

Иркутский филиал
**Московского государственного технического
университета Гражданской Авиации**



Первый полет – 24 декабря 1982 г.

Экипаж-4-7 человек

Дальность полета – 14 400 км

Грузоподъемность – 150 тонн

Тяга (мощность): 4 × 23434 кгс

Длина – 84 м

Высота – 18,2 м

Ан-124 — «Руслан»

Произведено 56 самолетов,

Стоимость 200 млн. \$



Самолёт Ан-124 «Руслан» создавался в первую очередь для воздушной транспортировки мобильных пусковых установок межконтинентальных баллистических ракет, таких как тягач МЗКТ-79221, а также для проведения крупномасштабных десантных воздушных перевозок личного состава, тяжёлой боевой техники и крупнотоннажных перевозок в интересах народного хозяйства





Тема 6. Взаимозаменяемость

Лекция 11 (2 часа)

Изучаемые вопросы:

- 11.1. Единая система допусков и посадок (ЕСДП).
- 11.2. Допуски формы и расположения поверхностей.
- 11.3. Шероховатость поверхностей.
- 11.4. Посадки в типовых соединениях.

Лектор – к.ф.м.н., доцент Кобзарь В.А.

Взаимозаменяемость. Общие сведения

Взаимозаменяемость называется свойство одних и тех же деталей, узлов или агрегатов машин, позволяющее устанавливать детали (узлы, агрегаты) в процессе сборки или заменять их без предварительной подгонки при сохранении всех требований, предъявляемых к работе узла, агрегата и конструкции в целом.

Полная взаимозаменяемость обеспечивает возможность беспригоночной сборки любых независимо изготовленных с заданной точностью однотипных деталей в сборочные единицы, а последних — в изделия. При этом требования по всем параметрам качества остаются неизменными. Полная взаимозаменяемость возможна, только когда размеры, отклонение формы, расположения, шероховатость, волнистость и другие механические количественные и качественные характеристики поверхностей деталей и сборочных единиц после изготовления находятся в заданных пределах и собранные изделия удовлетворяют техническим требованиям.

Обеспечение сборки деталей, требующее пригонки и других дополнительных технологических мероприятий при обязательном выполнении требований к качеству называют **взаимозаменяемостью неполной (ограниченной)**.

Выполнение **требований к точности геометрических параметров** деталей и сборочных единиц изделий является важнейшим исходным условием обеспечения взаимозаменяемости.

Различают следующие формы и размеры: **номинальные** (идеальные, не имеющие отклонений), заданные чертежом, и **реальные** (действительные), которые получают в результате обработки или в процессе их эксплуатации.

Основные понятия и определения

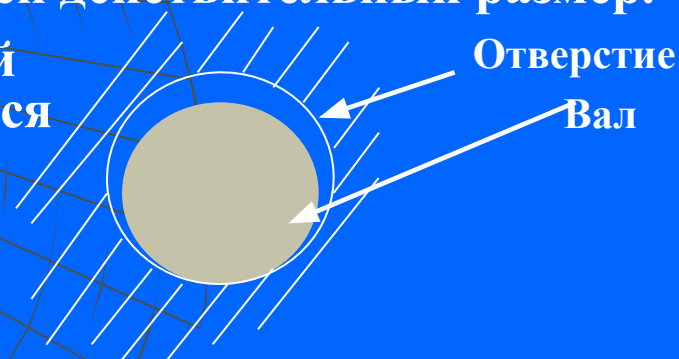
Стандартизация отклонений линейно-угловых параметров изделий является основой геометрической взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок (ЕСДП) разработана в соответствии с комплексной программой и рекомендациями международных стандартов. Все детали характеризуются геометрическими размерами - числовыми значениями линейных величин (диаметр, длина, ширина и т.д.) и делятся на номинальные, действительные и предельные (размеры указывают в миллиметрах).

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

Действительный — это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Предельные — это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

В системе допусков и посадок гладких соединений всякий охватываемый элемент условно называется валом и обозначается строчными буквами латинского алфавита, а охватывающий элемент называется отверстием и обозначается заглавными буквами латинского алфавита



Для получения оптимального качества изделий необходимо нормировать и контролировать точность линейных размеров, формы и расположения поверхностей деталей и составных частей, а также волнистость и шероховатость поверхностей деталей

Стандарты качества изделий

Стандарты линейных размеров (единая система допусков и посадок)

ГОСТ 25346— 89
ГОСТ 25347— 82

Стандарты отклонения формы и расположения поверхностей деталей

ГОСТ 24642— 81
ГОСТ 24643— 81

Стандарты волнистости и шероховатости поверхности

ГОСТ 2789— 73



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕЯМОСТИ

ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Общие положения, ряды допусков и основных отклонений

ГОСТ 25346-89
(СТ СЭВ 143-88)

ГОССТАНДАРТ РОССИИ

Москва

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Основные нормы взаимозаменяемости

ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Общие положения, ряды допусков и основных отклонений

Basic norms of interchangeability.
Unified system of tolerances and fits.

ГОСТ 24643—81

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕЯМОСТИ

ДОПУСКИ ФОРМЫ
И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

ЧИСЛОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Издание официальное



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

ГОСТ 2789-73
(СТ СЭВ 638-77)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ
ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ

Москва

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Параметры и характеристики

Surface roughness. Parameters and

ГОСТ
2789-73

(СТ СЭВ 638-77)

Ряды значений геометрических параметров

Экономическая эффективность производства легче обеспечивается, если ограничиться небольшой номенклатурой значений размеров, применяемых на производстве.

Во всем мире существуют ограничения на использование значений размеров, которое заложено в понятия предпочтительных чисел рядов предпочтительных чисел, т.е. стандартизованы значения, до которых надо округлять расчетные значения. Ряды предпочтительных чисел одинаковы во всем мире и представляют собой члены геометрических прогрессий со знаменателями, которые приблизительно равны $A_n=1,6; 1,25; 1,12; 1,06$.

$$\sqrt[5]{10} = 1.6; \quad \sqrt[10]{10} = 1.25; \quad \sqrt[20]{10} = 1.12; \quad \sqrt[40]{10} = 1.06;$$

(Геометрическая прогрессия - это ряд чисел, в котором каждое последующее число получается умножением предыдущего на одно и то же число - знаменатель прогрессии A_n) Эти ряды условно названы R5; R10; R20; R40.

Номинальные значения линейных размеров берут из указанных рядов предпочтительных чисел с некоторым округлением. Например, по R5 (знаменатель 1,6) принимают значения из ряда 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630 и т.д.

R5	R10	R20	R40
1,00	1,00	1,00	1,00
		1,12	1,06
			1,12
		1,25	1,18
		1,25	1,25
1,60	1,60	1,40	1,32
			1,40
		1,60	1,50
			1,60
		1,80	1,70
	2,00		1,80
			1,90
		2,00	2,00
		2,24	2,12
			2,24
2,50	2,50	2,50	2,36
			2,50

Отступление от предпочтительных чисел и их рядов допускается в следующих случаях:

- округление до предпочтительного числа выходит за пределы допускаемой погрешности;
- значение параметров технических объектов следуют закономерности, отличной от геометрической прогрессии.

В порядке исключения, если округление до приведенных чисел связано с потерей эффективности или невозможно, то можно воспользоваться предпочтительными числами **дополнительных рядов** — R80 и R160.

Обозначения и знаменатели дополнительных рядов предпочтительных чисел приводятся в ГОСТ 8032—84.

При установлении размеров, параметров и других числовых характеристик их значения следует брать из основных рядов предпочтительных чисел. При этом величины ряда R5 необходимо предпочесть величинам ряда R10, величины ряда R10 — величинам R20, последние — величинам R40.

Выборочные ряды предпочтительных чисел получают путем отбора каждого 2, 3, 4, ..., n-го члена основного или дополнительного ряда, начиная с любого числа. Обозначения выборочного ряда состоят

R5/2 (1, ..., 1 000 000) — выборочный ряд, составленный из каждого второго члена основного ряда R5, ограниченный членами 1 и 1 000 000/

В радиотехнике часто применяют предпочтительные числа, построенные по рядам E, установленным Международной электротехнической комиссией

ряд	E3c	$A = \sqrt[3]{10} \approx 2.2$	ряд	E6c	$A = \sqrt[6]{10} \approx 1.5$
			ряд	E12c	$A = \sqrt[12]{10} \approx 1.2$
ряд	E24c	$A = \sqrt[24]{10} \approx 1.1$			

Предпочтительные числа служат при назначении классов точности, размеров, углов, радиусов и т.п., сокращают номенклатуру режущего и измерительного инструмента, приспособлений и др.

Отклонения, допуски и посадки. Виды сопряжений в технике

Классификацию отклонений по геометрическим параметрам целесообразно рассмотреть на примере соединения вала и отверстия.

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

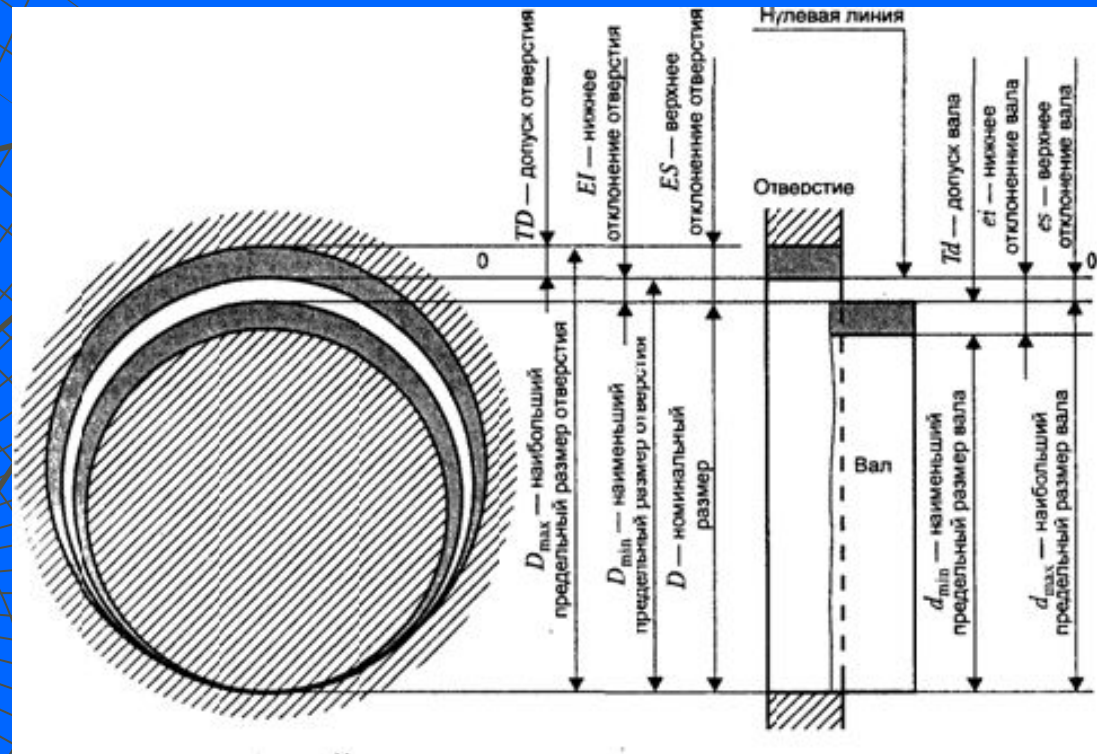
Действительное отклонение — это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

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

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

нижнее отклонение — это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Например $58^{+0.013}$; $42^{-0.024}$; $50^{-0.107}$; $74 \pm 0,2$; угловые — в градусах, минутах или секундах с указанием единицы, например $0' 30' 40''$

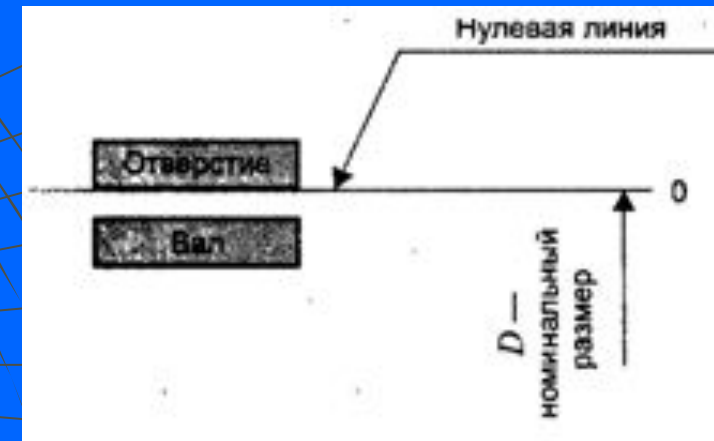


На чертежах номин. и предел. линейные размеры и их отклонения проставляются в миллиметрах без указания единицы.

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

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

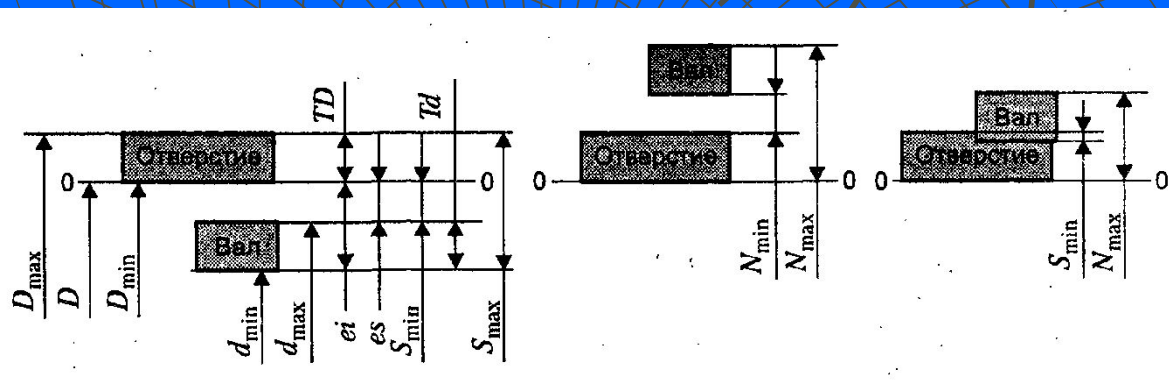
Поле допуска — это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии. Для упрощения допуски можно *изображать графически в виде полей допусков*.



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

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

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

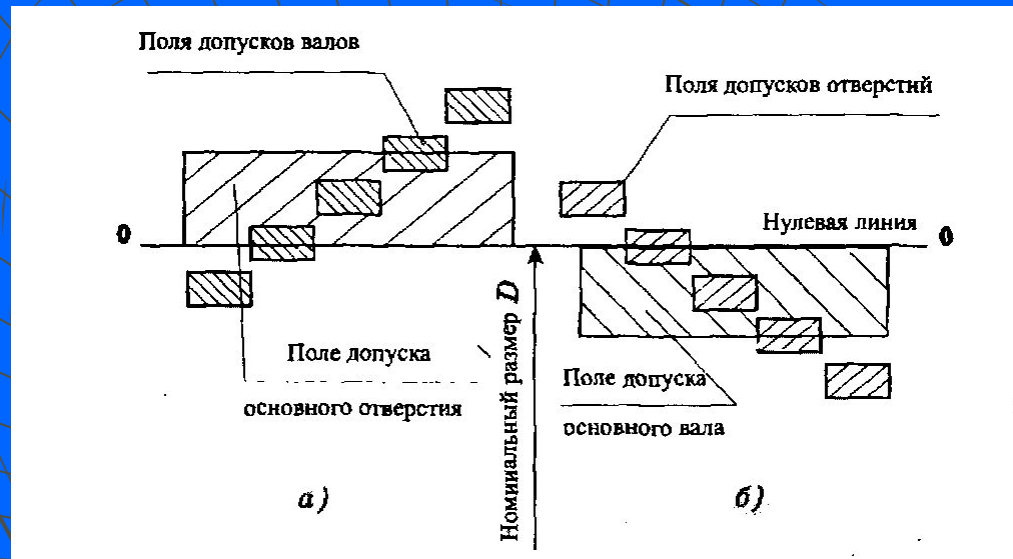


Зазор S — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала
Натяг N — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия

Посадка с зазором — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении. **Посадка с натягом** — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении. **Переходная посадка** — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью)

Системы допусков и посадок

Системой допусков и посадок называют совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин.

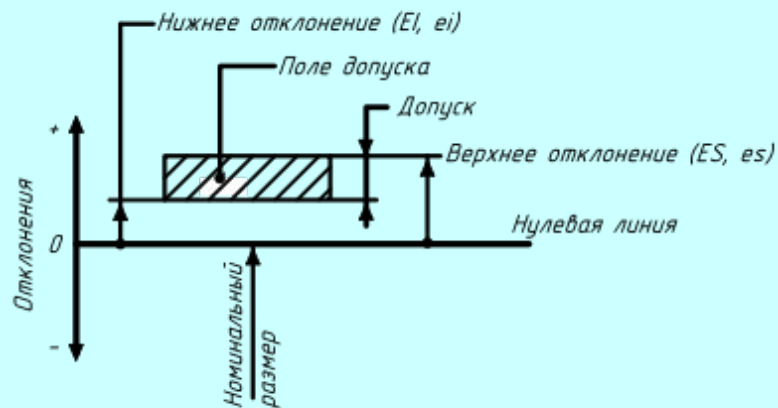


Примеры расположения полей допусков для посадок в системе отверстия (а) и в системе вала (б)

Посадки в системе отверстия — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. а), и обозначают *H*. Нижняя

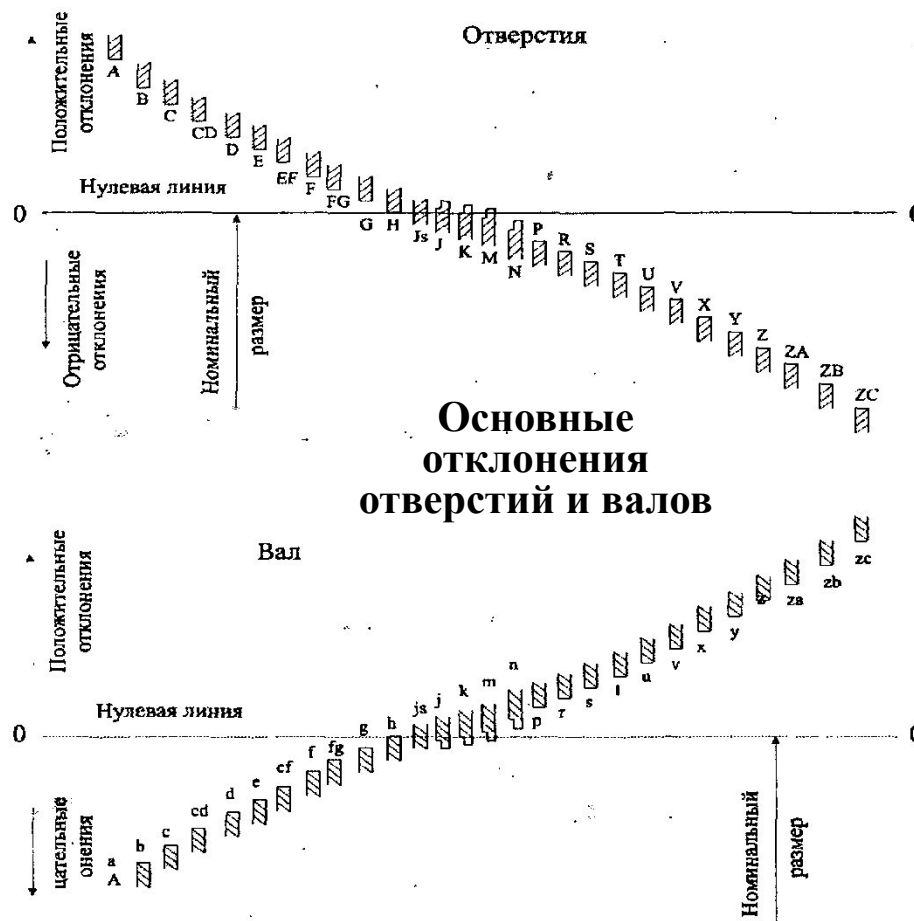
граница поля допуска основного отверстия всегда совпадает с нулевой линией, верхнее отклонение ES всегда положительное и откладывают вверх, т.е. в материал детали.

Посадки в системе вала — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис. б), который обозначают *h*. Для всех посадок в системе вала верхнее отклонение основного вала всегда совпадает с нулевой линией, нижнее отклонение отрицательное и откладывают вниз от нулевой линии, т.е. в материал детали. Преимущественное распространение получила система отверстия



Обозначения:

Допуск IT = International tolerance;
Верхние и нижние отклонения, ES =
Ecart Supérieur, EI = Ecart Interieur.
Для отверстий большие буквы (ES, D),
для валов малые (es, d)

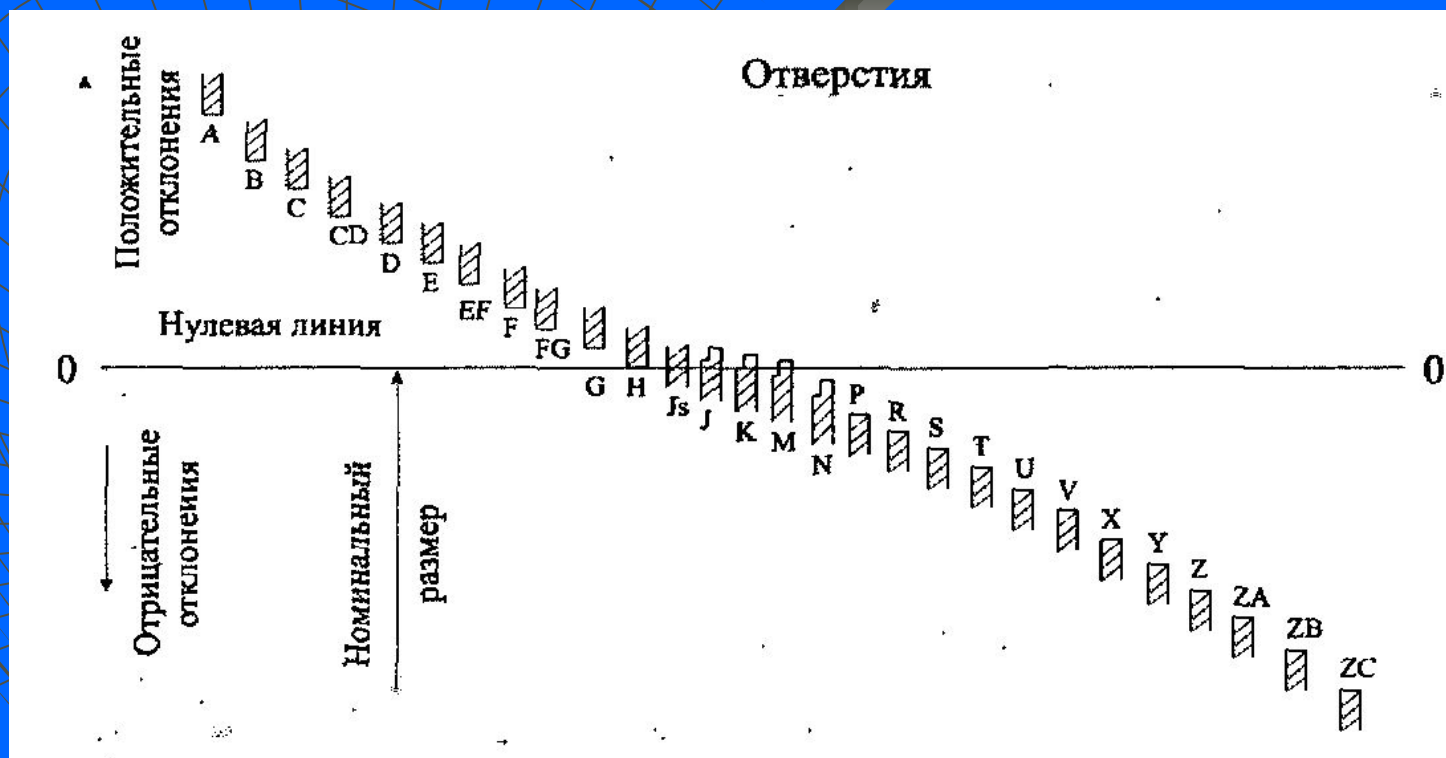


Положение поля допуска относительно нулевой линии (номинального размера) определяется **основным отклонением**. Для образования посадок с различными зазорами и натягами в системе ИСО и ЕСПД для размеров до 500 мм предусмотрено 27 вариантов основных отклонений валов и отверстий.

Основное отклонение — это расстояние от ближней границы поля допуска до нулевой линии. Основные отклонения отверстий обозначают прописными буквами латинского алфавита, валов — строчными.

Основное отклонение обозначают буквой H , основной вал h . Отклонения $A-H$ предназначены для образования полей допусков в посадках с зазором; отклонения $J-N$ — в переходных посадках, отклонения $P-Zc$ — в посадках с натягом.

Каждая буква обозначает ряд основных отклонений, значение которых зависит от номинального размера. Абсолютное значение и знак каждого основного отклонения вала (верхнего es для вала $a, \dots, h$ или нижнего ei для вала $j, \dots, zc$) определяют по эмпирическим формулам. Основное отклонение вала не зависит от качества.



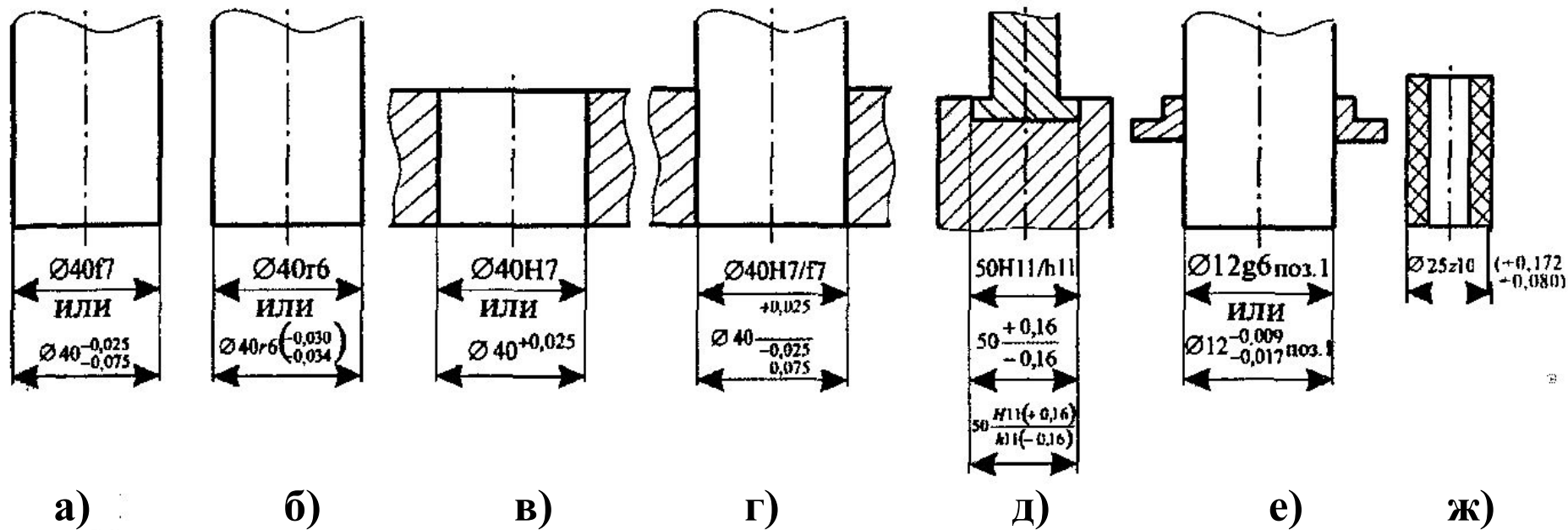
Основные отклонения отверстий построены так, чтобы обеспечить посадки в системе вала, аналогичные посадки в системе отверстия. Они равны по абсолютному значению и противоположны по знаку основным отклонениям валов, обозначаемых той же буквой.

Квалитет (степень точности) — совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров (в ЕСП установлено 19 квалитетов).

Наивысшей точности соответствует квалитет 01, а наинизшей - 17-й квалитет. Точность убывает от квалитета 01 к квалитету 17.

Допуск квалитета условно обозначают прописными латинскими буквами **IT** с номером квалитета, например, IT6 — допуск 6-го квалитета. Размеры деталей высокоточных ответственных соединений, например подшипников качения, шеек коленчатых валов, деталей, соединяемых с подшипниками качения высоких классов точности, шпинделей прецизионных и точных металлорежущих станков и другие выполняют по 5-му и 6-му квалитетам. Квалитеты 7 и 8 являются наиболее распространенными. Они предусмотрены для размеров точных ответственных соединений в приборостроении и машиностроении, *например* деталей двигателей внутреннего сгорания, автомобилей, самолетов, металлорежущих станков, измерительных приборов. Размеры деталей, образующих неответственные соединения, в которых допустимы большие зазоры и их колебания, например размеры крышек, фланцев, деталей, полученных литьем или штамповкой, назначают по 11-му и 12-му квалитетам. Квалитеты 13—17 предназначены для неответственных размеров деталей, не входящих в соединения с другими деталями

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными (буквенными) обозначениями полей допусков или числовыми значениями предельных отклонений, а также буквенными обозначениями полей допусков с одновременным указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений, после буквенного обозначения основного отклонения проставляют цифровое значение качества (а-в)



Посадки и предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в собранном виде, указывают дробью: в числителе — буквенное (числовое) обозначение предельного отклонения отверстия либо буквенное обозначение с указанием справа в скобках его числового значения, после буквенного обозначения основного отклонения проставляют цифровое значение качества, в знаменателе — аналогичное обозначение поля допуска вала (рис. г, д). Иногда для обозначения посадки указывают предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей (рис. е, ж).

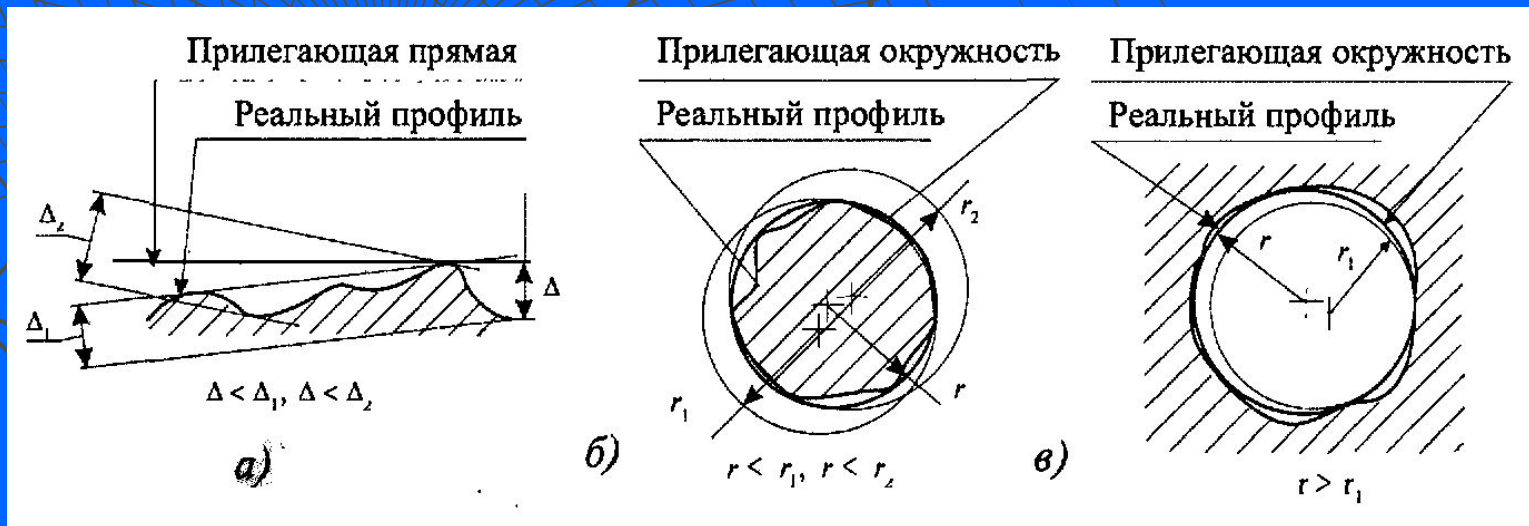
Стандарты отклонений формы и расположения поверхностей деталей

Под отклонением формы поверхности (или профиля) понимают отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности (номинального профиля).

В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих прямых, поверхностей и профилей.

Прилегающая прямая — прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение наиболее удаленной от нее точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. а).

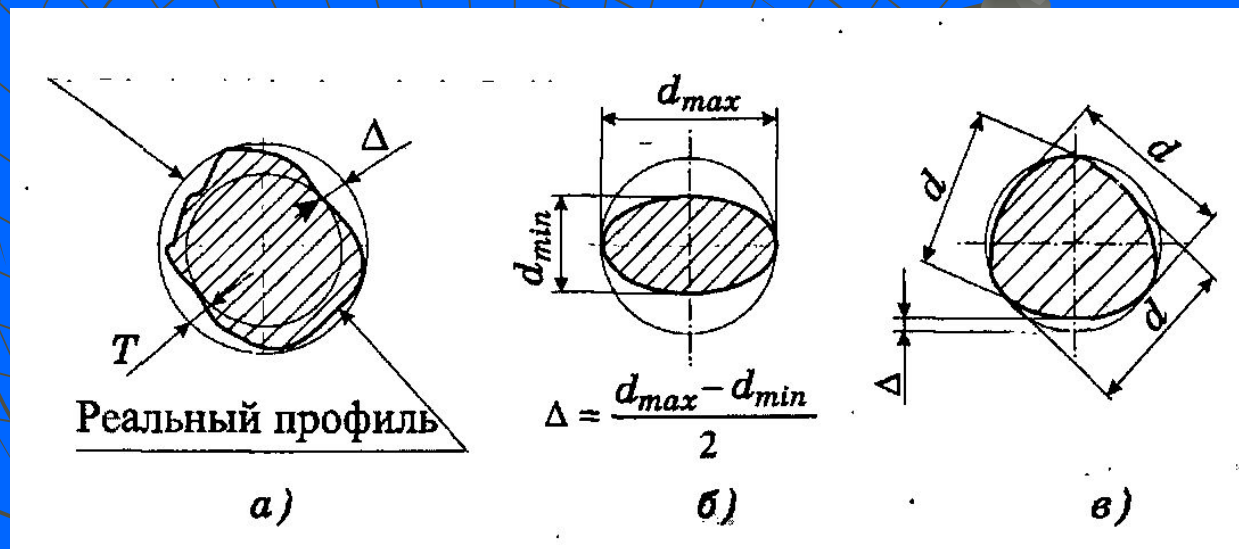
Прилегающая окружность — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения (рис. б), или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. в).



Прилегающая плоскость — плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение наиболее удаленной от нее точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающий цилиндр — цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

Прилегающие поверхности и профили соответствуют условиям сопряжения деталей при посадках с нулевым зазором.

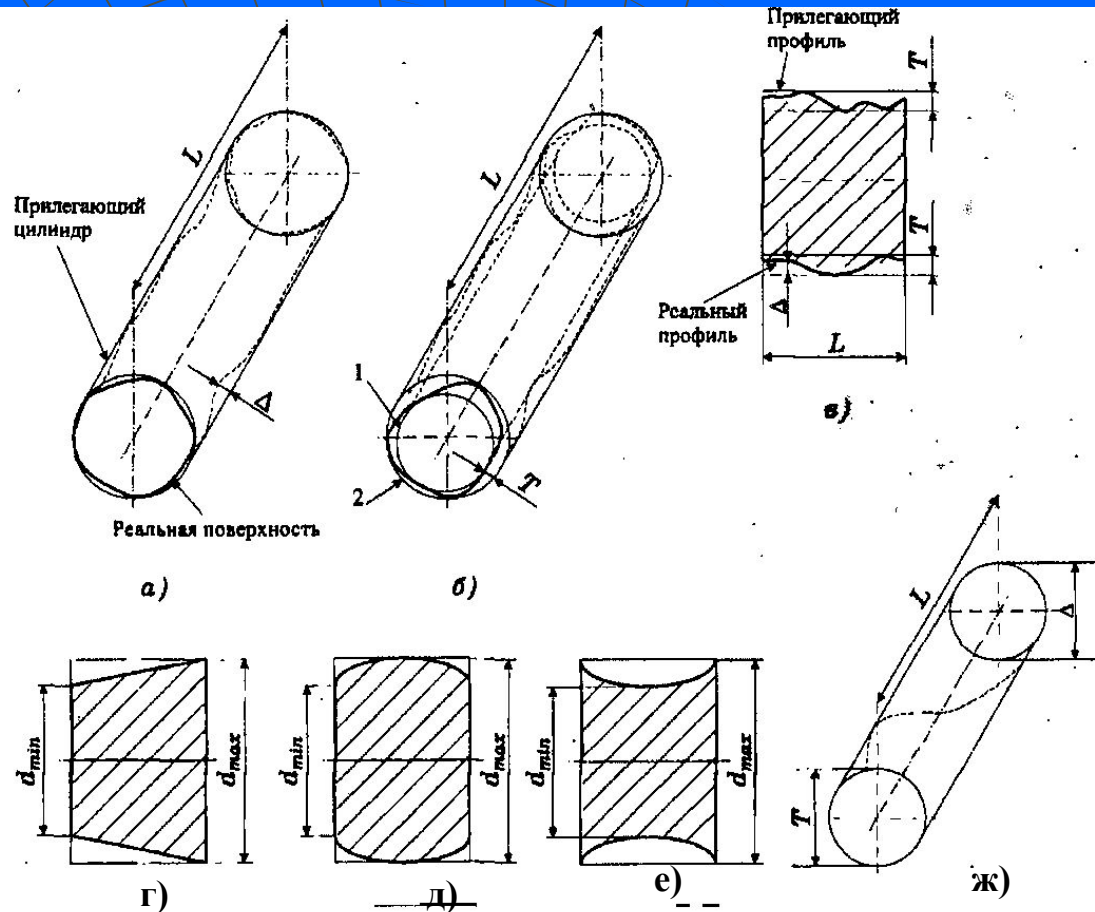


Отклонение формы цилиндрических поверхностей в поперечном сечении:
a — отклонение от круглости; *б* — овальность; *в* — огранка

Точность формы цилиндрической поверхности определяется точностью контура в поперечном (перпендикулярном оси), сечении и образующих цилиндр в продольном сечении.

Совокупность всех отклонений формы цилиндрической поверхности определяется с помощью комплексного показателя — отклонение от цилиндричности.

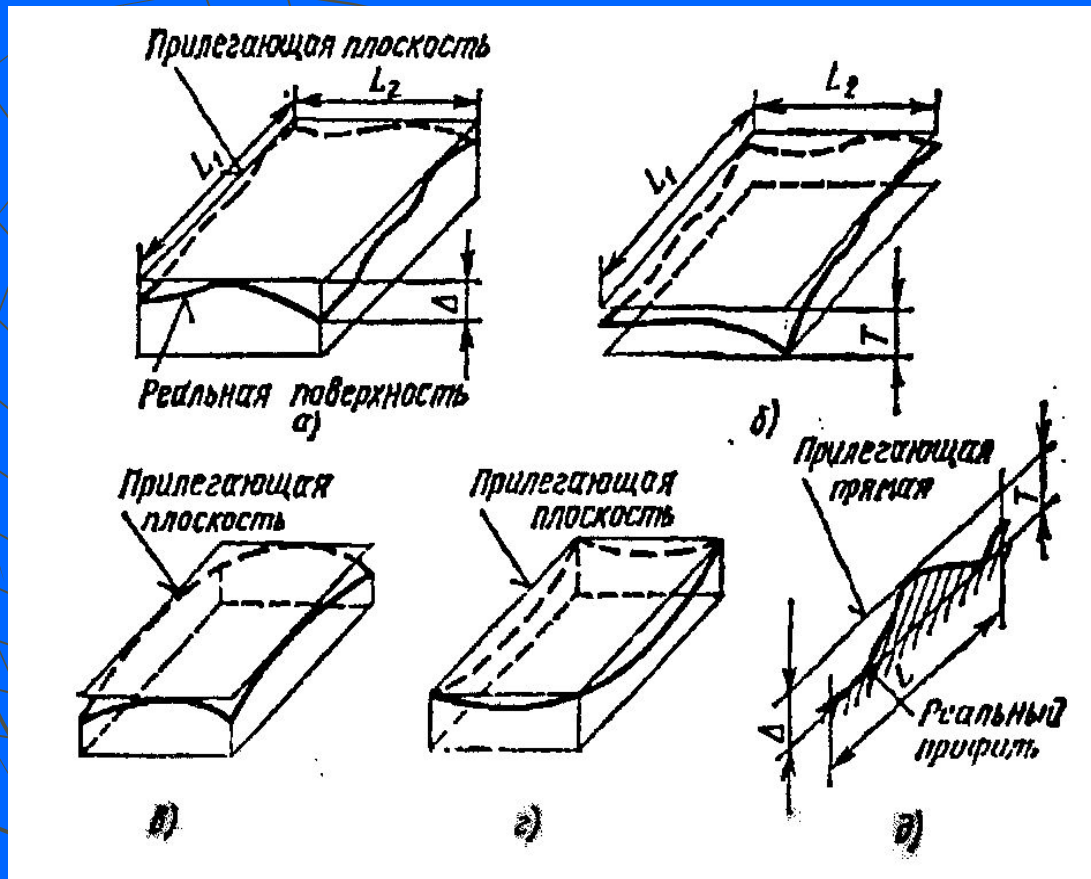
Отклонение от цилиндричности — наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. а). На рис. б - показано поле допуска цилиндричности, определяемое пространством, ограниченным соосными цилиндрами 1 и 2, отстоящими один от другого на расстоянии, равном допуску цилиндричности.



Комплексным показателем отклонений контура продольного сечения является **отклонение профиля продольного сечения** (рис. в) — наибольшее расстояние от точек, образующих реальную поверхность, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка. Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность (г), бочкообразность (д) и седлообразность (е).

Отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве и поле допуска прямолинейности оси показаны на рис. ж

Отклонение от плоскостности определяют как наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. а).



Поле допуска плоскостности

— область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими одна от другой на расстоянии, равном допуску плоскостности (рис. б).

Частными видами отклонений от плоскостности являются выпуклость (рис. в) и вогнутость (рис. г), которые определяют как наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой. Поле допуска прямолинейности в плоскости показано на рис. д.

Отклонение формы плоских поверхностей

В случаях, когда профиль (поверхность) задан номинальными размерами (координатами отдельных точек профиля без предельных отклонений этих размеров), отклонение формы заданного профиля есть наибольшее отклонение точек реального профиля от номинального, определяемое по нормали к номинальному профилю.

Отклонения и допуски формы

Отклонением формы ЕФ называется отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

Неровности, относящиеся к шероховатости поверхности, в отклонения формы не включаются.

При измерении формы влияние шероховатости, как правило, устраняется за счет применения достаточно большого радиуса измерительного наконечника.

Допуском формы ТФ называется наибольшее допускаемое значение отклонения формы

Виды допусков формы

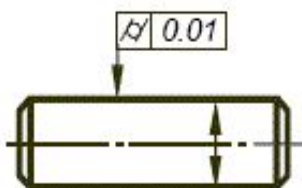
виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах			
№	вид допуска И ЕГО обозначение по <u>ГОСТ 24642-81</u>	изображение на чертеже	
1	допуск цилиндричности TFZ		
2	допуск круглости TFK		
3	допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности TFP		
4	допуск плоскостности ТФЭ		
5	допуск прямолинейности TFL		

примеры

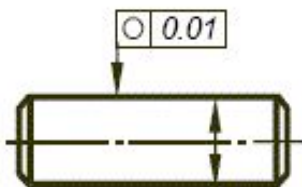
Пример # нанесения допуска На чертеже
по ГОСТ 2.308 - 79

изображение допуска и отклонения

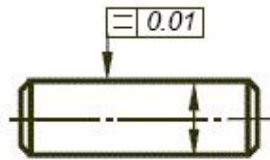
допуск и отклонение от цилиндричности



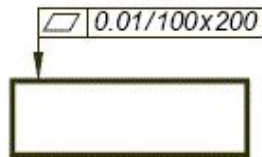
допуск и отклонение от круглости



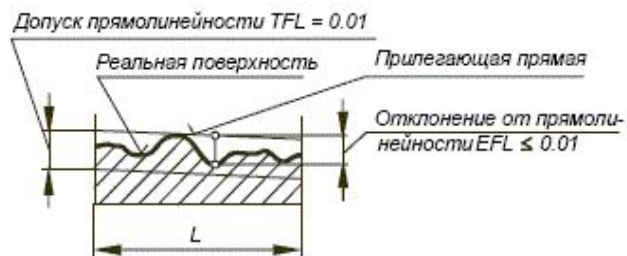
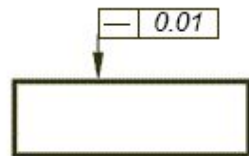
допуск и отклонение профиля продольного сечения



допуск и отклонение от плоскостности



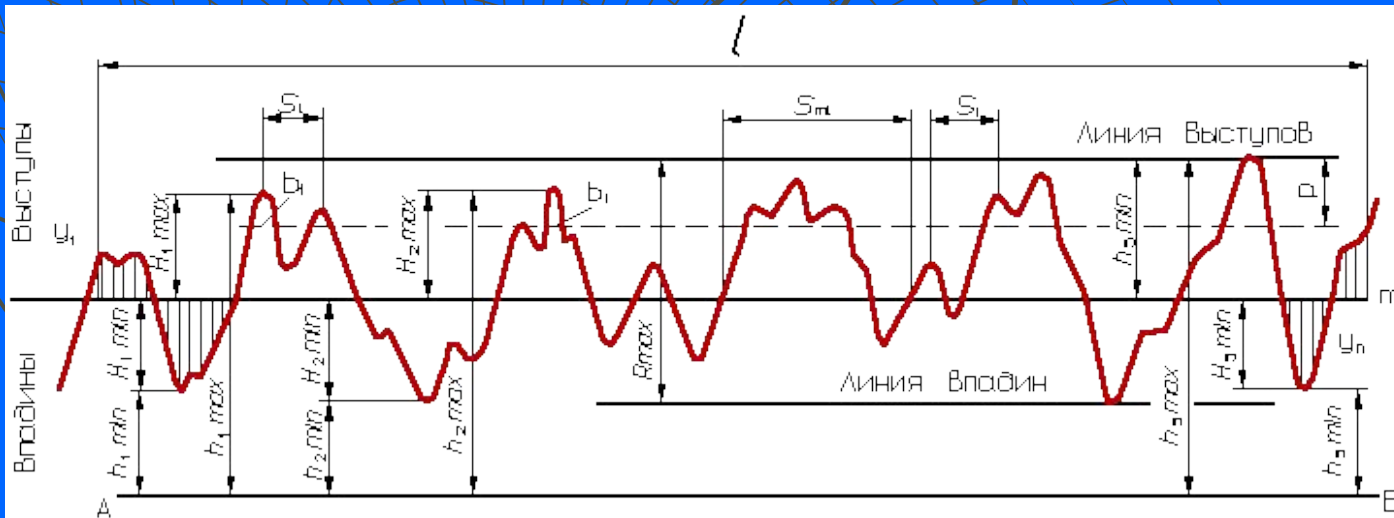
допуск и отклонение от прямолинейности



Шероховатость поверхностей

Шероховатость поверхности (ГОСТ 2789-73) — совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине. Измеряется в микрометрах (мкм). Шероховатость определяет важнейшие эксплуатационные свойства материала: износостойкость от истирания, прочность, плотность (герметичность) соединений, химическая стойкость, внешний вид. В зависимости от условий работы поверхности назначается параметр шероховатости при проектировании деталей машин. В результате трения и изнашивания параметры исходной шероховатости, как правило, меняются.

Параметры шероховатости



R_a - среднее арифметическое отклонение профиля;
 R_z - высота неровностей профиля по десяти точкам;
 R_{max} - наибольшая высота профиля;
 S_m - средний шаг неровностей;
 S - средний шаг местных выступов профиля;

l_p - относительная опорная длина профиля, где p - значения уровня сечения профиля. Параметр R_a является предпочтительным.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться, исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости поверхности не устанавливаются и шероховатость этой поверхности контролироваться не должна.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться путем указания параметра шероховатости (одного или нескольких), значений выбранных параметров и базовых длин, на которых происходит определение параметров.

Если параметры R_a , R_z , R_{max} определены на базовой длине, то эти базовые длины не указываются в требованиях к шероховатости.

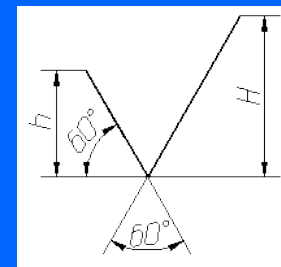
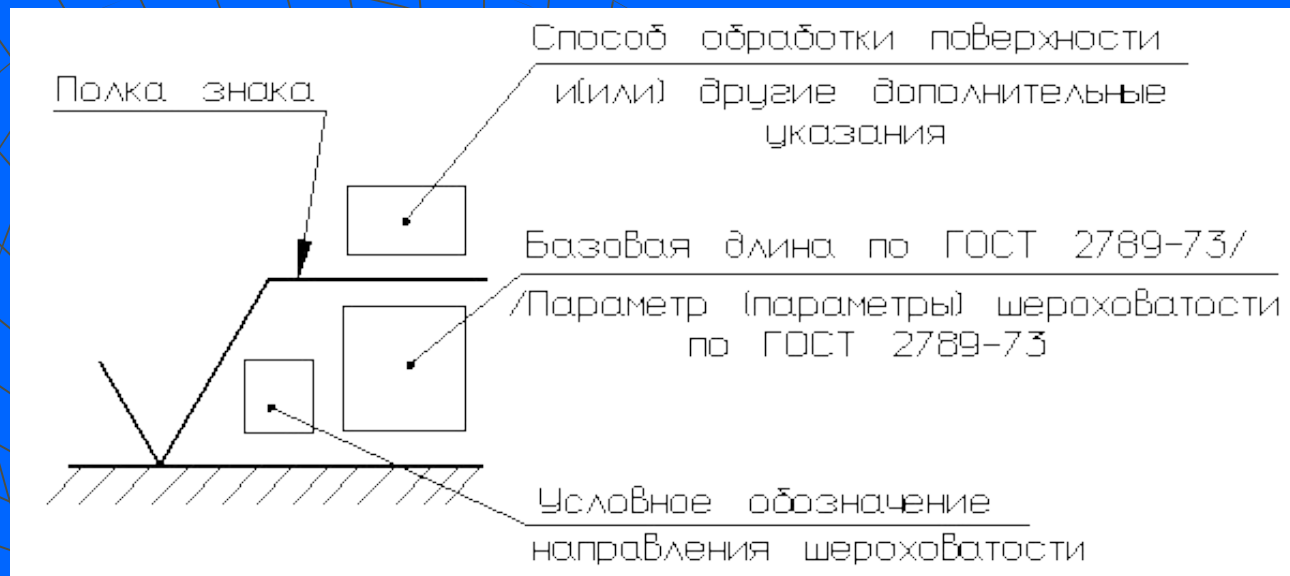
При необходимости дополнительно к параметрам шероховатости поверхности устанавливаются требования к направлению неровностей поверхности, к способу или последовательности способов получения (обработки) поверхности.

Типы направленных неровностей поверхности

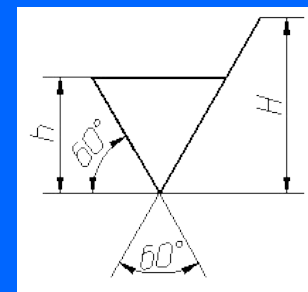
Типы направления неровностей	Схематическое изображение	Условное обозначение
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		

Обозначение шероховатости поверхности (ГОСТ 2.309-73)

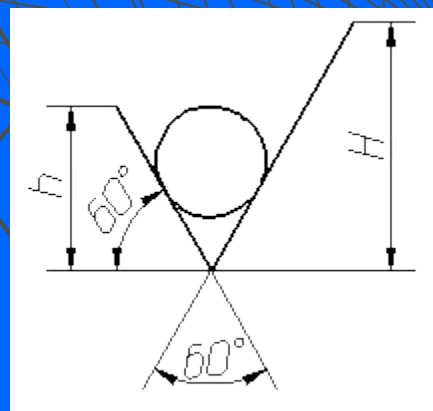
Структура обозначения шероховатости поверхности



Обозначение
шероховатости
поверхности без указания
способа обработки



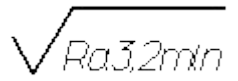
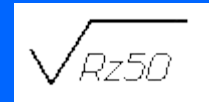
Обозначение
шероховатости
поверхности при
образовании которой
обязательно удаление
слоя материала



Обозначение
шероховатости
поверхности при
образовании которой
осуществляется без
удаления слоя
материала

Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789-73 указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа, например: $Ra0.4$, $Rmax6.3$; $Sm0.63$; $t_{50}70$; $S0,032$; $Rz50$.

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

Ra0,8
0,4

Rz0,1
0,05

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

Ra 1 +20%

Rz 100
-10%

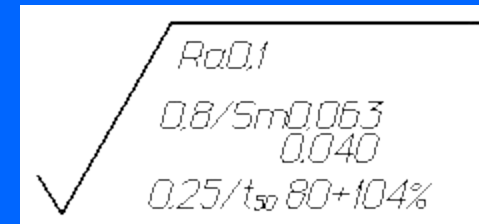
При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789-73

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

параметр высоты
неровностей профиля

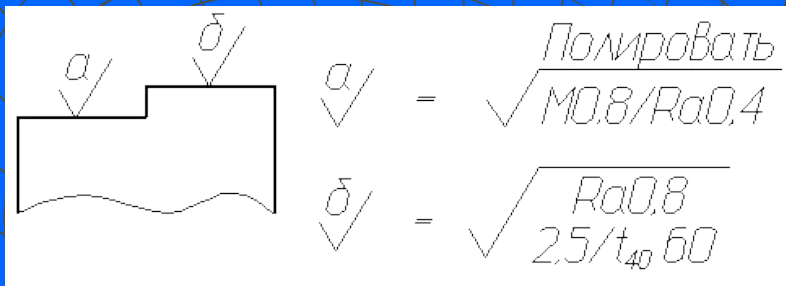
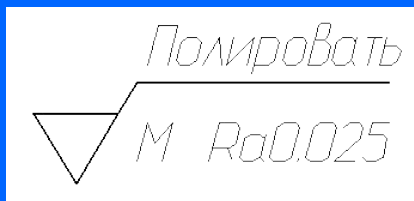
параметр шага
неровностей профиля

Относительная опорная
длина профиля



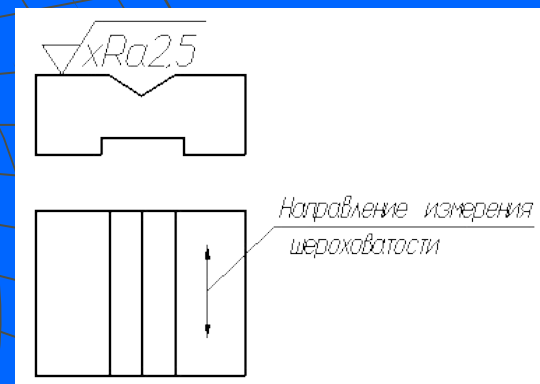
При нормировании требований к шероховатости поверхности параметрами *Ra*, *Rz*, *Rmax* базовую длину в обозначении шероховатости не приводят, если она соответствует указанной в приложении 1 ГОСТ 2789-73 для выбранного значения параметра шероховатости

Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности



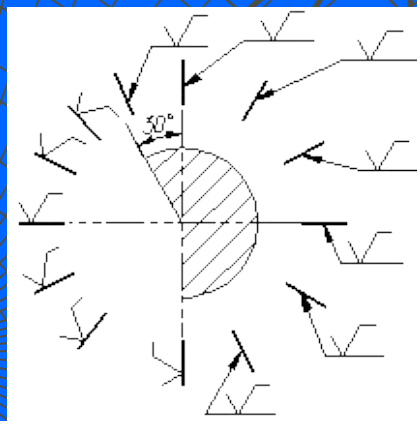
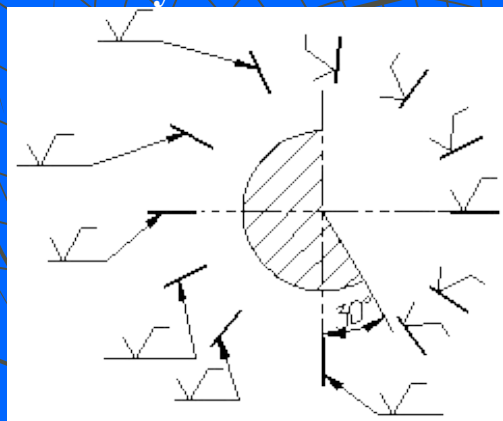
Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа

Если направления измерения шероховатости должно отличаться от предусмотренного ГОСТ 2789-73, его указывают на чертеже

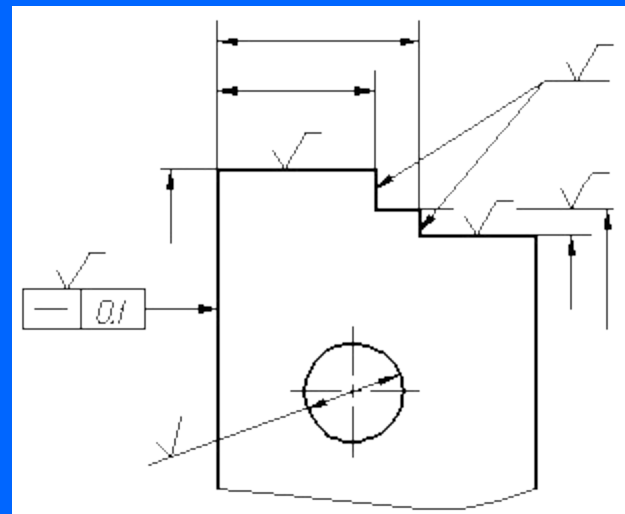


Правила нанесения шероховатости поверхностей на чертежах

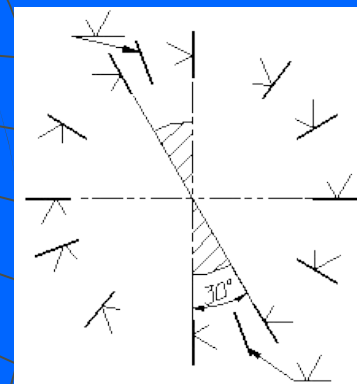
Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. Допускается при недостатке места располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также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



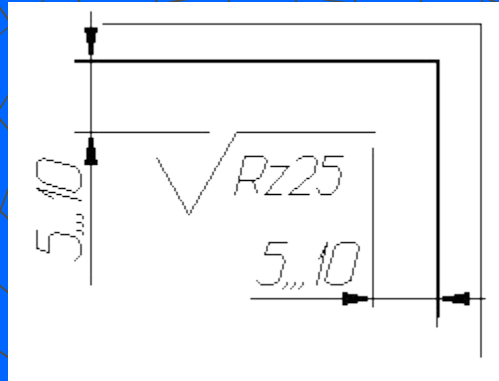
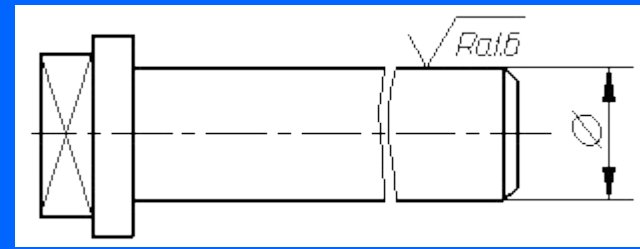
Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак не имеет полки располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рисунке



Обозначение шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рисунках

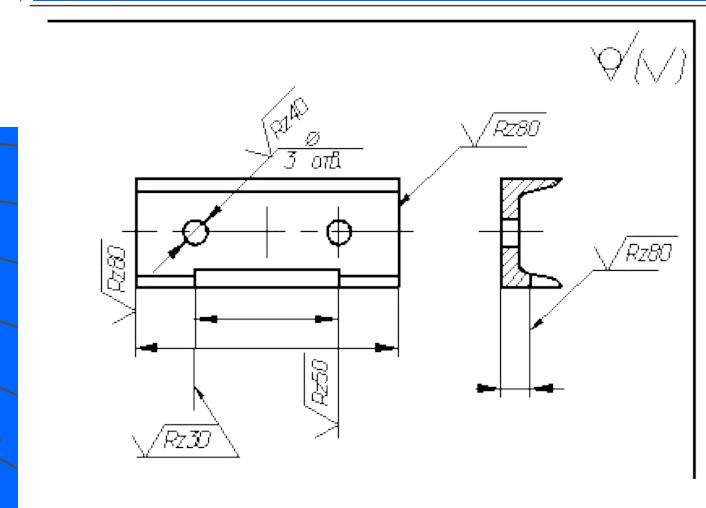
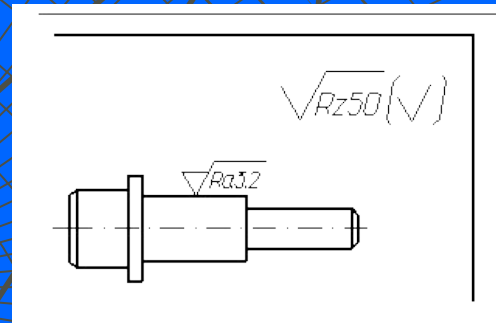


При обозначении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения, по возможности ближе к месту указания размеров

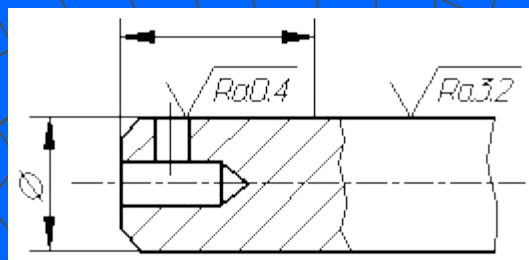
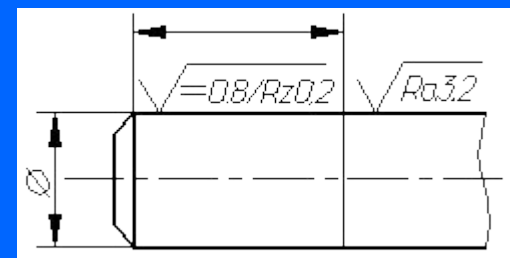


При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правый верхний угол чертежа и на изображении не наносят. Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем на обозначения, нанесенных на изображении

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правый верхний угол чертежа вместе с условным обозначением. Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости или знак, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением

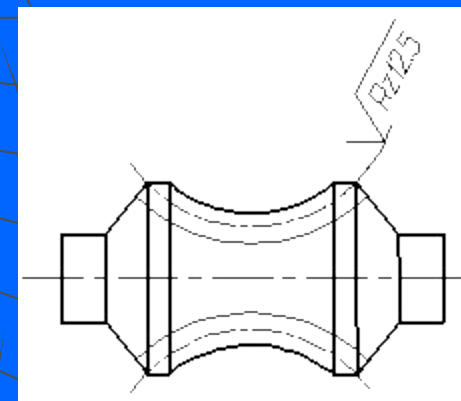
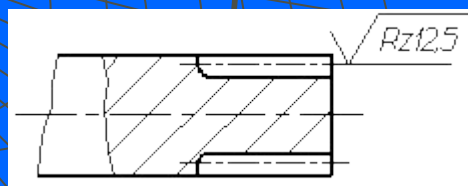
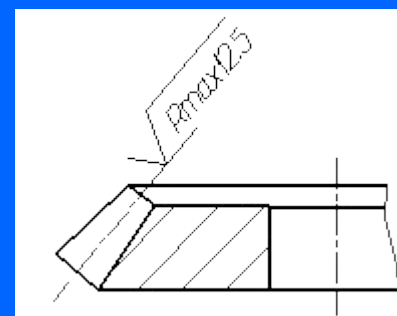


Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначения шероховатости

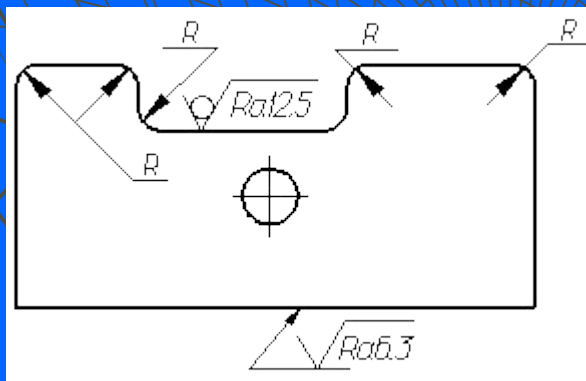
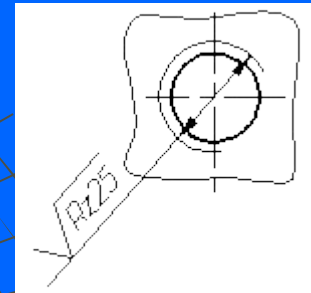
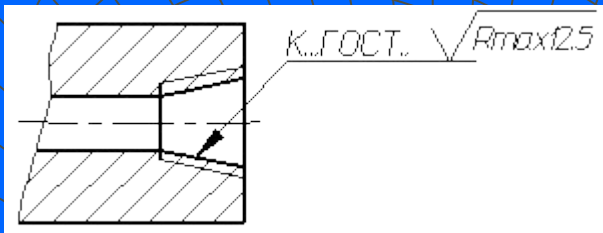
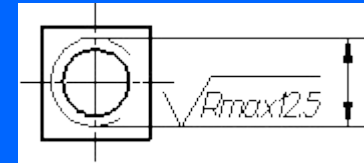
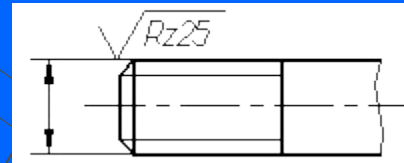
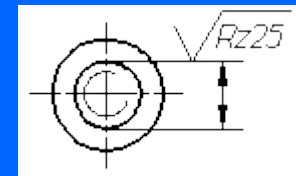


Через заштрихованную зону линию границы между участками не проводят

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

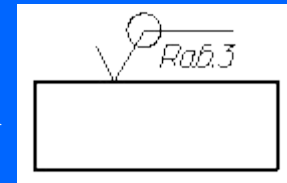


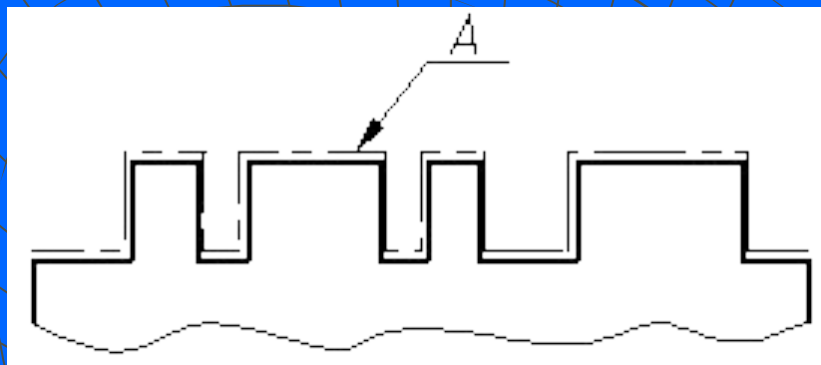
Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля или условно на выносной линии для указания размера резьбы (рис.21, 22, 23, 24), на размерной линии или на ее продолжении (рис.25).



Если есть шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят один раз. Диаметр вспомогательного знака $\circ$ 4...5мм.

В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак $\circ$ не приводят





Обозначение одинаковой шероховатости поверхности сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например: «шероховатость поверхности». При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски

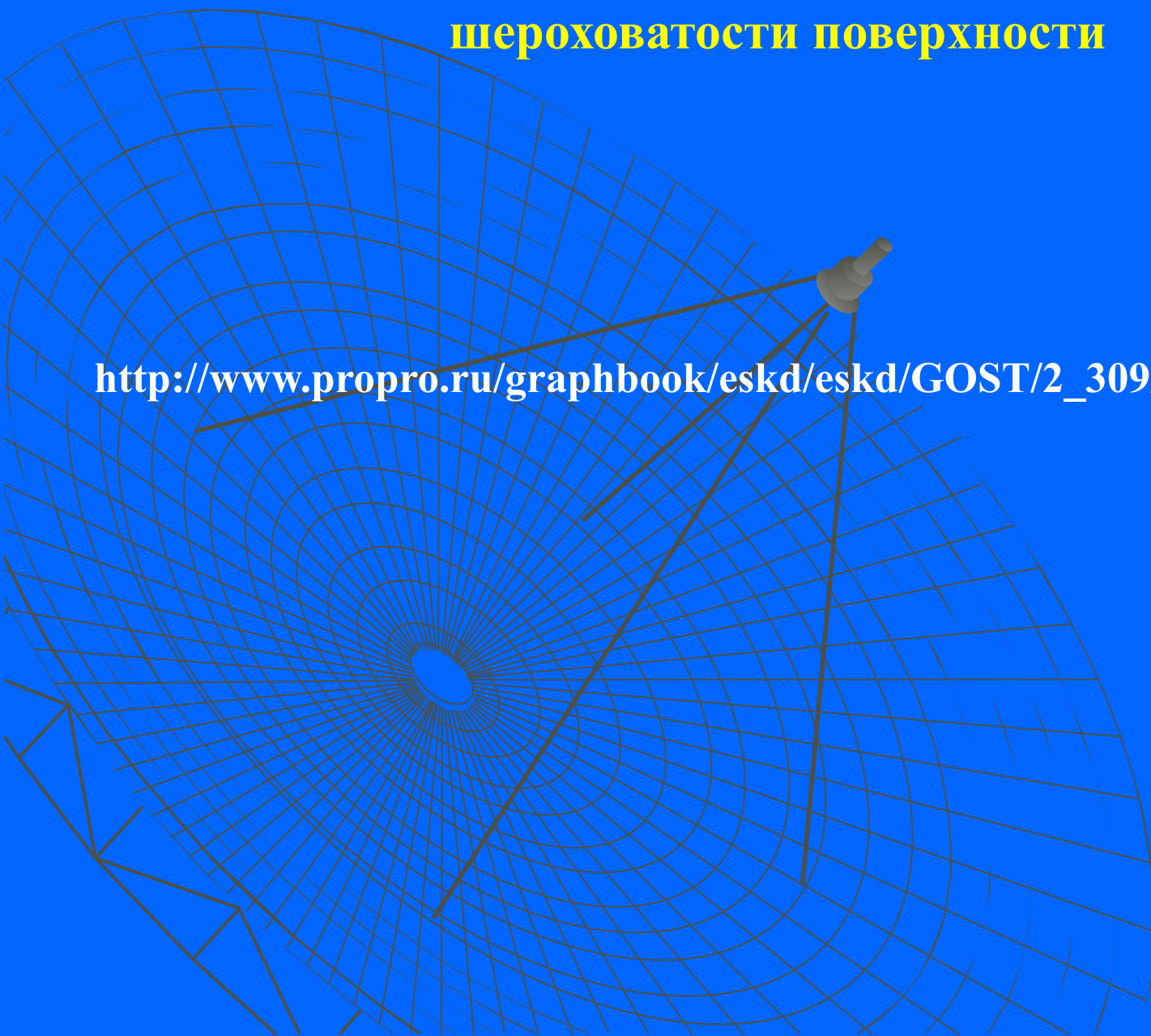
Значение параметров шероховатости для эксплуатационных свойств

Требования к шероховатости поверхности одним или несколькими параметрами, когда это необходимо для обеспечения эксплуатационных свойств поверхности

Эксплуатационные свойства поверхности	Параметр шероховатости					
	Ra (Rz)	$Rmax$	Sm	S	tp	направление шероховатости
Износостойкость при всех видах трения						
Виброустойчивость						
Контактная жесткость						
Прочность соединения						
Прочность при циклических нагрузках						
Герметичность соединения						
Сопротивление в волноводах						

Ориентировочная взаимосвязь допуска и параметров шероховатости поверхности

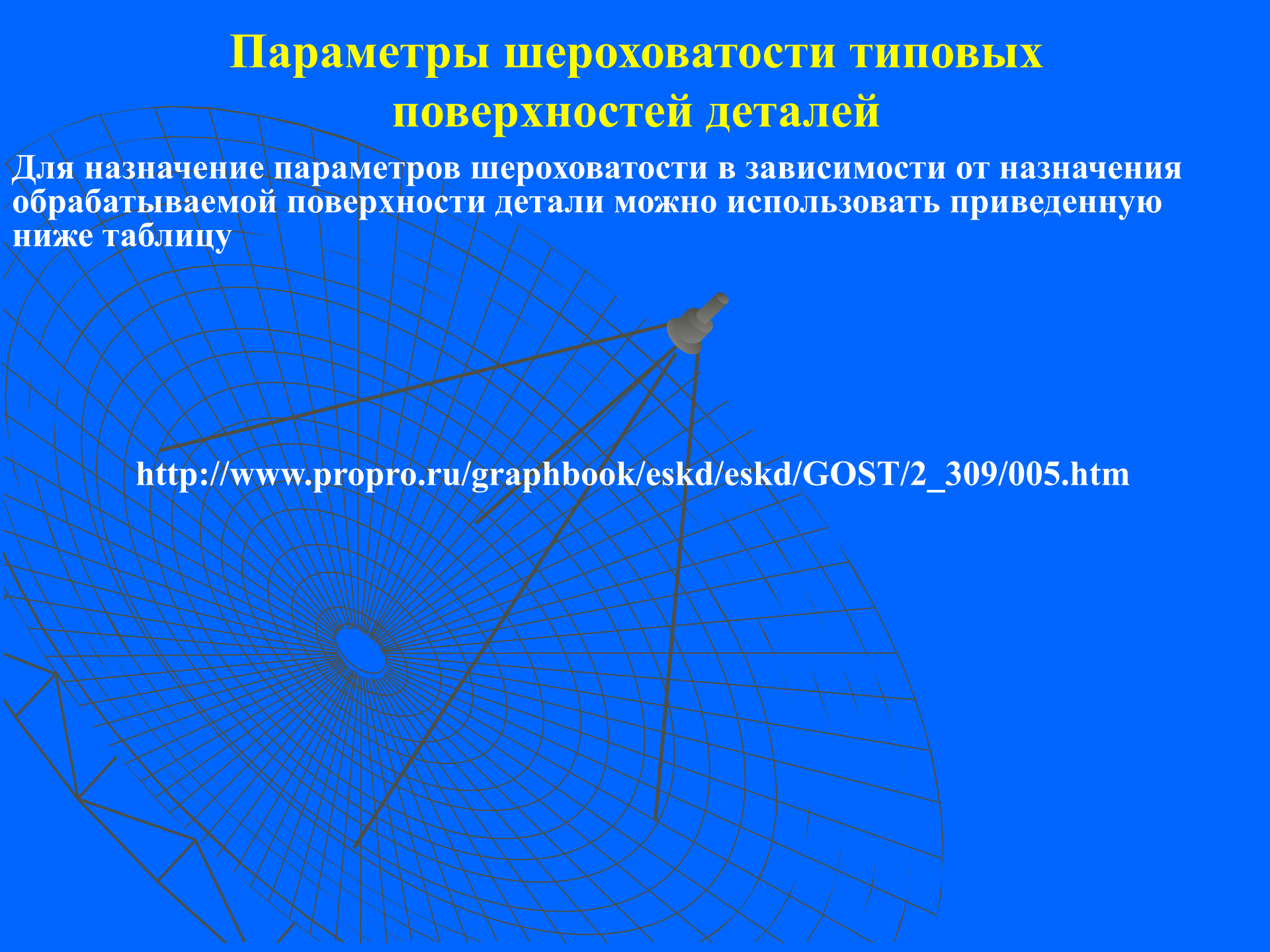
http://www.propro.ru/graphbook/eskd/eskd/GOST/2_309/004.htm



Параметры шероховатости типовых поверхностей деталей

Для назначения параметров шероховатости в зависимости от назначения обрабатываемой поверхности детали можно использовать приведенную ниже таблицу

http://www.propro.ru/graphbook/eskd/eskd/GOST/2_309/005.htm



Соотношение шероховатости поверхности с используемыми ранее классами шероховатости

В тех случаях, когда требования к шероховатости поверхности установлены по аналогии с ранее спроектированными изделиями, в которых нормирование производилось с помощью классов (допускалось применять до 1980 года), для выбора числовых значений параметров Ra и $Rz=R_{max}$ приведена табл.

http://www.propro.ru/graphbook/eskd/eskd/GOST/2_309/007.htm

Влияние отклонений формы и расположения поверхностей на качество изделий

Точность геометрических параметров деталей характеризуется не только точностью размеров ее элементов, но и точностью формы и взаимного расположения поверхностей. Отклонения формы и расположения поверхностей возникают в процессе обработки деталей из-за неточности и деформации станка, инструмента и приспособления; деформации обрабатываемого изделия; неравномерности припуска на обработку; неоднородности материала заготовки и т.п.

В подвижных соединениях эти отклонения приводят к уменьшению износостойкости деталей вследствие повышенного удельного давления на выступах неровностей, к нарушению плавности хода, шуму и т.д.

В неподвижных соединениях отклонения формы и расположения поверхностей вызывают неравномерность натяга, вследствие чего снижаются прочность соединения, герметичность и точность центрирования.

В сборках эти погрешности приводят к погрешностям базирования деталей друг относительно друга, деформациям, неравномерным зазорам, что вызывает нарушения нормальной работы отдельных узлов и механизма в целом; например, подшипники качения весьма чувствительны к отклонениям формы и взаимного расположения посадочных поверхностей. Отклонения формы и расположения поверхностей снижают технологические показатели изделий. Так, они существенно влияют на точность и трудоемкость сборки и повышают объем пригоночных операций, снижают точность измерения размеров, влияют на точность базирования детали при изготовлении и контроле.

Геометрические параметры деталей. Основные понятия

При анализе точности геометрических параметров деталей оперируют следующими понятиями.

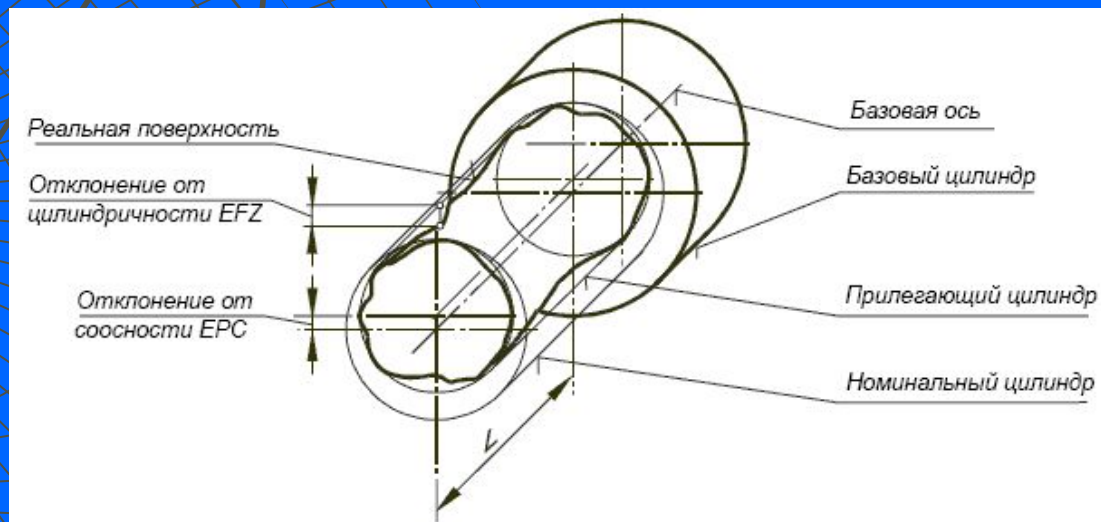
Номинальная поверхность - идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

Реальная поверхность - поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

Профиль - линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью (существуют понятия реального и номинального профилей, аналогичные понятиям номинальной и реальной поверхностей).

Нормируемый участок L - участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение.

Если нормируемый участок не задан, то допуск или отклонение относится ко всей рассматриваемой поверхности или длине рассматриваемого элемента. Если расположение нормируемого участка не задано, то он может занимать любое расположение в пределах всего элемента.



Прилегающая поверхность - поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении отклонений формы и расположения. Вместо прилегающего элемента для оценки отклонений формы или расположения допускается использовать в качестве базового элемента средний элемент, имеющий номинальную форму и проведенный методом наименьших квадратов по отношению к реальному.

База - элемент детали или сочетание элементов, по отношению к которым задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения.

Отклонения и допуски формы

Отклонением формы EF называется отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу. Неровности, относящиеся к шероховатости поверхности, в отклонения формы не включаются. При измерении формы влияние шероховатости, как правило, устраняется за счет применения достаточно большого радиуса измерительного наконечника.

Допуском формы TF называется наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Виды допусков формы

Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в табл. Числовые значения допусков в зависимости от степени точности приведены в приложении.

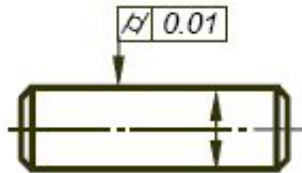
Выбор допусков зависит от конструктивных и технологических требований и, кроме того, связан с допуском размера. Поле допуска размера для сопрягаемых поверхностей ограничивает также и любые отклонения формы на длине соединения. Ни одно из отклонений формы не может превысить допуска размера. Допуски формы назначают только в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера. Примеры назначения допусков формы, рекомендуемые степени точности и соответствующие им способы обработки указаны в табл.

№ п/п	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642-81	Изображение на чертеже
1	Допуск цилиндричности <i>TFZ</i>	
2	Допуск круглости <i>TFK</i>	
3	Допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности <i>TFP</i>	
4	Допуск плоскостности <i>TFE</i>	
5	Допуск прямолинейности <i>TFL</i>	

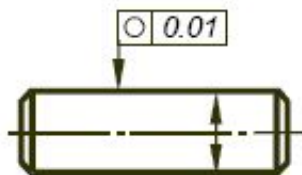
Пример нанесения допуска на чертеже
по ГОСТ 2.308-79

Изображение допуска и отклонения

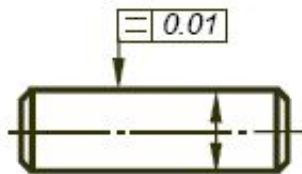
1. Допуск и отклонение от цилиндричности



2. Допуск и отклонение от круглости



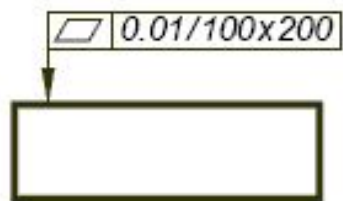
3. Допуск и отклонение профиля продольного сечения



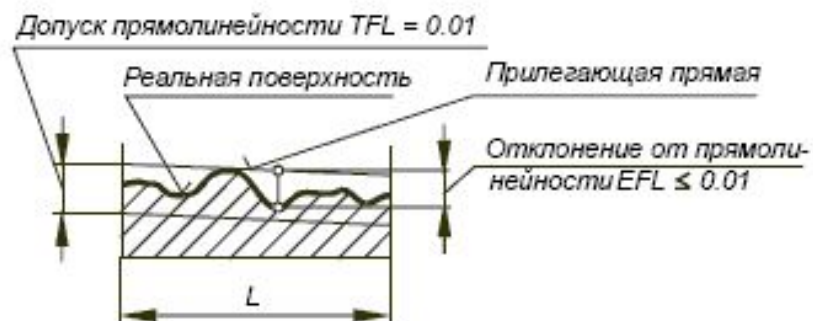
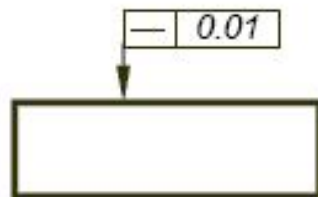
Пример нанесения допуска на чертеже
по ГОСТ 2.308-79

Изображение допуска и отклонения

4. Допуск и отклонение от плоскостности



5. Допуск и отклонение от прямолинейности



Отклонения и допуски расположения поверхностей

Отклонением расположения ER называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами.

Для оценки точности расположения поверхностей, как правило, назначают базы.

База – элемент детали (или выполняющее ту же функцию сочетание элементов), по отношению к которому задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяется соответствующее отклонение.

Допуском расположения называется предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей.

Поле допуска расположения TR – область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка, ширина или диаметр которой определяется значением допуска, а расположение относительно баз – номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Виды допусков расположения. Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены допуски, ограничивающие отклонения расположения между цилиндрическими и плоскими поверхностями.

Оценка величины отклонения расположения производится по расположению прилегающей поверхности, проведенной к реальной поверхности; таким образом исключаются из рассмотрения отклонения формы.

В графе “Примечания” (см. табл. 3.4) указаны допуски, которые могут назначаться либо в радиусном, либо в диаметральных выражениях.

При нанесении этих допусков на чертежах следует указывать соответствующий знак перед числовым значением допуска.
Числовые значения допусков в зависимости от степени точности даны в приложении

	Плоскость			Цилиндр		
	Вид допусков расположения, ГОСТ 24642-81	Изображение	Примечание	Вид допусков расположения, ГОСТ 24642-81	Изображение	Примечание
Плоскость	Параллельности TPA	//				
	Перпендикулярности TPR	$\perp$				
	Наклона TPN	$\angle$				
	Симметричности TPS	$\equiv$	$T, T/2$			
Цилиндр	Параллельности TPA	//		Параллельности осей $TPAx$	//	
	Перпендикулярности TPR	$\perp$		Перекося осей $TPAy$	//	
	Наклона TPN	$\angle$		Перпендикулярности TPR	$\perp$	
	Симметричности TPS	$\equiv$	$T, T/2$	Наклона TPN	$\angle$	
	Позиционный TPP	$\oplus$	$\varnothing, R$	Соосности TPC	$\odot$	$\varnothing, R$
				Позиционный TPP	$\oplus$	$\varnothing, R$
				Пересечения TPX	$\times$	$T, T/2$

Суммарные допуски и отклонения формы и расположения поверхностей.
ЕС называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно баз.
 Поле суммарного допуска формы и расположения **ТС** - это область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка.
 Это поле имеет заданное номинальное положение относительно баз.

Виды суммарных допусков.

Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в табл. Числовые значения допусков в зависимости от степени точности даны в приложении. Примеры назначения допусков на чертежах и изображение отклонений приведены в табл.

№ п/п	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642-81	Изображение на чертеже
1	Допуск торцового биения <i>TCA</i>	
2	Допуск полного торцового биения <i>TCTA</i>	
3	Допуск радиального биения <i>TCR</i>	
4	Допуск полного радиального биения <i>TCTR</i>	
5	Допуск биения в заданном направлении <i>TCD</i>	
6	Допуск формы заданного профиля <i>TCL</i>	
7	Допуск формы заданной поверхности <i>TCE</i>	

Зависимые и независимые допуски.

Допуски расположения или формы могут быть зависимыми или независимыми.

Зависимый допуск — это допуск расположения или формы, указываемый на чертеже в виде значения, которое допускается превышать на величину, зависящую от отклонения действительного размера рассматриваемого элемента от максимума материала.

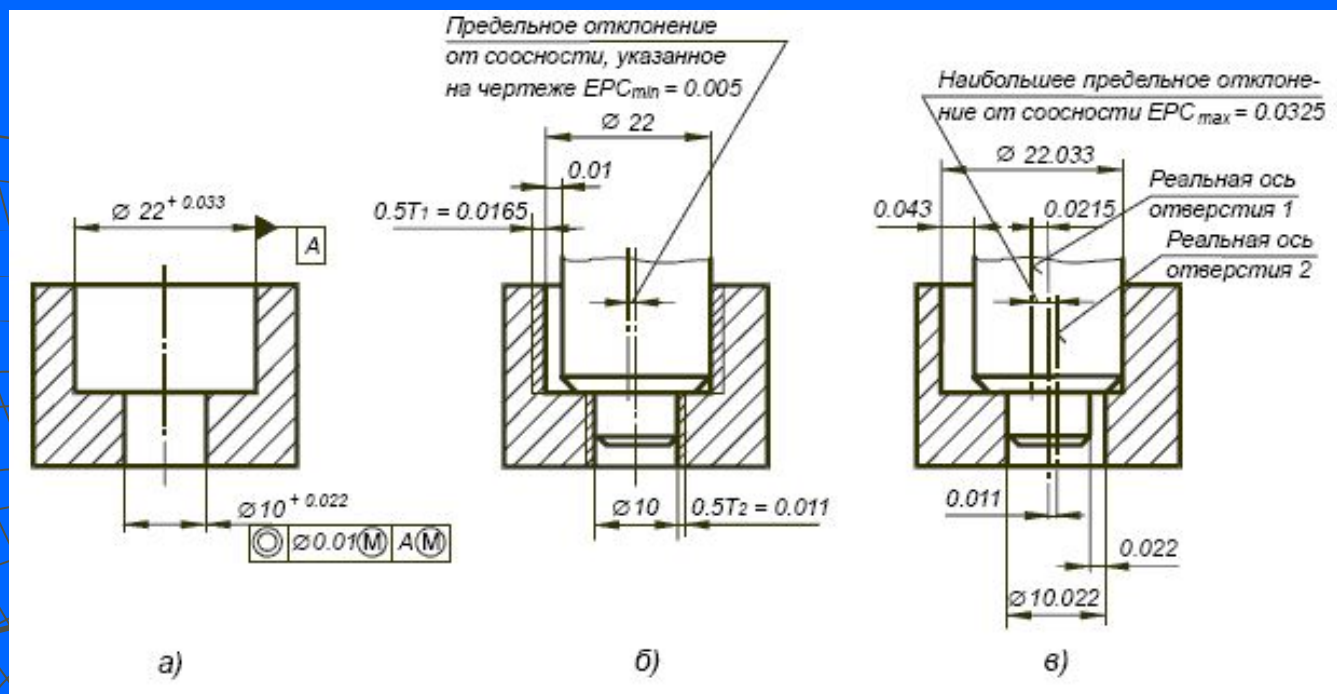
Зависимый допуск - переменный допуск, его минимальное значение указывается в чертеже и допускается превышать за счет изменения размеров рассматриваемых элементов, но так, чтобы их линейные размеры не выходили за пределы предписанных допусков.

Зависимые допуски расположения, как правило, назначают в тех случаях, когда необходимо обеспечить собираемость деталей, сопрягающихся одновременно по нескольким поверхностям.

В отдельных случаях при зависимых допусках имеется возможность перевести деталь из брака в годные путем дополнительной обработки, например, развертыванием отверстий. Как правило, зависимые допуски рекомендуется назначать для тех элементов деталей, к которым предъявляются только требования собираемости.

Зависимые допуски обычно контролируют комплексными калибрами, которые являются прототипами сопрягаемых деталей. Эти калибры только проходные, они гарантируют беспригоночную сборку изделий.

Пример назначения зависимого допуска приведен на рис. 3.2. Буква “М” показывает, что допуск зависимый, а способ указания - что значение допуска соосности можно превышать за счет изменения размеров обоих отверстий.



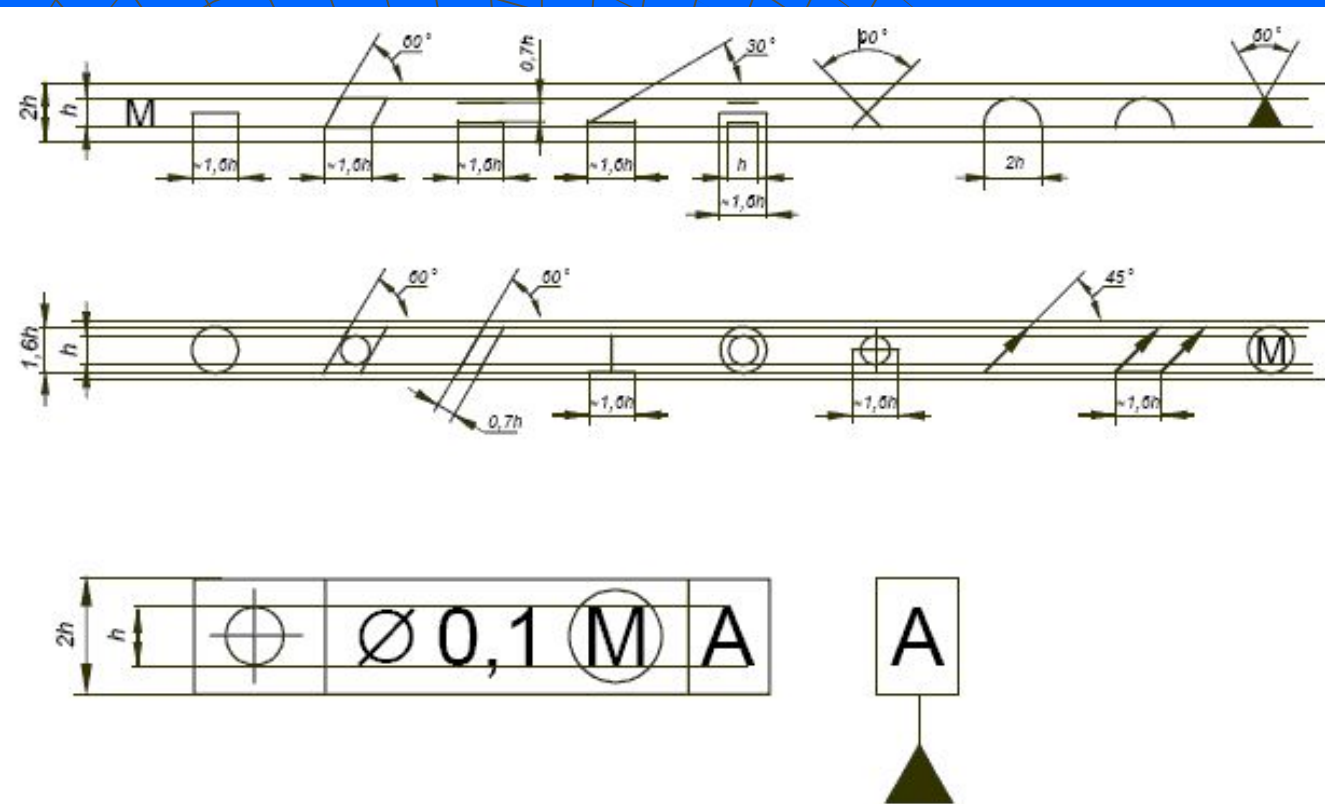
Из рисунка видно, что при выполнении отверстий с минимальными размерами предельное отклонение от соосности может быть не более. При выполнении отверстий с максимально допустимыми размерами значение предельного отклонения соосности может быть увеличено. Наибольшее предельное отклонение рассчитывается по формуле:

$$ERC_{max} = ERC_{min} + 0.5 D (T_1 + T_2); \quad ERC_{max} = 0.005 + 0.5 D (0.033 + 0.022) = 0.0325 \text{ мм}$$

Для зависимых допусков возможно назначение в чертежах их нулевых значений. Такой способ оказания допусков означает, что отклонения допустимы только за счет использования части допуска на размер элементов. Независимый допуск - это допуск расположения или формы, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей и не зависит от действительных размеров рассматриваемых поверхностей

Указание допусков формы и расположения поверхностей на чертежах

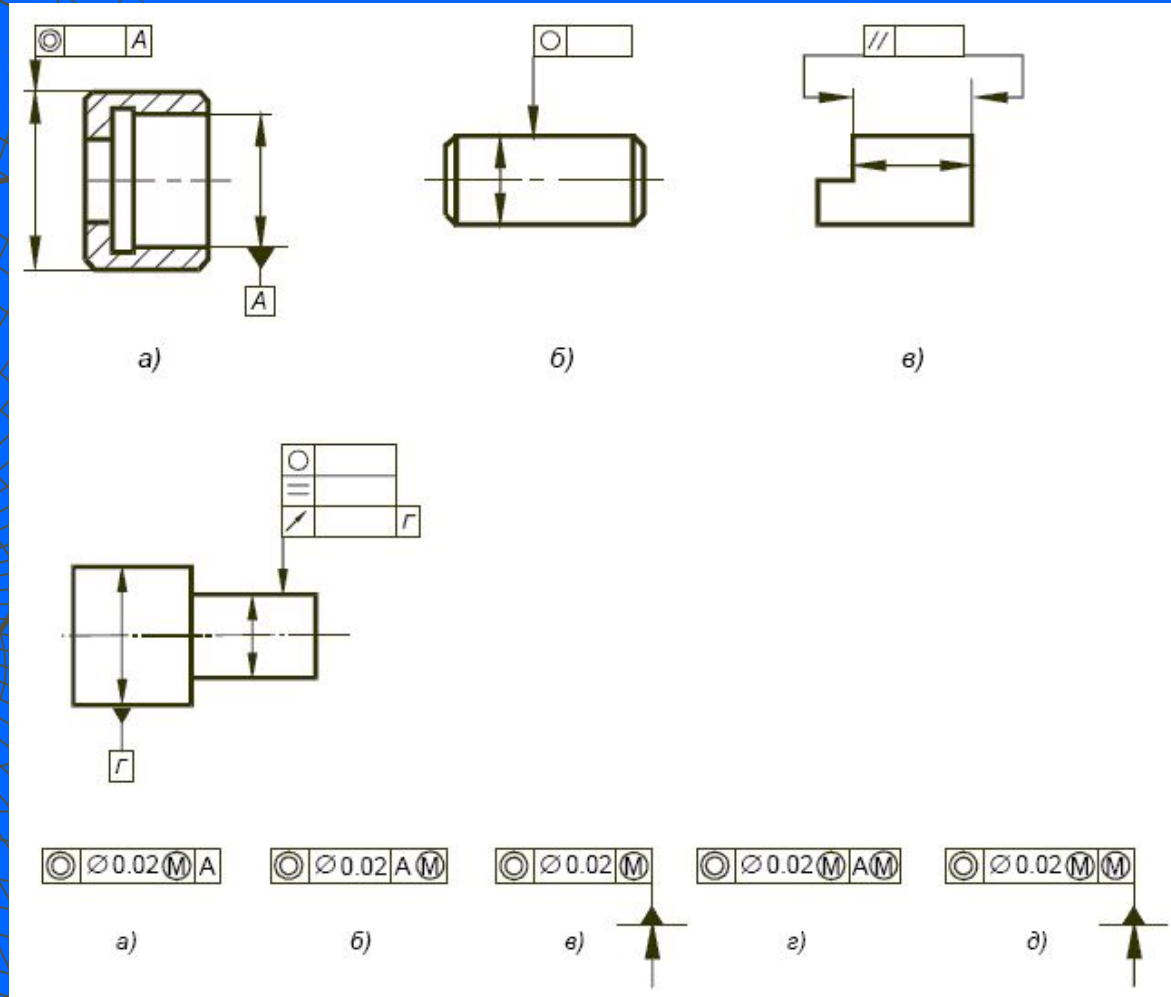
1. Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями. Указание допусков формы и расположения текстом в технических требованиях допустимо лишь в тех случаях, когда отсутствует знак вида допуска.



2. При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на части:

- в первой части – знак допуска;
- во второй части – числовое значение допуска, а при необходимости и длину нормируемого участка;
- в третьей и последующих частях – буквенное обозначение баз

4. Рамку рекомендуется выполнять в горизонтальном положении. Пересекать рамку допуска какими-либо линиями не допускается.
5. Если допуск относится к оси или к плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии (рис. 3.4, а). Если же отклонение или база относятся к поверхности, то соединительная линия не должна совпадать с размерной
6. Если размер элемента уже указан, размерная линия должна быть без размера, и ее рассматривают как составную часть условного обозначения допуска.
7. Числовое значение допуска действительно для всей поверхности или длины элемента, если не задан нормируемый участок.
8. Если для одного элемента необходимо задать два разных вида допуска, то рамки допуска можно объединять и располагать их так, как показано на рис



9. Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии с рамкой допуска или рамкой, в которой указывают буквенное обозначение базы.

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

11. Линейные и угловые размеры, определяющие номинальное расположение элементов, ограничиваемых допуском расположения, указывают на чертежах в прямоугольных рамках.

12. Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым.

Зависимые допуски обозначают так, как указано на рис.

3.6. Знак “М” помещают:

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

после буквенного обозначения базы (см. рис. 3.6, б) или без буквенного обозначения в третьей

части рамки (см. рис. 3.6, в), если зависимый допуск связан с действительными размерами базового

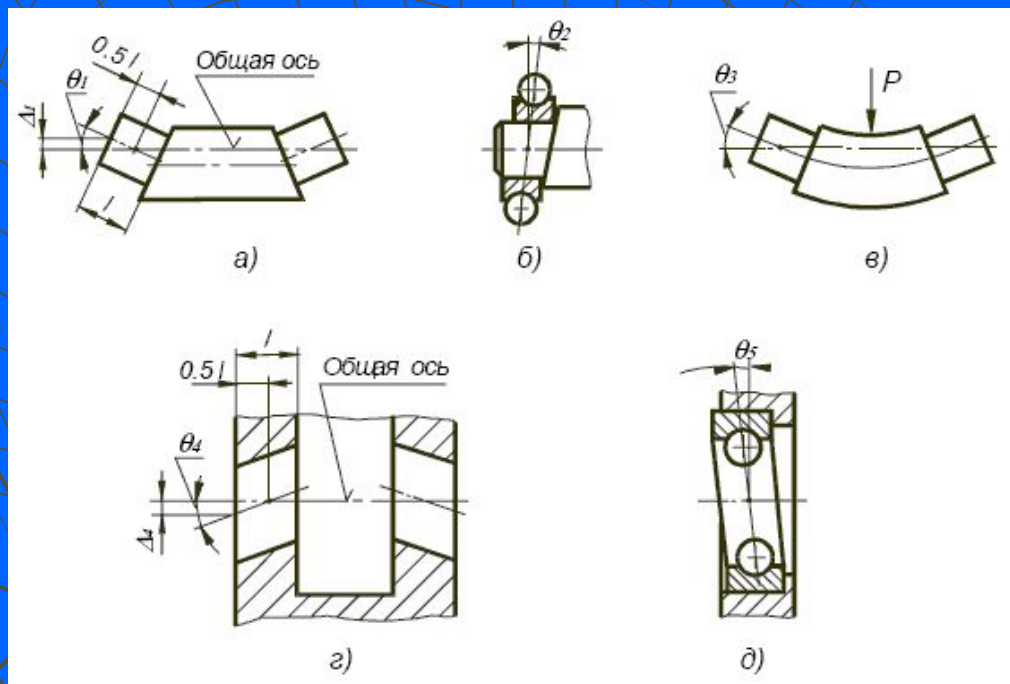
элемента;

после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (см. рис. 3.6, г) или без буквенного обозначения (см. рис. 3.6, д), если зависимый

допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

Допуски формы и расположения поверхностей деталей под подшипники качения

Взаимный перекос внутреннего и наружного колец подшипников вызывает появление дополнительного сопротивления вращению вала. Суммарный угол взаимного перекоса колец подшипника (рис.) в общем случае состоит из ряда углов, вызванных отклонениями расположения базовых элементов деталей: $\theta_{\Sigma} = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5$



θ_1 – угол, вызванный отклонением от соосности посадочной поверхности вала относительно общей оси;
 θ_2 – угол, вызванный отклонением от перпендикулярности базового торца вала или деталей, установленных на нем, относительно общей оси посадочных поверхностей вала; допустимые значения угла и соответствующие ему торцовые биения, установленные ГОСТ 3325-85;

θ_3 – угол прогиба линии вала под действием нагрузки); значение угла рассчитывается по соответствующим формулам;
 θ_4 – угол, вызванный отклонением от соосности посадочной поверхности отверстия относительно общей оси отверстий;
 θ_5 – угол, вызванный отклонением от перпендикулярности базового торца корпуса относительно общей оси;

Задание на самостоятельную работу

Прочитав конспект лекций ответить на следующие вопросы:

1. Органы по сертификации и испытательные лаборатории. Каковы обязанности основных участников сертификации?
2. Аккредитация органов и испытательных лабораторий. Каковы основные цели и принципы аккредитации?
3. Структура Российской системы аккредитации. Какие основные направления деятельности совета по аккредитации?
4. Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов. Что называют техническим регламентом и для чего он применяется?
5. Органы государственного контроля (надзора). Каков их состав и для чего они предназначены?
6. Объекты государственного контроля и надзора.
7. Права органов государственного контроля (надзора).
8. Обязанности органов государственного контроля (надзора).
9. Ответственность органов государственного контроля (надзора) и их должностных лиц.

А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. Метрология, стандартизация, сертификация. – М.: ЛОГОС, 2004., стр. 218-223