей профиля S_m измеряется по средней линии между одноименными сторонами профиля S_{mi}

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_{mi}. \quad (9)$$

5. Средний шаг местных выступов S определяется между двумя соседними вершинами или впадинами профиля S_{mi}

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i. \quad (10)$$

6. Опорная длина профиля η_p – сумма длин отрезков отсекаемых на заданном уровне сечения профиля p

$$\eta_p = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n b_i. \quad (11)$$

Значение уровня сечения p отсчитывается по линии выступов и выбирается из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % от $R_{\max}$.

Линия выступов проходит через высшую точку профиля в пределах базовой длины, а линия впадин – соответственно через его низшую точку.

7. Относительная опорная длина профиля t_p – это отношение опорной длины профиля к базовой длине

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} \cdot 100\%. \quad (12)$$

5.2. Обозначение шероховатостей поверхностей деталей

С учетом изменения №3 принятого Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 21 от 28.05.2002).

Стандарт ГОСТ 2789-73 [35] устанавливает обозначения шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий (рис.86).

Стандарт полностью соответствует стандарту ИСО 1302.

При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.



Рис.86. Структура обозначения шероховатости поверхности

В обозначении шероховатости поверхности применяют определенные обозначения.

Высота h должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота H равна $(1.5...3) h$ (рис.87).

Толщина линии знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже (рис.88, обозначение шероховатости поверхности без указания способа обработки).

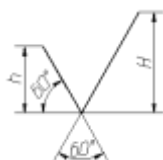


Рис.87. Размеры знака
поверхности



Рис.88. Обозначение
без указания способа обработки

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала, например, точением,

фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением применяют знак, представленный на рис.89.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, например, литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. п., применяют знак, указанный на рис.90.

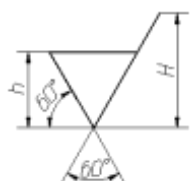


Рис.89. Знак шероховатости с указанием способа удаления слоя материала



Рис.90. Знак шероховатости без удаления слоя материала

Состояние поверхности, обозначенной таким знаком, должно удовлетворять требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями, причем на этот документ должна быть дана ссылка в виде указания сортамента материала в графе 3 основной надписи чертежа по ГОСТ 2.104—68 [17].

5.2.1. Указание параметров шероховатостей

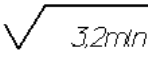
Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789—73 [35] указывают в обозначении шероховатости и приведены в таблице 35:

- для параметра R_a — без символа, например, 0,54
- для остальных параметров — после соответствующего символа.

Примечание. В примере $t_{50} 70$ указана относительная опорная длина профиля $t_p = 70 \%$ при уровне сечения профиля $p = 50 \%$,

Таблица 35

При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений например:	
---	--

При указании наименьшего значения параметра шероховатости после обозначения параметра следует указывать «min», например:	 
--	---

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке:

- параметр высоты неровностей профиля;
- параметр шага неровностей профиля;
- относительная опорная длина профиля.

Базовую длину в обозначении шероховатости поверхности не указывают, если требования к шероховатости нормируют указанием параметра R_a или R_z , и определение параметра должно производиться в пределах базовой длины, соответствующей значению параметра в таблице ГОСТ 2789—73 [35], содержащей характеристики классов шероховатости.

При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности в обозначении шероховатости приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

R_a	0,8	R_z	0,10	R_{max}	0,80	t_{50}	70
	0,4		0,05		0,32		50

В верхней строке приводят значение параметра, соответствующее более грубой шероховатости.

При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789-73 [35].

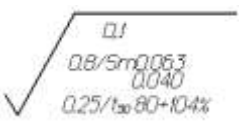
Значение параметра шероховатости указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа, например: R_a 0.4, R_{max} 6.3; Sm 0.63; t_{50} 70; S 0.032; R_z 50.

Примечание. В примере t_{50} 70 указана относительная опорная длина профиля $t_p = 70 \%$ при уровне сечения профиля $p = 50 \%$,

Например:

Ra 1 + 20 %; Rz 100 – 10 % ; Sm 0,63 + 20 %; t_{50} 70 $\pm$ 40 % и т. п.

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующей последовательности:

параметр высоты неровностей профиля,	
параметр шага неровностей профиля,	
относительная опорная длина профиля.	

При нормировании требований к шероховатости поверхности параметрами Ra , Rz , R_{max} базовую длину в обозначении шероховатости не приводят, если она соответствует указанной в приложении 1 ГОСТ 2789-73 [35] для выбранного значения параметра шероховатости.

5.2.2. Нанесение на чертежах обозначений обработки поверхностей

Условные обозначения направления неровностей должны соответствовать определенным обозначениям (рис.91). Условные обозначения направления неровностей приводят на чертеже при необходимости.

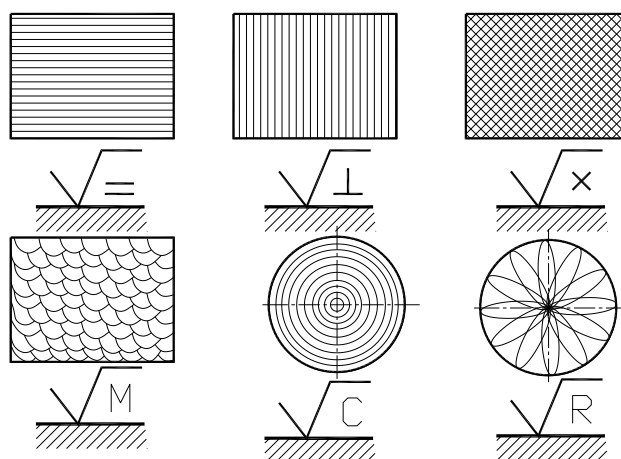


Рис.91. Обозначения направления неровностей:

= - параллельное, $\perp$ - перпендикулярное,
 X - пересекающиеся, M - хаотичное,
 C – круговое, R- радиальное

Высота знака условного обозначения направления неровностей должна быть приблизительно равна h . Толщина линий знака должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии. В случаях, когда он является единственным применимым для получения требуемого качества поверхности.

Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа. В упрощенном обозначении используют знак $\sqrt{\text{ }}$ и строчные буквы русского алфавита в алфавитном порядке, без повторений и, как правило, без пропусков.

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. Допускается при недостатке места располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию.

На линии невидимого контура допускается наносить обозначение шероховатости только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.

Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа определенным образом (рис.92).

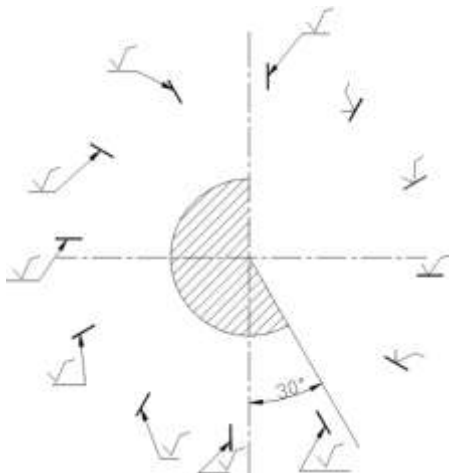


Рис. 92. Направление знака,

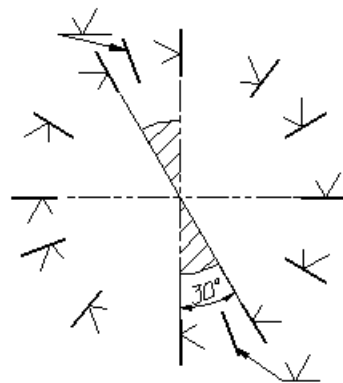


Рис.93. Направление знака,

имеющего полку

не имеющего полку

Обозначение шероховатости поверхности знаком без полки относительно основной надписи показано на рисунке 93.

При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения по возможности ближе к размеру (рис. 94).

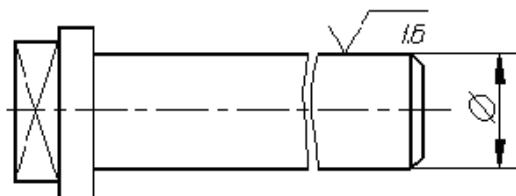


Рис. 94. Обозначение шероховатости изделия с разрывом

При одинаковой шероховатости поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в верхнем углу чертежа и на изображении не наносят. Размеры и толщина линий знака в этом случае приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, наносимых на изображении (рис.95).

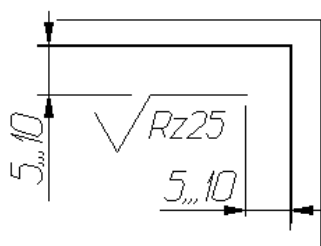


Рис.95. Обозначения при одинаковой шероховатости

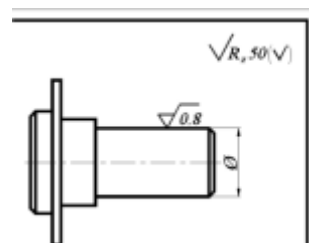


Рис.96. Обозначения шероховатости, одинаковой для части поверхности

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, можно помещать в правом верхнем углу чертежа с обозначением в скобках определенного знака. Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением в скобках (рис.96).

Указание шероховатости, когда большая часть поверхностей, не обрабатывается по данному чертежу, показана ниже (рис.97).

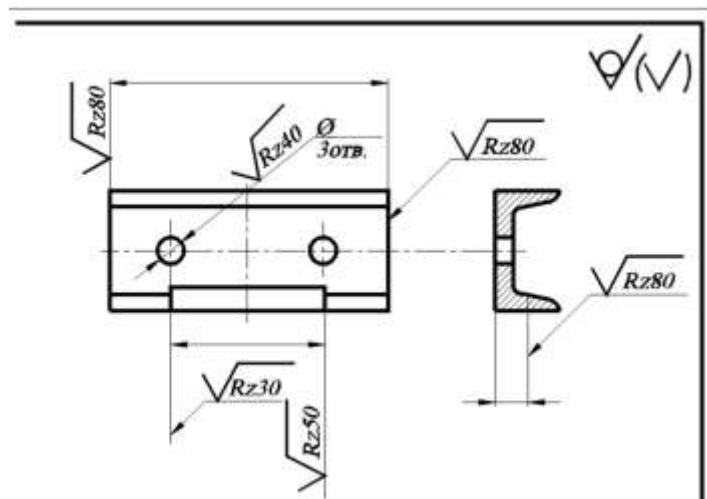


Рис. 97. Указание шероховатости, когда большая часть поверхностей не обрабатывается

Размеры знака, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображениях. Обозначения шероховатостей поверхностей повторяющихся элементов изделия, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз независимо от числа изображений. Обозначения шероховатости симметрично расположенных элементов симметричных изделий наносят один раз.

Участки с различной шероховатостью одной поверхности разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (рис.98).

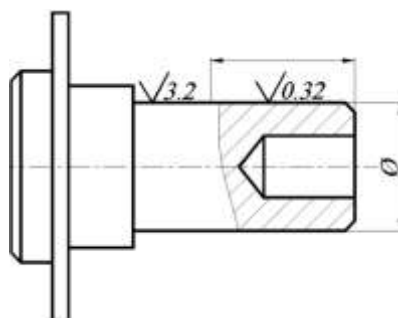


Рис.98. Обозначение участка с различной шероховатостью одной поверхности

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т. п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности, а для

глобоидных червяков и сопряженных для них колес – на линии расчетной окружности (рис.99).

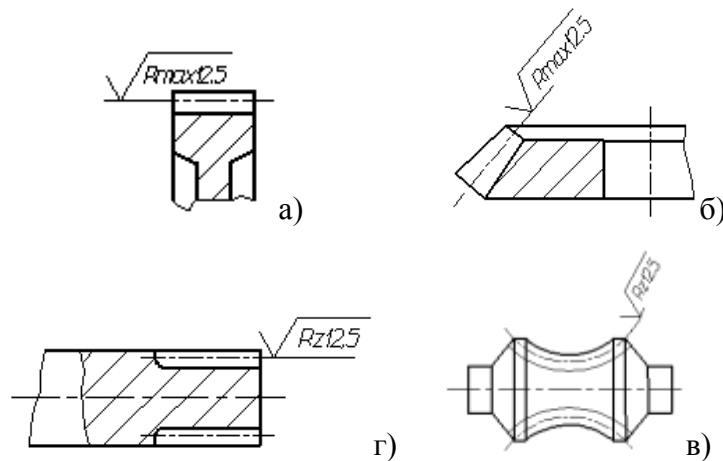


Рис.99. Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес (а, б, в) и шлицев (г)

Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля или условно на выносной линии для указания размера резьбы (рис.100).

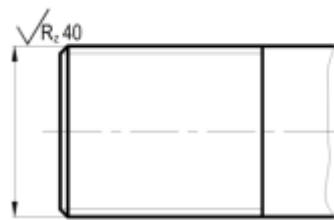


Рис.100. Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы



Рис.101. Обозначение шероховатости профиля резьбы

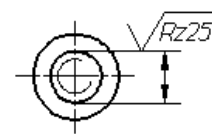


Рис.102. Пример обозначения шероховатости наружной резьбы

Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля (рис.101) или условно на выносной линии для указания размера резьбы (рис.102, 103, 104, 105), на размерной линии или на ее продолжении (рис. 106).



Рис.103. Пример

обозначения шероховатости наружной

резьбы



Рис.105. Пример

обозначения шероховатости
внутренней конической резьбы



Рис.104. Пример

обозначения шероховатости внутренней

резьбы



Рис.106. Пример обозначения шероховатости
внутренней резьбы

Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят один раз в соответствии с рис.107.

Диаметр вспомогательного знака $\circ$ 4...5мм.

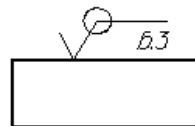


Рис.107. Обозначение одинаковой шероховатости поверхностей, образующих замкнутый контур

В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак $\circ$ не приводят (рис.108).

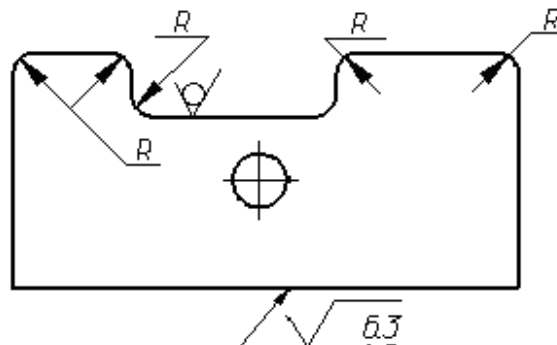


Рис.108. Пример обозначения шероховатости поверхности, плавно переходящей одна в другую.

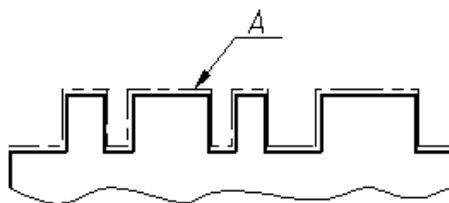


Рис.109. Пример обозначения поверхности сложной формы, имеющей одинаковую шероховатость

Обозначение одинаковой шероховатости поверхности сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например: «шероховатость поверхности $A - \sqrt{16}$ ». При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведенной от утолщенной штрихпунктирной линии, которой обводят поверхность на расстоянии 0,8...1 мм от линии контура (рис.109).

5.2.3. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки

На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, согласно ГОСТ 2.310-68 [60], следует наносить полученные в результате обработки показатели свойств материала, например: твердость (HB, HRC, HV и т.п.), глубину термообработки h и др.

Глубину термообработки и твердость указывают предельными значениями, например: "Цементировать: h 0,7-0,9 мм"; "HRC 40-46".

Если все изделие подвергается одному виду обработки, то в технических условиях достаточно записать: "Цементировать: h 0,7-0,9 мм, HRC 55-60" и т.п.

Если обработке подвергают отдельные участки изделия, показатели свойств материала и (при необходимости) способ получения этих свойств следует указывать на полках линий-выносок. При этом участки изделия, подвергаемые обработке, должны быть отмечены утолщенной

штрихпунктирной линией, проводимой на расстоянии 0,8-1 мм от них, с указанием размеров, определяющих поверхности.

5.2.4. Указание технических требований и технических характеристик на чертежах

Технические требования и технические характеристики (с заголовками) помещают на свободном поле чертежа над основной надписью в виде текстовой части. В случае недостатка места их продолжают слева от основной надписи. Текст записывают сверху вниз.

Пункты технических требований и технических характеристик должны иметь самостоятельную нумерацию. Каждый пункт записывают с новой строки, причем строки должны быть длиной не более 185 мм. При выполнении чертежа на двух и более листах технические требования и технические характеристики помещают только на первом листе.

Технические требования на чертеже детали следует приводить в соответствии с ГОСТ 2.316-68 [61].

Заголовок «Технические требования» не пишут в том случае, если на чертеже помещены только технические требования.

Технические требования излагают в следующем порядке:

1. Требования к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали; указания материалов-заменителей.
2. Размеры (размеры для справок, формовочные и штамповые уклоны, радиусы, размеры фасок и т.п.).
3. Предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей (не указанные на чертеже).
4. Допуски формы и расположения, на которые в ГОСТ 2.308-79 [21] нет условных графических знаков.
5. Требования к качеству поверхностей (отделке, покрытию).
6. Указания о маркировании и клеймении.
7. Особые условия эксплуатации.

8. Ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенное на чертеже.

Указанная последовательность является рекомендуемой и при необходимости может быть изменена.

Технические требования для чертежей сборочных единиц должны включать:

1. Требования, определяющие качество и точность изготовления.
2. Требования к точности монтажа (допускаемые радиальные, угловые и осевые смещения валов, зазоры и т.п.).
3. Правила транспортирования и хранения.
4. Требования по эксплуатации.

Технические характеристики следует помещать отдельно от технических требований под заголовком «Технические характеристики». При этом над техническими требованиями поместить заголовок «Технические требования».

Оба заголовка не подчеркивают.

6. Стандарты ЕСКД для САПР

В проектно-конструкторской документации применяют следующие способы изображения: полное, упрощенное и условное.

Полное изображение - масштабное изображение конфигурации предмета в определенных проекциях с установленными упрощениями, необходимыми для полного геометрического строения предмета. На полном изображении должны быть однозначно представлены принцип конструкции и ее конфигурация.

Упрощенное изображение - масштабное изображение конфигурации предмета, определяющее функцию. Остальное геометрическое строение не изображают. При необходимости функциональное назначение предмета может быть показано символами.

Условные графические обозначения применяют на чертежах для пояснения функционального назначения предмета. Обозначения рекомендуется строить из простых геометрических элементов: прямоугольников, треугольников, квадратов, окружностей. В основу условных обозначений положен функциональный принцип. При необходимости функцию поясняют квалифицирующими символами и алфавитно-цифровыми знаками.

При автоматизированном проектировании предпочтительно применять упрощенные изображения и условные графические обозначения.

К выводным устройствам компьютера, на которых получают твердые копии проектных решений, относятся автоматические цифровые печатающие устройства (АЦПУ), графопостроители, плоттеры и принтеры.

Правила выполнения конструкторских документов на печатающих и графических устройствах вывода компьютера устанавливает ГОСТ 2.004-79 [16].

Стандарт устанавливает форматы документов, основные надписи, типы линий, получаемых на АЦПУ, масштабы, шрифты, типы линий для изображений, вычерчиваемых на графопостроителях и плоттерах.

В тех случаях, когда процесс проектирования сопровождается большим потоком документации, много раз корректируется и меняется, применяют в виде регистрирующего органа быстродействующие АЦПУ. Они рекомендуются для вывода, текстовой и графической документации.

Изображение, построенное из набора знаков АЦПУ, обладает "дискретной метрикой", т. е. все размеры изображений по горизонтали и вертикали можно измерить числом печатных позиций при определенных шаге печати и интервалах между строками.

В ряде стандартов ЕСКД приведены условные графические обозначения для схем, которые выполняются на печатающих устройствах компьютера. Например, в ГОСТ 2.751-73* [31] даны основные формы

линий электрической связи, в ГОСТ 2.728-74* [30] (СТ СЭВ 863-78, СТ СЭВ 864-78) - условные графические обозначения резисторов и конденсаторов и т. д.

По ГОСТ 2.004-79 [16] для изображений, получаемых на графопостроителях, применяют масштабы, установленные в ГОСТ 2.302-68*[19] (СТ СЭВ 1180-78), а также масштабы n : 1 и $1 : n$, где n - целое число.

Линии контура выполняют толщиной $s = 0,5 - 1,0$ мм, тонкие линии (сплошные, штриховые, штрихпунктирные и т. д.) - толщиной $s/3$ или $s/2$. В штрихпунктирной линии точки заменяют штрихами длиной 1-2 мм. Линию обрыва изображают тонкой линией с изломами.

Шрифт для надписей без наклона выполняют на сетке с квадратными ячейками. Высота строчных букв - 8 строк сетки.

Работа графопостроителей определяется следующими показателями: производительностью, точностью изображения и разрешающей способностью. Производительность характеризуется линейной скоростью перемещения регистрирующего органа и измеряется в мм/с. Точность изображения определяется отклонением координат фактически вычерченного контура от координат, рассчитанных компьютером, и характеризуется абсолютной и относительной погрешностью (ошибкой вычерчивания на единицу длины). Разрешающая способность характеризует возможность устройства вычерчивать две близко расположенные линии, не сливая их в одну.

Геометрические формы следует конструировать преимущественно из линейных отрезков и дуг окружностей. Любая линия произвольной формы изображения требует создания специальной программы воспроизведения, которая занимает дополнительное время.

Для получения чертежей и схем на графопостроителях требуется сократить избыточную информацию изображений, определить геометрическую информацию, необходимую для точного описания

объектов, установить метрическую и геометрическую определенность каждого изображения и всех его элементов. Должны быть известны координаты начала и конца каждого отрезка (относительно принятого на чертеже нуля), начало, конец, центр каждой дуги, уравнения лекальных кривых и т. д. Зачерненные области должны быть исключены или заменены штриховкой. Не рекомендуется применять пересекающиеся линии с углом наклона 15° и менее, так как в этом случае при вычерчивании происходит заливка угла. Необходимо упростить условные обозначения с мелкой графической детализацией. Таким образом, должны быть достигнуты простота и конкретность графических образов с точки зрения программирования. Однако наряду с графической несложностью изображений, в условных обозначениях должна быть однозначность опознавания и хорошая различаемость.

Ряд стандартов ЕСКД переработан с учетом требований автоматизированного проектирования: стандарты на условные графические обозначения в схемах, например ГОСТ 2.788-74 [32] - ГОСТ 2.792-74 [33]; стандарты на упрощенные изображения, например ГОСТ 2.315-68* [23] (СТ СЭВ 1978-79), ГОСТ 2.420-69* [29], стандарты на упрощенное нанесение размеров отверстий - ГОСТ 2.318-81 [24] (СТ СЭВ 1977-79) и др.

Библиографический список

1. Быков В. В., Шамарин Ю. А. Контроль нормируемой точности деталей машин.- М: ГОУ ВПО МГУЛ, 2004, с.101.
2. Быков В. В., Шамарин Ю. А. Тесовский А. Ю. Контроль нормируемой точности деталей машин.- М: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005, с.130.
3. Ганевский Г.М., Гольдин И. Н. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении.- М.: Высшая школа, 1993, с.288.

4. Дудников А. А. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения.- М.: Агропромиздат, 1989, с. 176.
5. Иванов А. Г. Измерительные приборы в машиностроении.- М.6 Издательство стандартов, 1983, с.165.
6. Козловский Н. С., Виноградов А. Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения.- М: Машиностроение, 1982, с.288.
7. Козловский Н. С., Ключников В. М. Сборник примеров и задач по курсу «Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения».- М.: Машиностроение, 1983, с.304.
8. Марков Н. Н. Нормирование точности в машиностроении.- М.: Издательство «Станкин», 1992, с.308.
9. Марков Н. Н. Взаимозаменяемость и технические измерения.- М.: Издательство стандартов, 1983, с.178.
10. Марков Н. Н., Ганевский Г. М. Конструкция. Расчет и эксплуатация измерительных приборов и инструментов. – М.: Машиностроение, 1991, с.218.
11. Мягков В. Д., Палей М. А. и др. Допуски и посадки. Справочник. 1 и 2 том. – Л.: Машиностроение, 1983, 1т. – с.264, 2тт – с. 208.
12. Тюрин Н. И. Введение в метрологию. – М.: Издательство стандартов, 1989, с. 208.
14. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1987, с. 350.
15. ГОСТ 2.001 -93 Единая Система Конструкторской Документации. Общие положения.
16. ГОСТ 2.004-88 Единая Система Конструкторской Документации. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.
17. ГОСТ 2.104-68 Основные надписи.

18. ГОСТ 2.114-95 Единая Система Конструкторской Документации. Технические условия.
19. ГОСТ 2.302-68 Единая Система Конструкторской Документации. Масштабы.
20. ГОСТ 2.307 – 68 Единая Система Конструкторской Документации. Нанесение размеров и предельных отклонений.
21. ГОСТ 2.308 – 79 Единая Система Конструкторской Документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
22. ГОСТ 2.309 – 73 Единая Система Конструкторской Документации. Шероховатость поверхности. Параметры шероховатости.
23. ГОСТ 2.315-68 Единая Система Конструкторской Документации. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей
24. ГОСТ 2.318-81 Единая Система Конструкторской Документации. Правила упрощенного нанесения размеров отверстий.
25. ГОСТ 2.320-82 Единая Система Конструкторской Документации. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов.
26. ГОСТ 2.414-75 Единая Система Конструкторской Документации. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов.
27. ГОСТ 2.417-91 Единая Система Конструкторской Документации. Платы печатные. Правила выполнения чертежей.
28. ГОСТ 2.419-68 Единая Система Конструкторской Документации. Правила выполнения документации при плазовом методе производства.
29. ГОСТ 2.420-69 Единая Система Конструкторской Документации. Упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах
30. ГОСТ 2.728-74 Единая Система Конструкторской Документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
31. ГОСТ 2.751-73 Единая Система Конструкторской Документации. Обозначения условные графические в схемах. Электрические связи, провода, кабели и шины.

32. ГОСТ 2.788-74 Единая Система Конструкторской Документации. Обозначения условные графические. Аппараты выварные.
33. ГОСТ 2.792-74 Единая Система Конструкторской Документации. Обозначения условные графические. Аппараты сушильные.
34. ГОСТ 1139-80 Соединения шлицевые прямобоочные.
35. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
36. ГОСТ 3325-85 Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки.
37. ГОСТ 4608-81 Резьба метрическая. Посадки с натягом.
38. ГОСТ 6033-80 Соединения шлицевые эвольвентные.
39. ГОСТ 6636-69 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры.
40. ГОСТ 8032-84 Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.
41. ГОСТ 8980-81 Нормальные углы и допуски углов.
42. ГОСТ 9562-81 Резьба трапецеидальная однозаходная. Допуски.
43. ГОСТ 10356-63 Отклонения формы и расположения поверхностей.
44. ГОСТ 12080-72 Концы валов цилиндрические.
45. ГОСТ 12081-72 Концы валов конические.
46. ГОСТ 14140-81 Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей.
47. ГОСТ 16093-2004 Резьба метрическая. Посадки с зазором.
48. ГОСТ 23360-78 Соединения шпоночные с призматическими шпонками.
49. ГОСТ 24642-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.
50. ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.
51. ГОСТ 24834-81 Резьба метрическая. Переходные посадки.

52. ГОСТ 25069-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей.

53. ГОСТ 25142-82 Шероховатость поверхности термины и определения.

54. ГОСТ 25307-82 Система допусков и посадок конических соединений.

55. ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.

56. ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.

57. ГОСТ 25349-88 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков деталей из пластмасс.

58. ГОСТ 25670-83 Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками.

59. ГОСТ 30893.1-2002 Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.

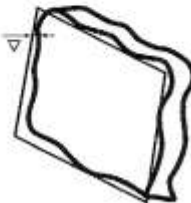
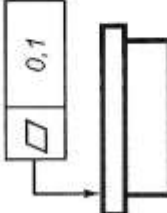
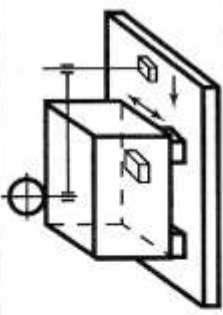
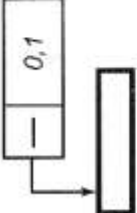
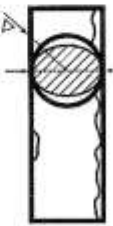
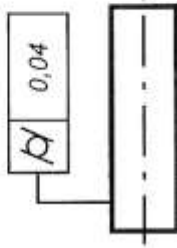
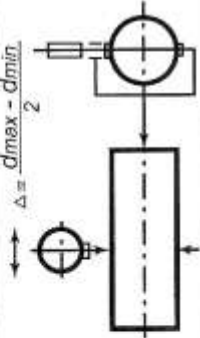
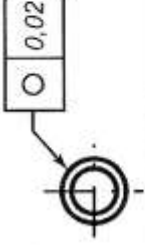
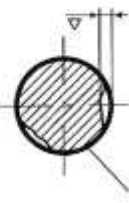
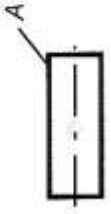
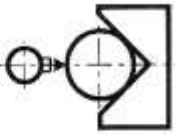
60. ГОСТ 2.310 – 68 Единая Система Конструкторской Документации. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.

61. ГОСТ 2.316 – 68 Единая Система Конструкторской Документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

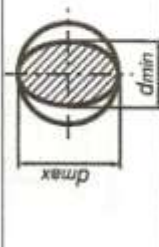
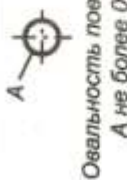
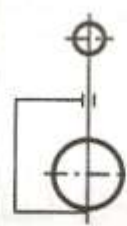
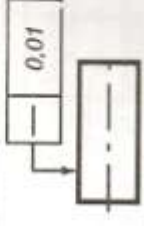
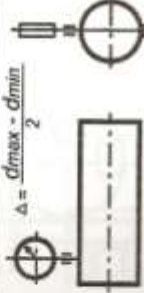
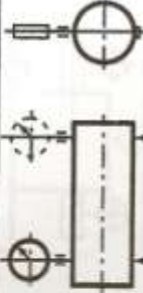
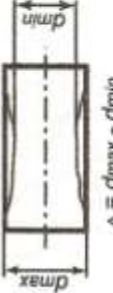
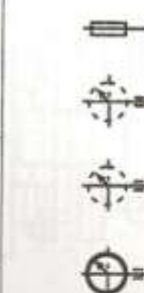
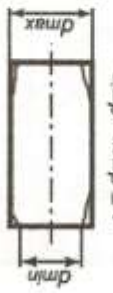


Приложение 2

Классификация отклонений формы поверхностей, примеры указания на чертежах и схемы измерений

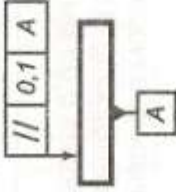
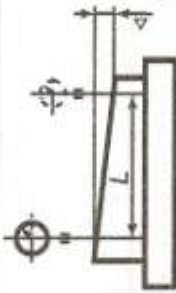
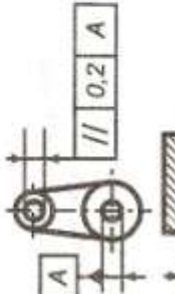
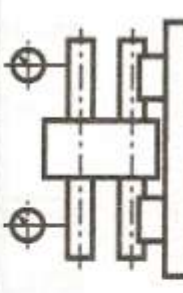
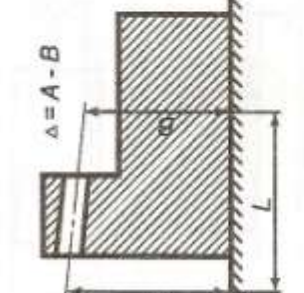
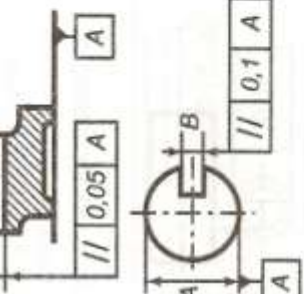
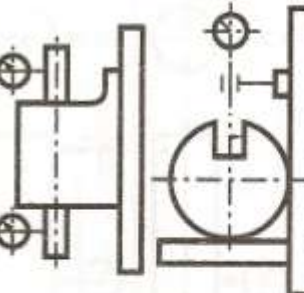
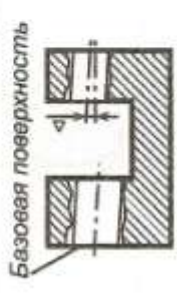
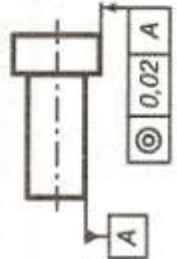
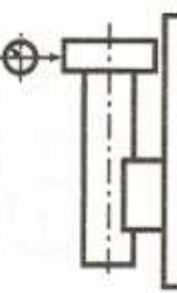
	отклонение от плоскостности		
	отклонение от прямолинейности		
	отклонение от цилиндричности		
	отклонение от круглости		
	частный вид отклонение от круглости огранка	 Огранка поверхности А не более 0,01 мм	

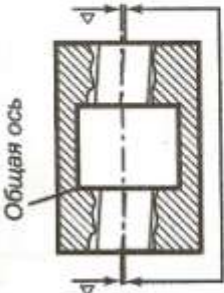
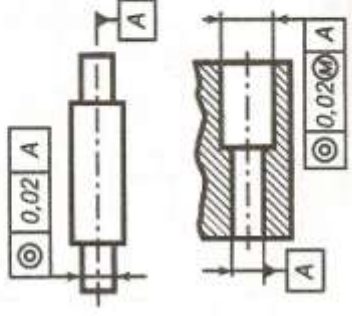
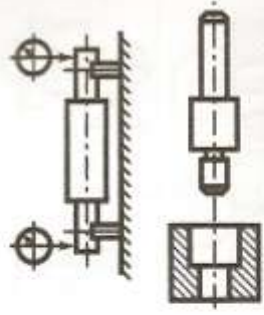
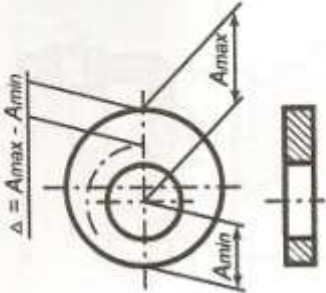
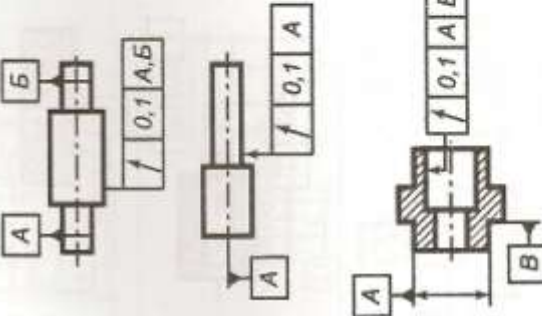
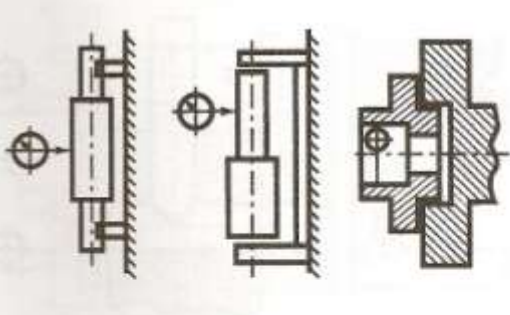
продолжение приложения 2.

	частный вид отклонение от круглости овальность	 Овальность поверхности A не более 0,05 мм	
 Прилегающий профиль	отклонение от прямолинейности образующей цилиндра	 $\Delta = \frac{d_{max} - d_{min}}{2}$	
 $\Delta = d_{max} - d_{min}$	частный вид отклонение от прямолинейности образующей цилиндра конусность	Конусообразность поверхности A не более 0,05 мм	
 $\Delta = d_{max} - d_{min}$	частный вид отклонение от прямолинейности образующей цилиндра седлообразность	Седлообразность поверхности A не более 0,05 мм	
 $\Delta = d_{max} - d_{min}$	частный вид отклонение от прямолинейности образующей цилиндра бочкообразность	Бочкообразность поверхности A не более 0,05 мм	
	частный вид отклонение от прямолинейности образующей цилиндра изогнутость	Изогнутость поверхности A не более 0,05 мм	

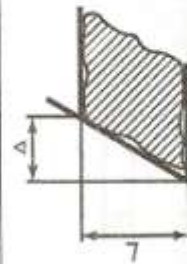
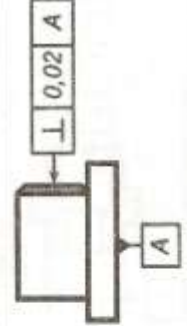
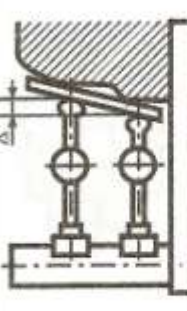
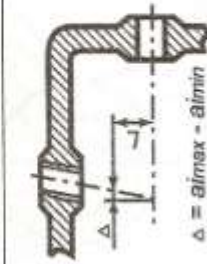
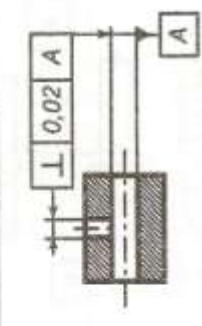
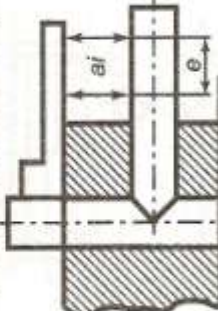
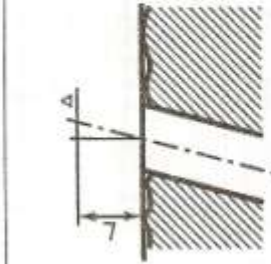
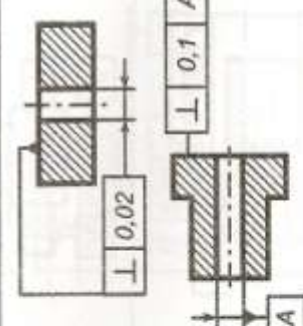
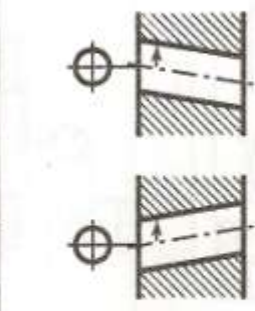
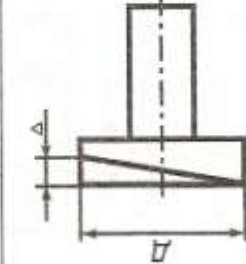
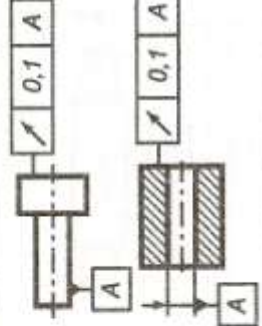
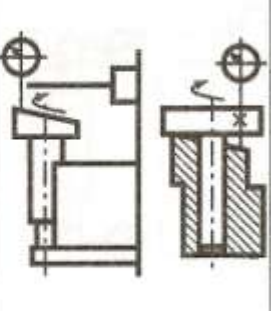
продолжение приложения 1.

Классификация отклонений расположения поверхности, примеры указания на чертежах, схемы и методы измерения их

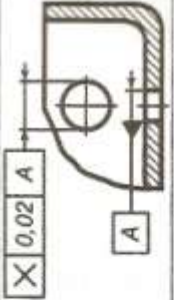
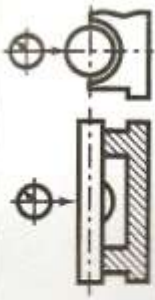
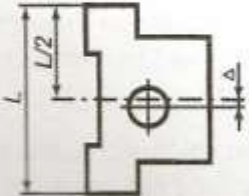
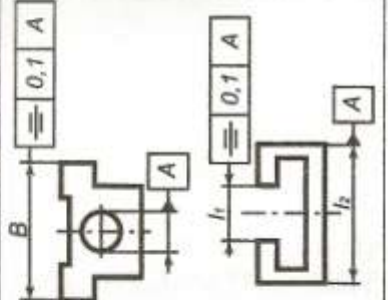
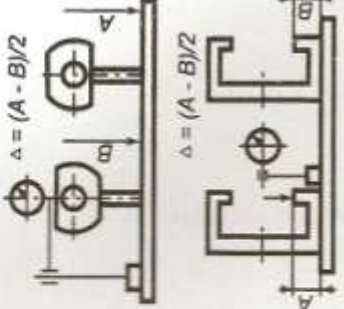
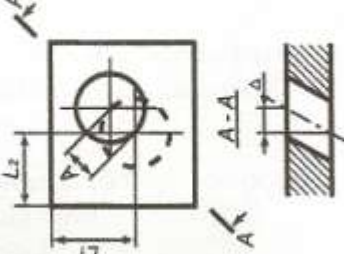
	отклонение от параллельности плоскостей		
	отклонение от параллельности осей (прямых) в пространстве		
	отклонение от параллельности осей и плоскости		
	отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности		

 Общая ось Δ	отклонение от соосности относительно общей оси		
 $\Delta = A_{max} - A_{min}$ A_{max} A_{min}	полное радиальное биение (косвенно нормирует соосность; включает также отклонение формы нормируемой поверхности)		

продолжение приложения 1.

	отклонение от перпендикулярности		
 $\Delta = a_{\max} - a_{\min}$	отклонение от перпендикулярности осей		
	отклонение от перпендикулярности оси относительно плоскости в пространстве		
	торцевое биение (нормирует отклонение от перпендикулярности и часть отклонения от плоскостности)		

продолжение приложения 2.

	отклонение от пересечения осей		
	отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии		
	отклонение позиционное	