

Основные понятия о взаимозаменяемости.

Взаимозаменяемость и ее виды.

Взаимозаменяемость – свойство независимо изготовленных с заданной точностью деталей (сборочных единиц) обеспечить возможность бесподгоночной сборки (или замене при ремонте) сопрягаемых деталей в сборочные единицы, а сборочных единиц – в механизмы и машины при соблюдении предъявляемых к ним (сборочным единицам, механизмам, изделиям) технических требований.

Взаимозаменяемость бывает: полной, неполной (ограниченной), внешняя, внутренняя.

- *Полная взаимозаменяемость* – это взаимозаменяемость, при которой обеспечивается выполнение всех видов параметров с точностью, позволяющей производить беспригоночную сборку (или замену при ремонте) любых независимо изготовленных деталей в готовые изделия.
- *Неполная взаимозаменяемость* – это взаимозаменяемость, при которой в результате беспригоночной сборки получают готовое изделие, но для обеспечения заданной точности выходных характеристик (работоспособности изделия) предусматривается возможность выполнения дополнительных операций (для компенсации погрешностей первичных параметров) или групповой подбор деталей с размерами определенной группы.
- *Внешняя взаимозаменяемость* – это взаимозаменяемость отдельных изделий, которые собираются в более крупные по геометрическим и выходным параметрам.
- *Внутренняя взаимозаменяемость* - это взаимозаменяемость отдельных деталей или сборочных единиц, входящих в изделие по всем параметрам.

Основные понятия о размерах, предельных отклонениях допусках.

Основные понятия о взаимозаменяемости по геометрическим параметрам удобнее рассматривать на примере валов и отверстий и их соединений.

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Отверстие - термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Количественно геометрические параметры деталей оценивают посредством размеров.

Размер – числовое значение линейной величины в выбранных единицах измерений.

Размеры подразделяются на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер – это размер, относительно которого определяются отклонения.

Действительный размер – размер элемента, установленный измерением.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера элемента, между которыми находится (или которым может быть равен) действительный размер.

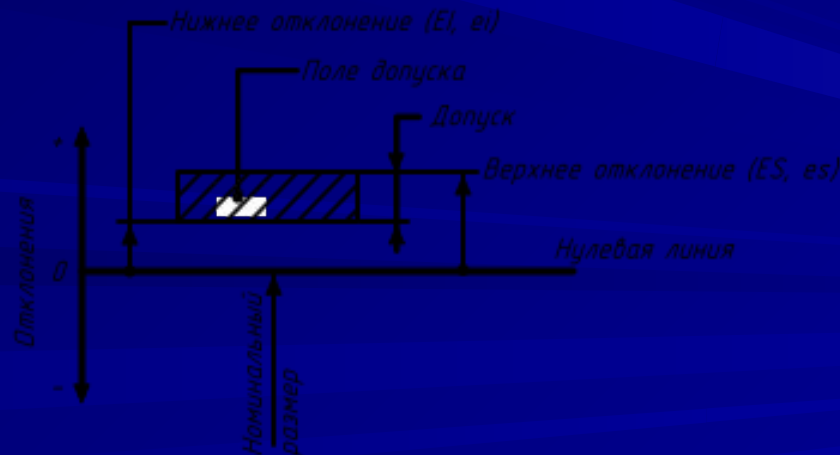
Отклонение – бывает верхнее и нижнее.

Верхнее отклонение ES, es (рис 1) – это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами (ES – верхнее отклонение отверстия, es – верхнее отклонение вала).

Нижнее отклонение EI, ei (рис 1) – это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами (EI – нижнее отклонение отверстия, ei – нижнее отклонение вала).

Помимо верхнего и нижнего отклонения пользуются термином:

- *действительное отклонение* – это алгебраическая разность между действительным и соответствующим номинальным размерами;
- *предельное отклонение* – алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.



Допуск T – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

Стандартный допуск IT – любой из допусков, устанавливаемых данной системой допусков и посадок.

Допуск характеризует точность размера.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое 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.

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

Используя приведенные выше определения, можно вычислить следующие характеристики валов и отверстий:

- наибольший предельный размер отверстия D
 $D_{\max} = D_n + ES,$

- наименьший предельный размер отверстия D
 $D_{\min} = D_n + EI,$

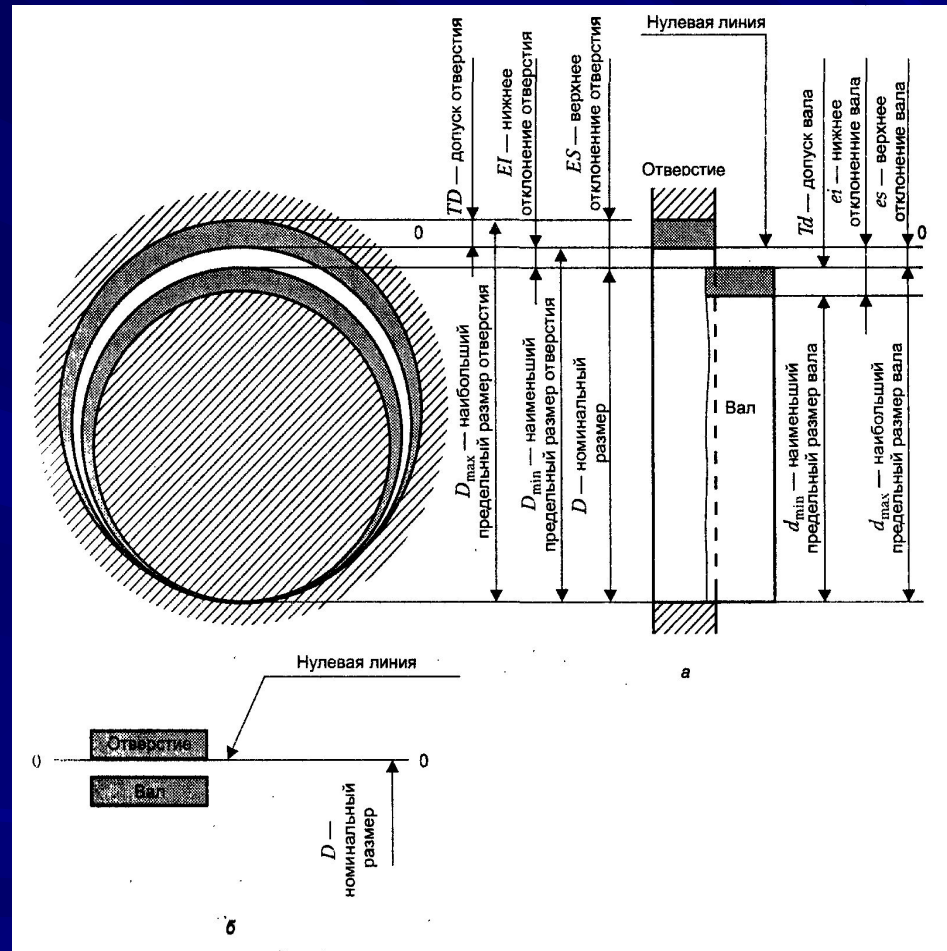
- наибольший предельный размер вала d ,
 $d_{\max} = d_n + es,$

- наименьший предельный размер вала d ,
 $d_{\min} = d_n + ei,$

допуск отверстия $TD = D_{\max} - D_{\min}$ или $TD = ES - EI,$

допуск вала $Td = d_{\max} - d_{\min}$ или $Td = es - ei$

Для наглядности все рассмотренные понятия удобно представить графически



Поля допусков отверстия и вала при посадке с зазором (отклонение отверстия положительны, отклонения вала отрицательны)

На чертежах вместо предельных размеров проставляют предельные отклонения от номинального размера. Учитывая, что отклонения могут быть положительными (+), отрицательными (-) и одно из них может равняться нулю, то возможно пять случаев положения поля допуска при графическом изображении:

- верхнее и нижнее отклонения положительные;
- верхнее отклонение положительное, а нижнее равно нулю;
- верхнее отклонение положительное, а нижнее отклонение равно нулю;
- верхнее отклонение равно нулю, а нижнее отклонение отрицательное;
- верхнее и нижнее отклонения отрицательные.

Понятия о соединениях и посадках.

Посадка – характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки. Посадка может быть: с зазором, с натягом или переходная.

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

Зазор S – это разность между размером отверстия (D) и вала (d) до сборки, если размер отверстия больше размера вала, т.е.

$$S = D - d > 0$$

Из формулы следует, что для этой разновидности посадок размер отверстия всегда больше или равен размеру вала. Для посадок с зазором характерно то, что выше поля допуска вала.

Зазор обеспечивает возможность относительного перемещения собранных деталей.

Наибольший зазор – это разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала т.е.

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

Наименьший зазор – это разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала, т.е.

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

В частном случае наименьший зазор может быть равен нулю.

Средний зазор (среднее арифметическое наименьшего и наибольшего зазоров)

$$S_m = (S_{\max} + S_{\min}) / 2$$

Допуск посадки с зазором ITS – сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение. Допуск посадки с зазором можно определить так же, как разность между наибольшим и наименьшим зазорами.

$$ITS = S_{\max} - S_{\min} = ITD + ITd$$

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

Натяг N – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия

$$N = d - D > 0,$$

Для посадки с натягом характерно то, что поле допуска вала располагается выше поля допуска отверстия.

Сборка деталей обычно производится с помощью пресса. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после сборки.

Наибольший натяг N – разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия до сборки.

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI,$$

Наименьший натяг N – это разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия до сборки.

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES,$$

Средний натяг N – среднее арифметическое наибольшего и наименьшего натягов.

$$N_m = (N_{\max} + N_{\min}) / 2,$$

Допуск посадки с натягом ITN – это разность между наибольшим и наименьшим натягами.

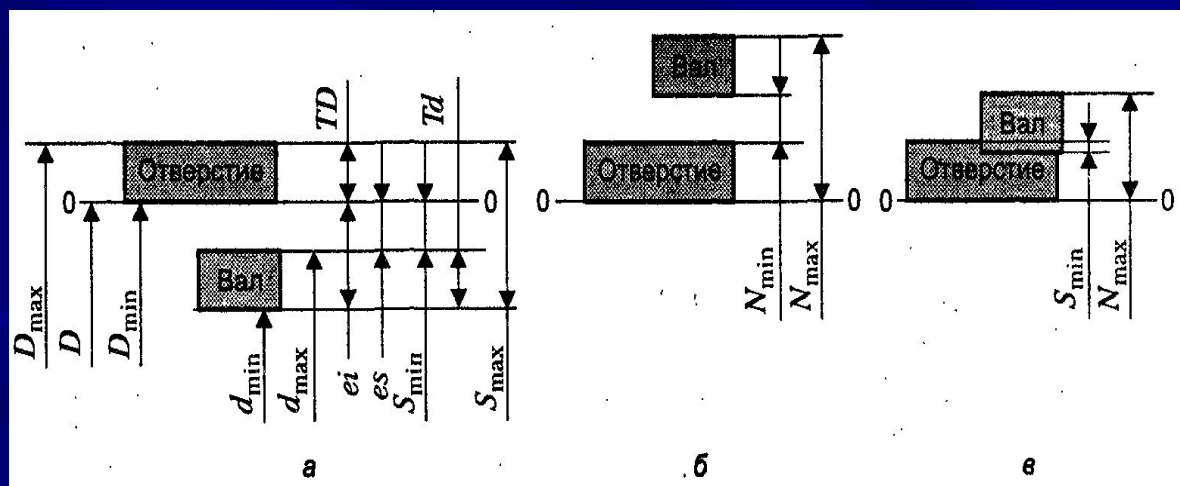
$$ITN = N_{\max} - N_{\min} = ITD + ITd.$$

Переходные посадки – посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга. Поле допуска отверстия и вала перекрываются частично или полностью.

Переходные посадки характеризуются наибольшим натягом N_{max} и наибольшим зазором S_{max} .

Допуск переходной посадки равен сумме полей допусков вала и отверстия, составляющих соединение.

$$IT_{NS} = N_{max} + S_{max} = IT_d + IT_D$$



Единые принципы построения систем допусков и посадок

Выпускаются отдельные стандарты на предельные отклонения и посадки различных видов соединений, но все они объединяются едиными принципами построения. Таких принципов семь.

Основные принципы ЕСПД:

1. Принцип применения рядов предпочтительных чисел
2. Принцип масштабных коэффициентов
3. Принцип применения коэффициентов точности
4. Принцип экономии материалы
5. Принцип унификации полей допусков
6. Принцип применения упрощающих способов построения посадок
7. Принцип приведения норм точности к определенному температурному режиму.

Система допусков и посадок – это совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартных таблиц.

В настоящее время большинство стран мира применяют системы допусков и посадок ИСО (Международная организация по стандартизации). В нашей стране переход на единую систему допусков и посадок (ЕСПД) и основные нормы взаимозаменяемости, которые основаны на стандартах и рекомендациях ИСО, начался с 1977.

Первый признак ЕСДП (Принцип применения рядов предпочтительных чисел) состоит в том, что с целью упрощения таблиц допусков и посадок номинальные размеры разбиты на диапазоны и интервалы.

- менее 1мм (ГОСТ 25347-82);
- от 1 до 500 мм; наиболее широко используемый (ГОСТ 25347-82);
- свыше 500-3150 мм (ГОСТ 25347-82);
- свыше 3150 до 10000 мм(ГОСТ 23348-82);
- свыше 10000 до 40000 мм;

Что позволяет учесть особенности достижения заданной точности различных размеров при изготовлении.

Для построения рядов допусков каждый из диапазонов, в свою очередь, разделен на несколько интервалов.

Расчет допусков и предельных отклонений для каждого интервала номинальных размеров производится по среднему геометрическому D его граничных значений ($D_{и\ min}$, $D_{и\ max}$)

$$D = \sqrt{D_{и\ min} D_{и\ max}}$$

Для интервала размеров до 3мм принято $D = \sqrt{3}$

Второй признак ЕСДП (принцип масштабных коэффициентов) заключается в принятой в соответствии с принципом масштабных коэффициентов **единицы допуска**.

Для построения систем допусков устанавливают единицу допуска i , I (Единица допуска i , I – множитель в формулах допусков, являющийся функцией номинального размера и служащий для определения числового значения допуска. Для размеров до 500 мм единица допуска обозначается буквой i , а для номинальных размеров свыше 500 мм – I), которая, отражает влияние технологических, конструктивных и метрологических факторов, выражает зависимость допуска от номинального размера, ограничиваемого допуском, и является мерой точности.

В ЕСДП для размеров 1-500мм единица допуска определяется по формуле:

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

а для диапазона размеров 500-1000мм по формуле:

$$I=0,004D+2,1$$

где D – среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала, мм.;

0,001 D- учитывает погрешность измерения.

Третьим признаком ЕСДП (принцип применения коэффициентов точности) является градация точности (ряды точности). В каждому изделии детали разного назначения изготовляют с различной точностью, в зависимости от требований, предъявляемым к ним. Для нормирования требуемой точности установлены квалитеты (степень точности).

Квалитет (степень точности) - совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. Для каждого квалитета существует закономерно построенный ряд полей допусков, в котором разные по величине размеры имеют одну и ту же относительную точность, определяемую коэффициентом а

Допуски деталей одинаковой точности содержат равное число единиц допуска a .

В ЕСПД предусмотрено 20 квалитетов, которые обозначаются порядковыми номерами, возрастающими с увеличением допуска:

01; 0; 1; 2; 3,, 16; 17; 18.

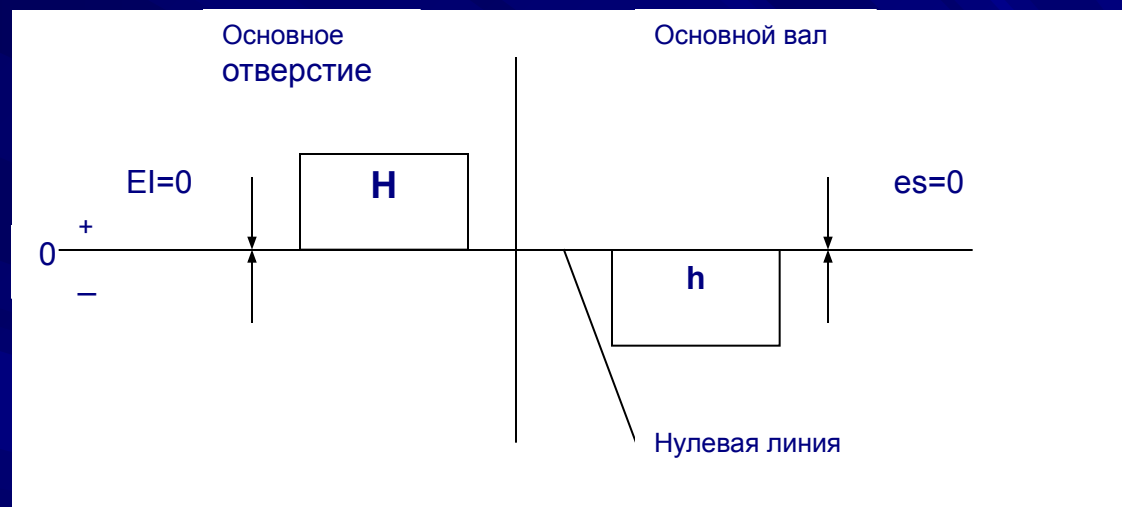
Величину допуска для 5-17 квалитета (для любого размера) получают умножением единицы допуска i на определенное, постоянное для данного квалитета число единиц допуска a , т.е.

$$IT = ai$$

Для других квалитетов допуски определяются по специальным формулам.

Отметим, что начиная с 6-го квалитета, количество единиц допуска (a) изменяется по геометрической прогрессии со знаменателем $\varphi = 1,6$ (ряд R5) это означает, что при переходе от одного квалитета к другому допуск возрастает в 1,6 раза (на 60%), а при переходе на 5 квалитетов – допуск увеличивается в 10 раз.

Четвертым признаком ЕСДП (принцип экономии материала) служит основное на принципе экономии металла предельно одностороннее расположение полей допусков основных деталей



Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю, т.е. $EI=0$.

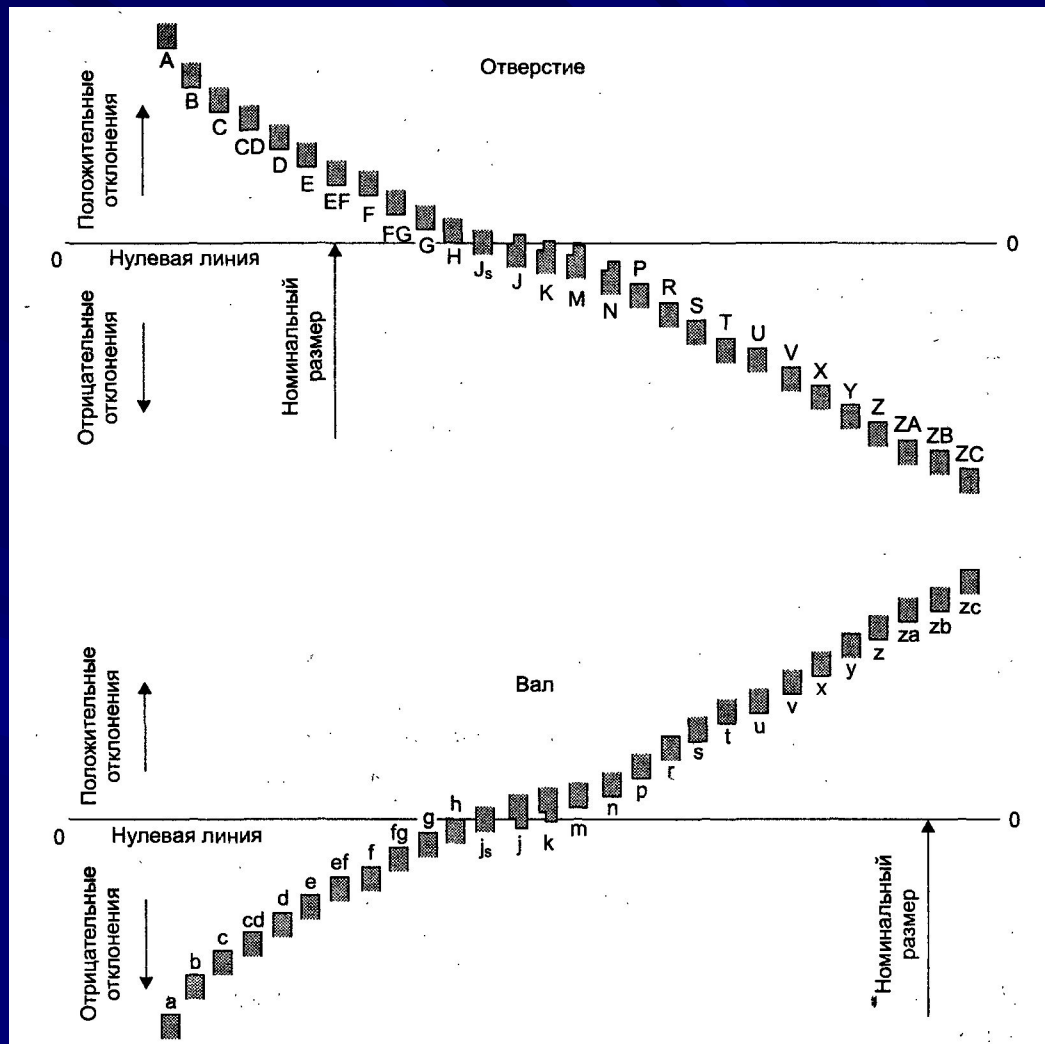
Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю, т.е. $es=0$.

Основное отверстие обозначается буквой H (на чертеже такие посадки обозначаются следующим образом: $\text{Ø}50H9/d9$; $\text{Ø}50H7/r6$; $\text{Ø}50H7/k6$.) а основной вал – h (на чертеже такие посадки обозначаются, например, $\text{Ø}50 D9/h9$; $\text{Ø}50R7/h6$; $\text{Ø}50K7/h6$).

Пятым признаком ЕСДП (принцип унификации полей допусков) является расположение полей допусков.

Основное отклонение – одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии. Основное отклонение (положение поля допуска относительно нулевой линии), зависящее от нормального размера, обозначается буквой латинского алфавита — прописной для *отверстий* (от A до Z) и строчной - для *валов* (от a до z) На рис. приведены основные отклонения отверстий и валов в системах ИСО и ЕСДП.

Поля	Отв	A	B	C	CD	E	EF	F	FG	G	H	J(JS)	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
Д о п у с к а	Вал	a	b	c	cd	e	ef	f	fg	g	h	j(js)	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc

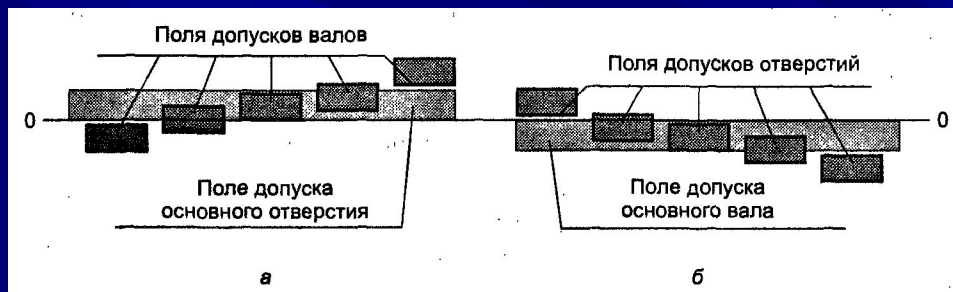


Основные отклонения отверстий и валов

Шестым признаком ЕСДП предусмотрены посадки в системе отверстия и в системе вала.

Посадки в системе отверстия- посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия.

Посадки в системе вала- посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстия с полем допуска основного вала.



Схемы расположения полей допусков отверстий и валов в системе отверстия и системе вала.

Основные отклонения валов от a до h и отверстий от A до H используются для образования полей допусков, предназначенных для образования полей допусков, предназначенных для посадок с зазором соответственно в системе отверстия и в системе вала.

В переходных посадках используются чаще всего основные отклонения от js до n у валов, от JS до N у отверстий .

Для полей допусков с использованием букв JS и js можно сказать, что у них среднее отклонение (а не основное) равно нулю.

Основное отклонения валов от p до zs и отверстия от P до ZS используются в основном для образования полей допусков для посадок с натягом.

Седьмым признаком ЕСДП служит температурный режим. В зависимости от температуры, которую имеет изготовленная деталь, размеры будут различные. Поэтому установлено, что стандартные допуски и посадки относятся к деталям, размеры которых определены при нормальной температуре 20°C

Неравномерность температурного поля в помещении, разность коэффициентов линейного расширения контролируемых изделий и измерительных средств являются причинами температурных погрешностей.

Погрешность измерения можно определить по формуле

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

Нанесение предельных отклонений размеров на чертежах. Обозначение посадок

Нанесение предельных отклонений на чертежах регламентируется ГОСТ 2.307-2011, входящим в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД). Предусмотрено три способа указания отклонений:

- числовыми значениями предельных отклонений;
- условными обозначениями полей допусков;
- условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений;

Обозначение посадки на сборочном чертеже регламентируется ГОСТ 2.307-68 и состоит из указаний номинального размера и полей допусков отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала, например 30H7/n6.

