

Тема 2.4 Основы взаимозаменяемости.

Взаимозаменяемостью называется свойство одних и тех же деталей, узлов или агрегатов машин и т.д., 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.

Указанные свойства изделий возникают в результате осуществления научно-технических мероприятий, объединяемых понятием "*принцип взаимозаменяемости*".

Наиболее широко применяют *полную взаимозаменяемость*, которая обеспечивает возможность беспригоночной сборки (или замены при ремонте) любых независимо изготовленных с заданной точностью одностипных деталей в сборочные единицы, а последних — в изделия при соблюдении предъявляемых к ним (к сборочным единицам или изделиям) технических требований по всем параметрам качества.

При **полной взаимозаменяемости**:

- **упрощается процесс сборки** — он сводится к простому соединению деталей рабочими преимущественно невысокой квалификации;
- появляется возможность **точно нормировать** процесс сборки во времени, устанавливать необходимый темп работы и применять поточный метод;
- создаются **условия для автоматизации** процессов изготовления и сборки изделий, а также широкой специализации и кооперирования заводов (при которых завод-поставщик изготавливает унифицированные изделия, сборочные единицы и детали ограниченной номенклатуры и поставляет их заводу, выпускающему основные изделия);
- **упрощается ремонт изделий**, так как любая изношенная или сломанная деталь или сборочная единица может быть заменена новой (запасной).

Иногда для удовлетворения эксплуатационных требований необходимо изготавливать детали и сборочные единицы *с малыми экономически неприемлемыми или технологически трудно выполнимыми допусками*. В этих случаях для получения требуемой точности сборки применяют групповой подбор деталей (*селективную сборку*), компенсаторы, регулирование положения некоторых частей машин и приборов, пригонку и другие дополнительные технологические мероприятия при обязательном выполнении требований к качеству сборочных единиц и изделий. Такую *взаимозаменяемость называют неполной (ограниченной)*. Ее можно осуществлять не по всем, а только по отдельным геометрическим или другим параметрам.

Внешняя взаимозаменяемость — это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в другие более сложные изделия) и сборочных единиц по эксплуатационным показателям, а также по размерам и форме присоединительных поверхностей.

Например, в электродвигателях внешнюю взаимозаменяемость обеспечивают по частоте вращения вала и мощности, а также по размерам присоединительных поверхностей; в подшипниках качения — по наружному диаметру наружного кольца и внутреннему диаметру внутреннего кольца, а также по точности вращения.

Внутренняя взаимозаменяемость распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие.

Например, в подшипнике качения внутреннюю групповую взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца.

Уровень взаимозаменяемости производства можно характеризовать коэффициентом взаимозаменяемости K_B , равным отношению трудоемкости изготовления взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц к общей трудоемкости изготовления изделия.

Значение этого коэффициента может быть различным, однако степень его приближения к единице является объективным показателем технического уровня производства.

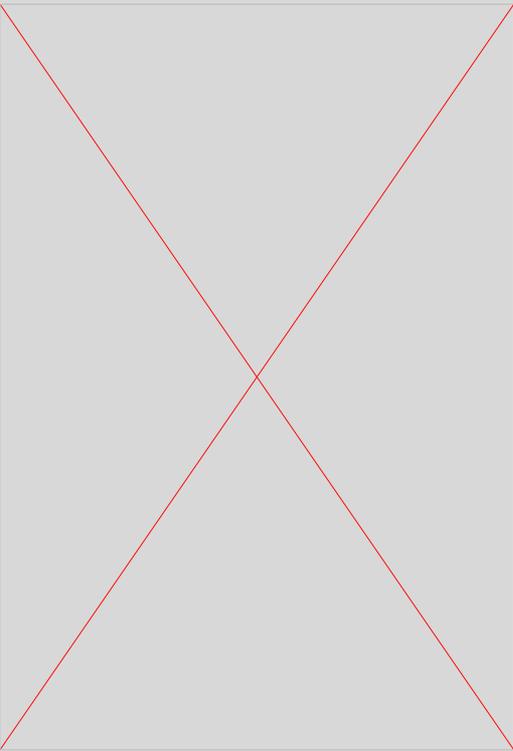
Взаимозаменяемость, при которой обеспечивается работоспособность изделий с оптимальными и стабильными во времени эксплуатационными показателями или с оптимальными показателями качества функционирования для сборочных единиц, называют *функциональной*.

Размеры, непосредственно или косвенно влияющие на эксплуатационные показатели машины или служебные функции узлов и деталей, называются *функциональными*. Они могут быть как у сопрягаемых (например, у вала и отверстия), так и у несопрягаемых поверхностей (например, размер пера лопатки турбины, размеры каналов жиклеров карбюраторов и т. п.)

Принципы построения системы допусков и посадок

Системой допусков и посадок (СДП)

называется совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

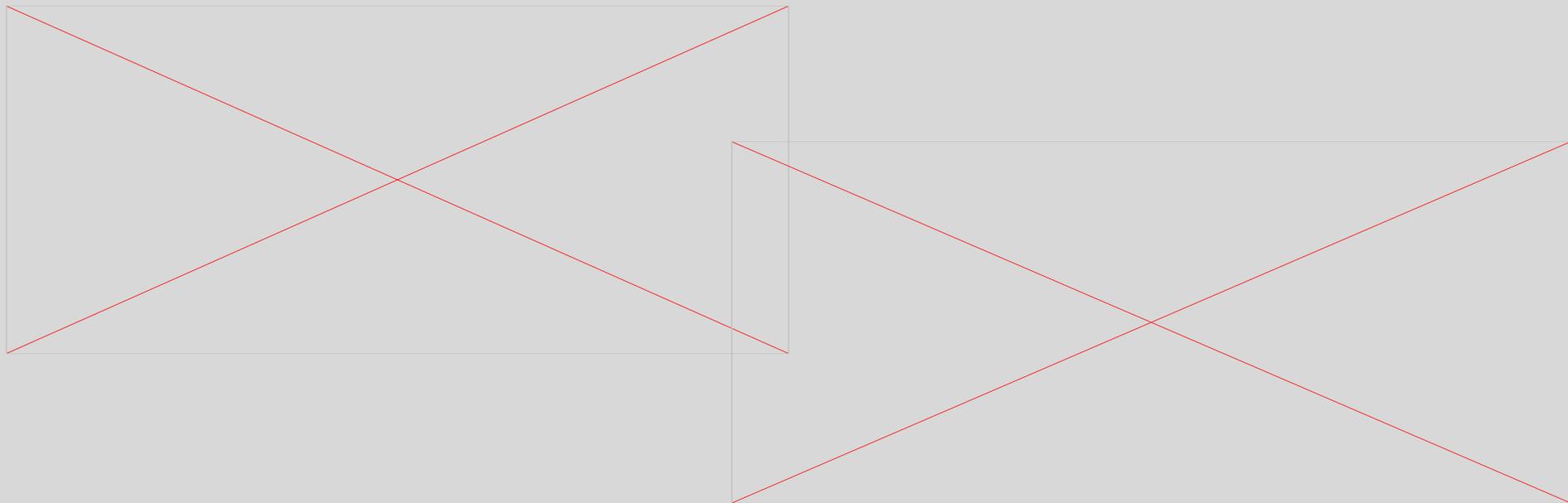


Получить при изготовлении абсолютно точное идеальное значение параметра нельзя. Поэтому на все параметры детали должны быть назначены пределы, ограничивающие их погрешности, то есть ***наибольшее*** и ***наименьшее допустимые значения параметра*** (рисунок).

Эти пределы в процессе изготовления и контроля деталей являются **критериями их годности.**

Термины «отверстие» и «вал» применяют для описания следующих размерных элементов:

- **цилиндр** (например, при установлении допуска на диаметр отверстия или вала)
- **две параллельные противоположные плоскости** (например, для установления допуска на толщину шпонки или ширину шлицевого паза).



Если элемент детали не является «валом» или «отверстием», то его относят к «остальным размерам» (например, уступы, расстояния между осями отверстий и т.п.).

Размеры, предельные отклонения и допуски.

На чертеже должны быть проставлены все размеры, необходимые для изготовления детали и ее контроля.

Размер — это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения. Размеры подразделяют **на номинальные, действительные, предельные.**

Номинальный — номинальный размер (nominal size): Размер геометрического элемента идеальной формы, определенной чертежом. Номинальный размер используют для расчета предельных размеров путем его сложения с верхним и/или нижним предельным отклонением.

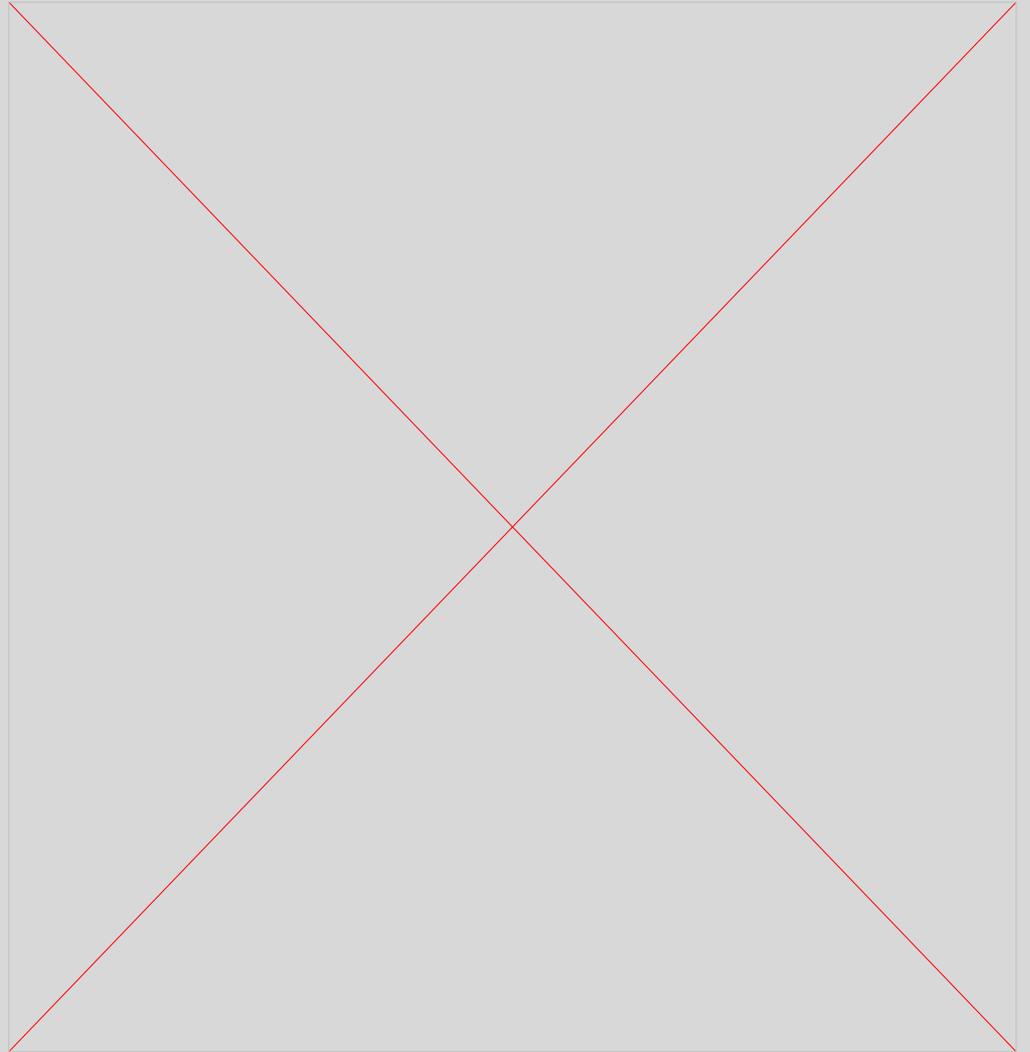
Действительный размер (actual size): Размер присоединенного полного элемента. Действительный размер получают путем измерения.

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

Предельные размеры на предписанной длине должны быть истолкованы следующим образом:

Наибольший предельный размер — это наибольший допустимый размер элемента,

наименьший — это наименьший допустимый размер элемента (рис.).



ГОСТ 25346 - 89 установлены связанные с предельными размерами новые термины — "проходной" и "непроходной" пределы.

Термин **"проходной предел"** применяют к тому из двух предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, а именно верхнему пределу для вала, нижнему - для отверстия. В случае применения предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом проходным калибром.

Термин **"непроходной предел"** применяют к тому из двух предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, а именно нижнему пределу для вала, верхнему - для отверстия. В случае применения предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом непроходным калибром.

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.

- **Верхнее отклонение ES, es** — алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами (черт. 2).

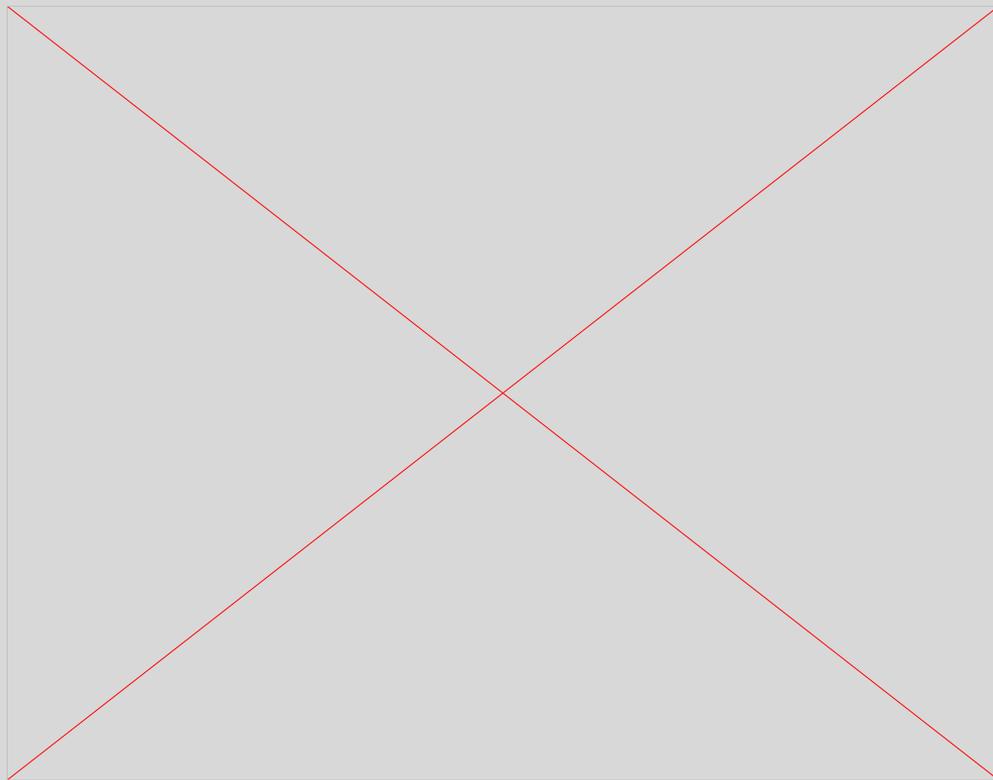
Примечание.

ES - верхнее отклонение отверстия;
 es - верхнее отклонение вала.

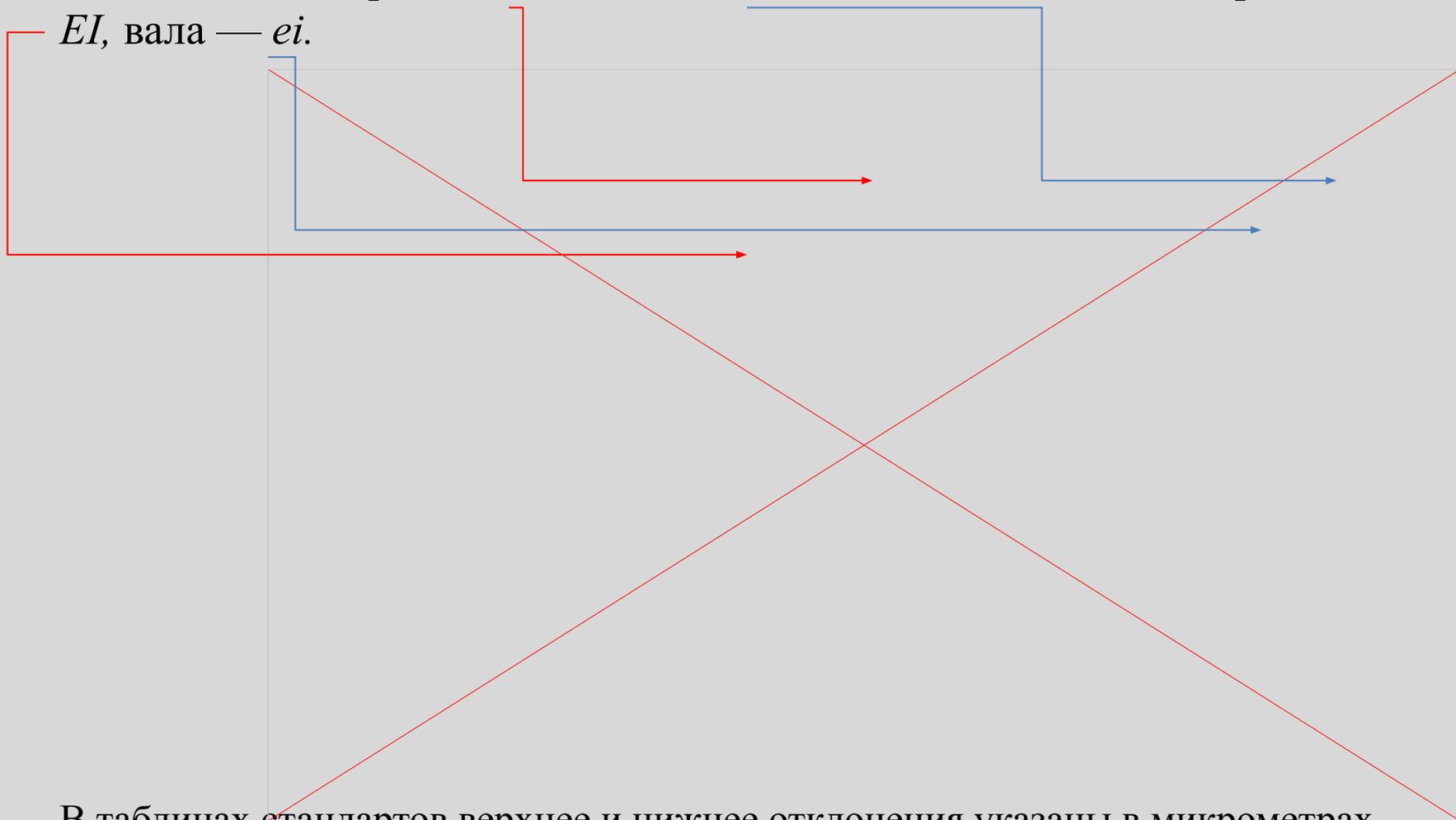
- **Нижнее отклонение EI, ei** — алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами (черт. 2).

Примечание.

$E I$ - нижнее отклонение отверстия;
 ei - нижнее отклонение вала.

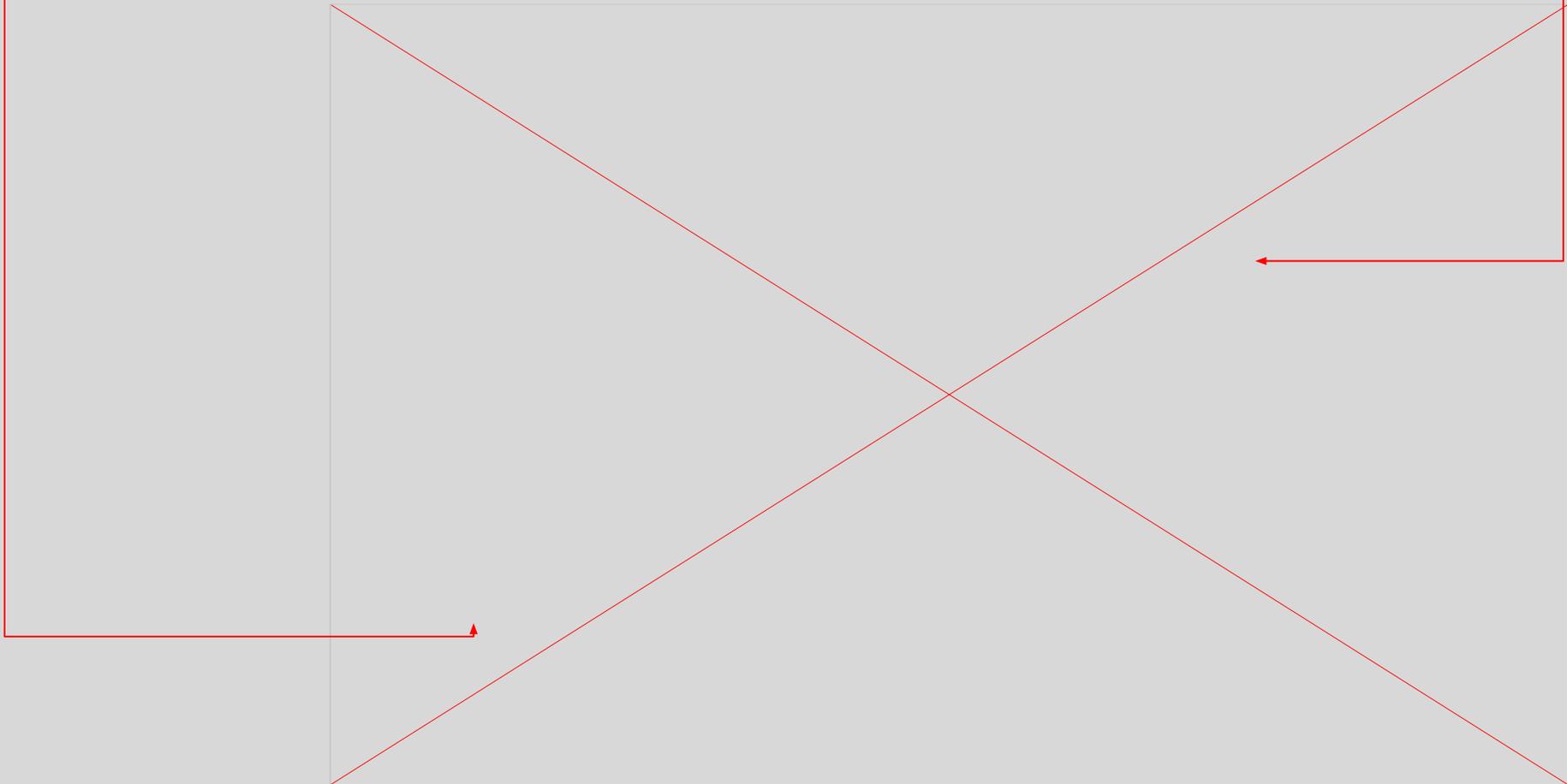


В ГОСТ 25346 - 89 приняты условные обозначения: верхнее отклонение отверстия ES , вала — es , нижнее отклонение отверстия EI , вала — ei .

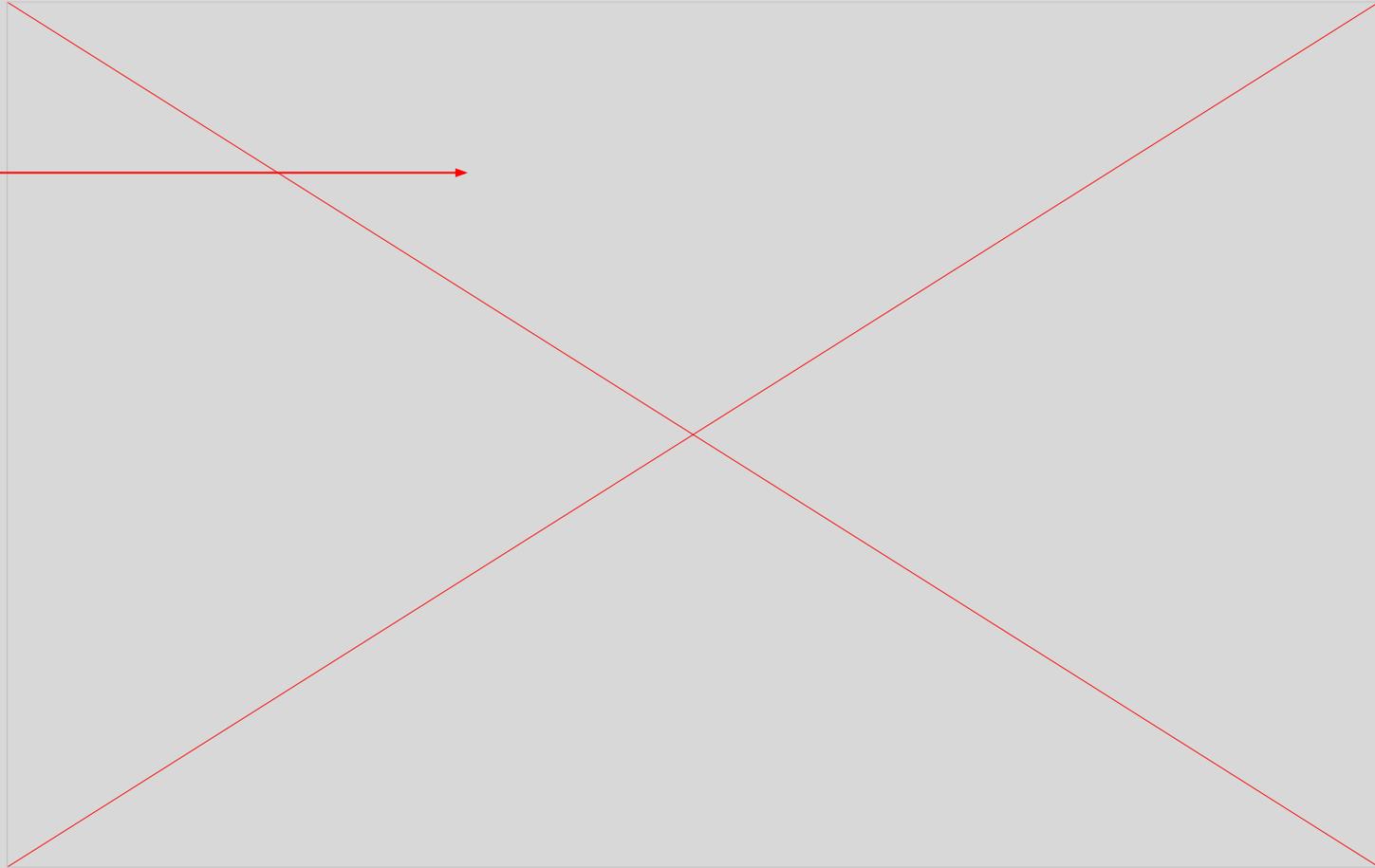


В таблицах стандартов верхнее и нижнее отклонения указаны в микрометрах (мкм), на чертежах — в миллиметрах (мм). Отклонения, равные нулю, не указываются. На рис. 2.3 даны примеры простановки отклонений на чертежах деталей и соединения.

- ***Нулевая линия*** — это 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 (см. рис.).

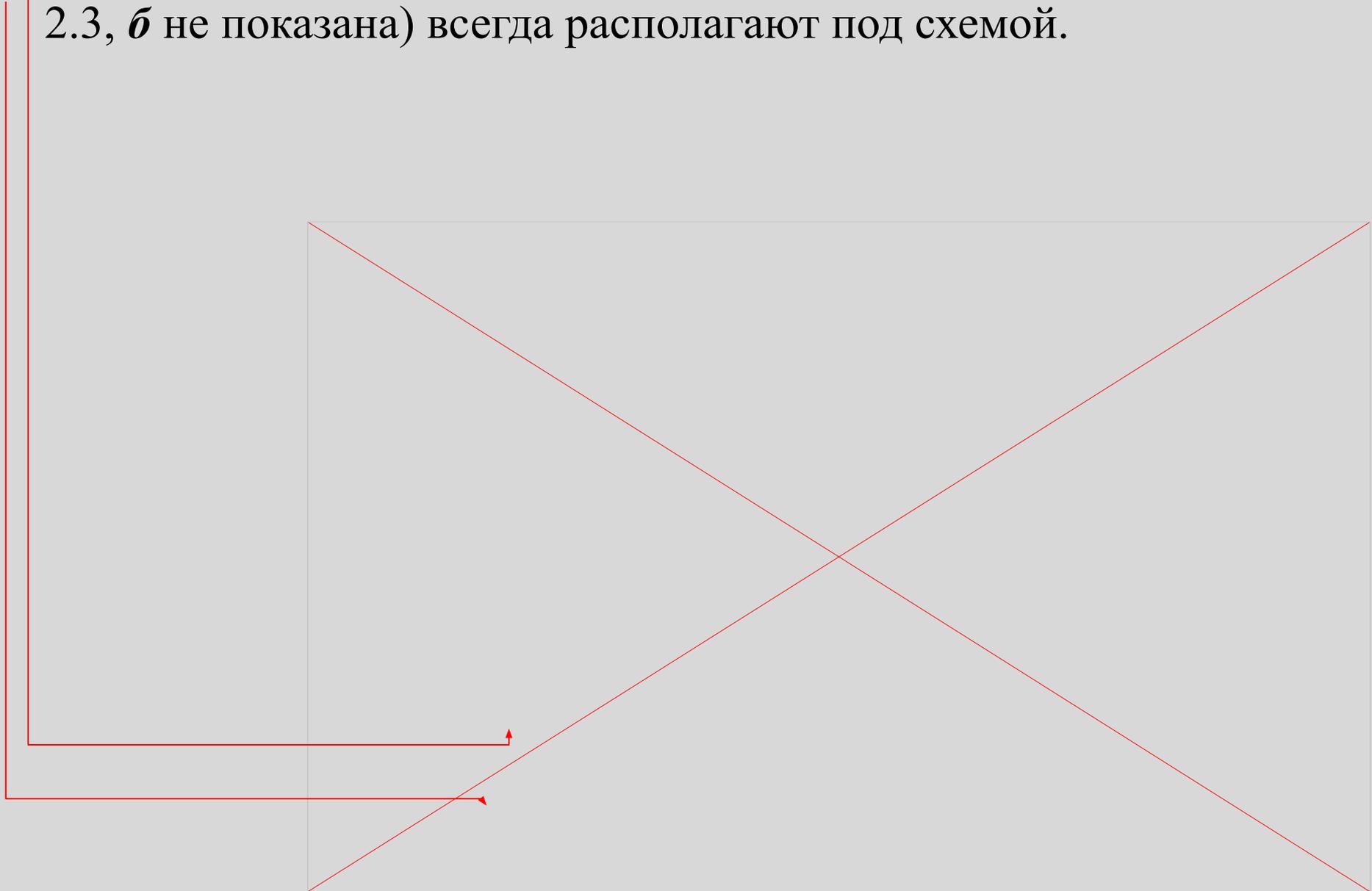


- *Допуск* – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями (см. рис.).

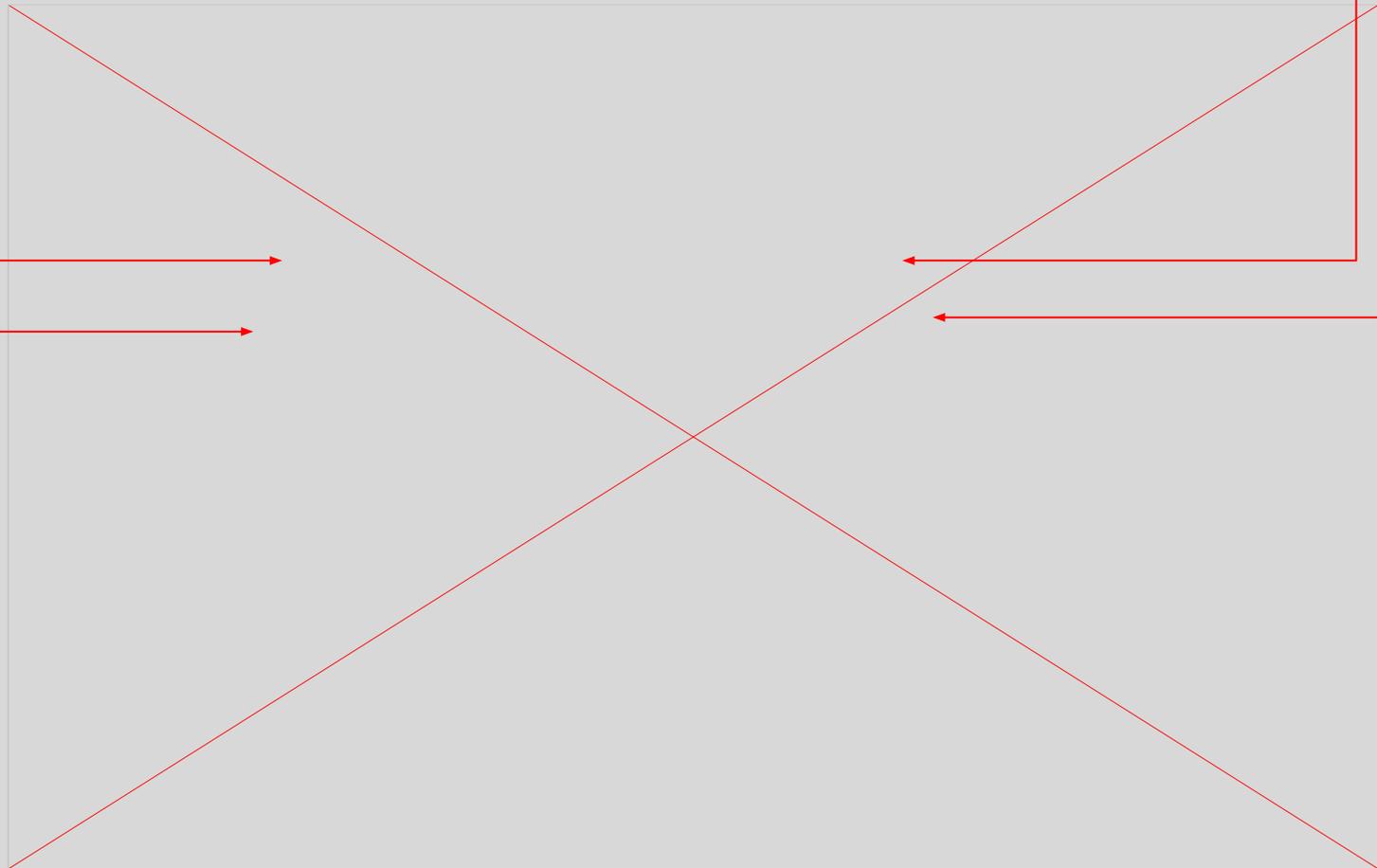


Буквы в аббревиатуре ИТ являются сокращением от словосочетания «Международный допуск» («International Tolerance»)..

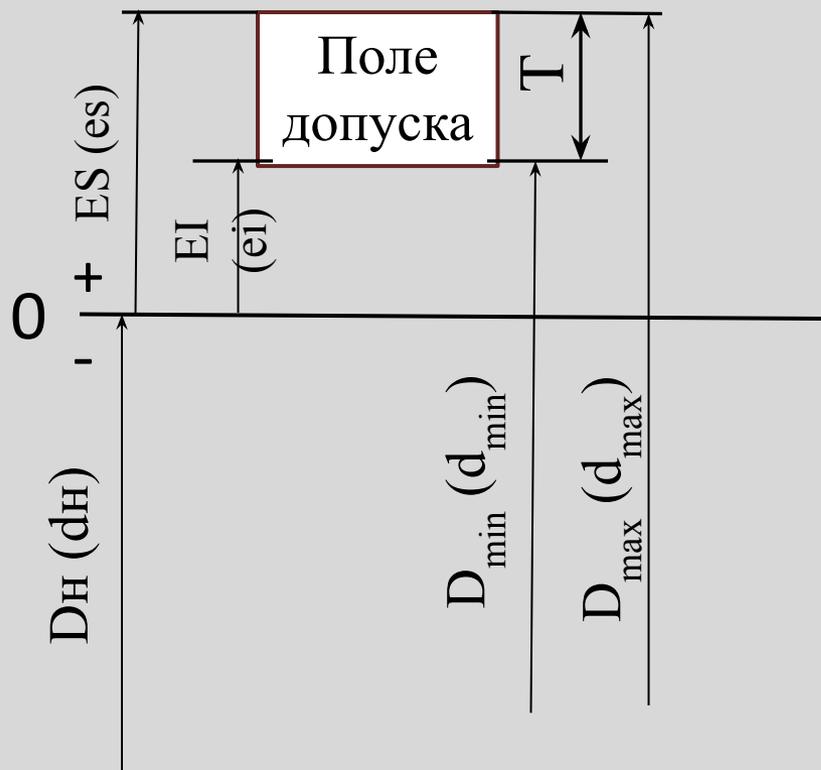
- Для упрощения допуски можно *изображать графически в виде полей допусков* (рис. 2.3, *б*). При этом ось изделия (на рис. 2.3, *б* не показана) всегда располагают под схемой.



- ***Поле допуска*** — это 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.



Графическое изображение полей допусков

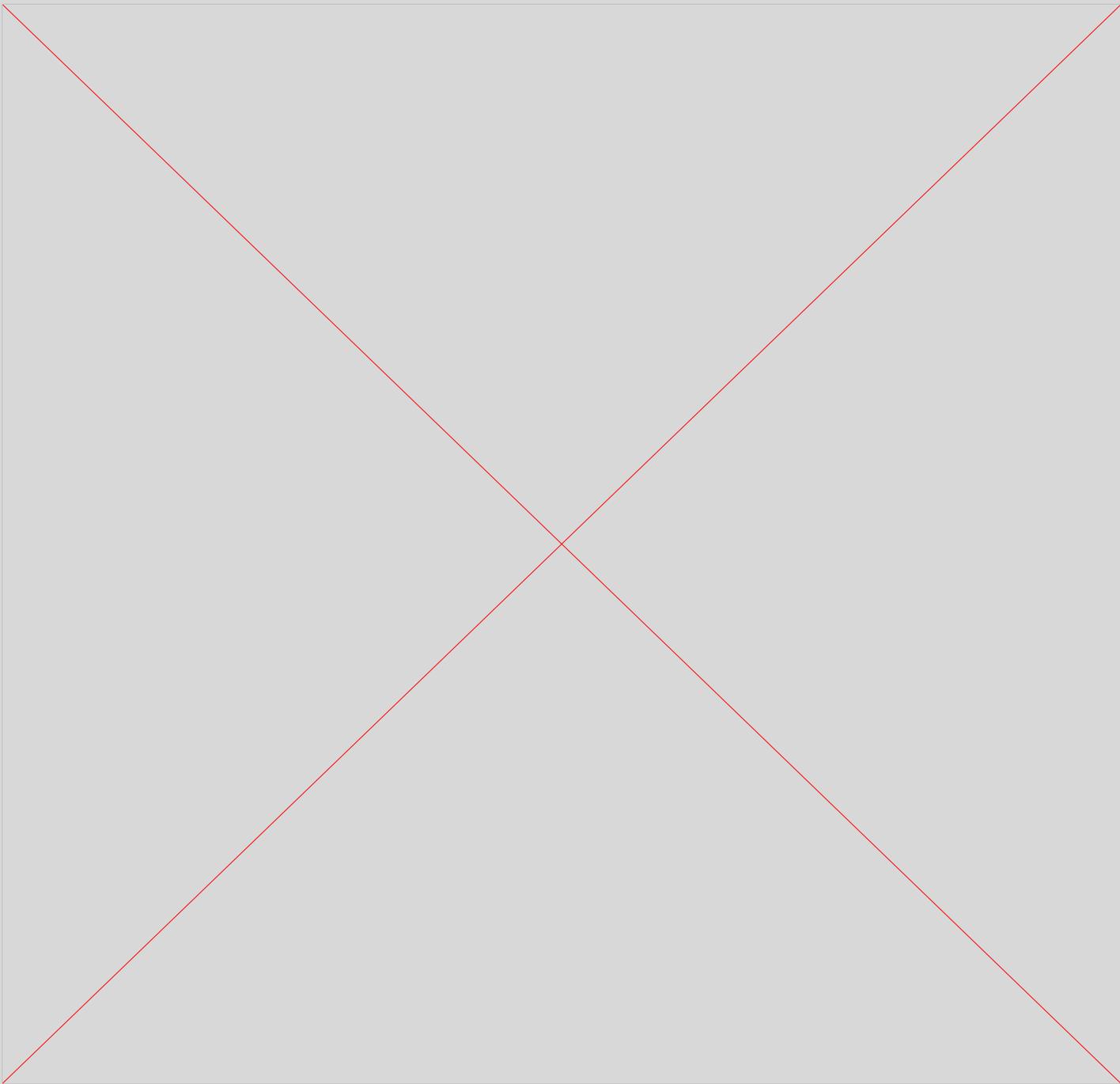


D_H (d_H) – номинальный размер;
 ES (es) – верхнее отклонение;
 EI (ei) – нижнее отклонение;
 T – величина поля допусков.

D_{max} (d_{max}) = D_H (d_H) + ES (es) –
наибольший предельный размер;

D_{min} (d_{min}) = D_H (d_H) + EI (ei) –
наименьший предельный размер.

**Отклонения перед своим числовым значением ВСЕГДА
имеют знак «+» или «-» !!!**



Поле допуска образуется сочетанием условного обозначения

- основного отклонения (используются буквы латинского алфавита)
- качества (обозначается цифрой).

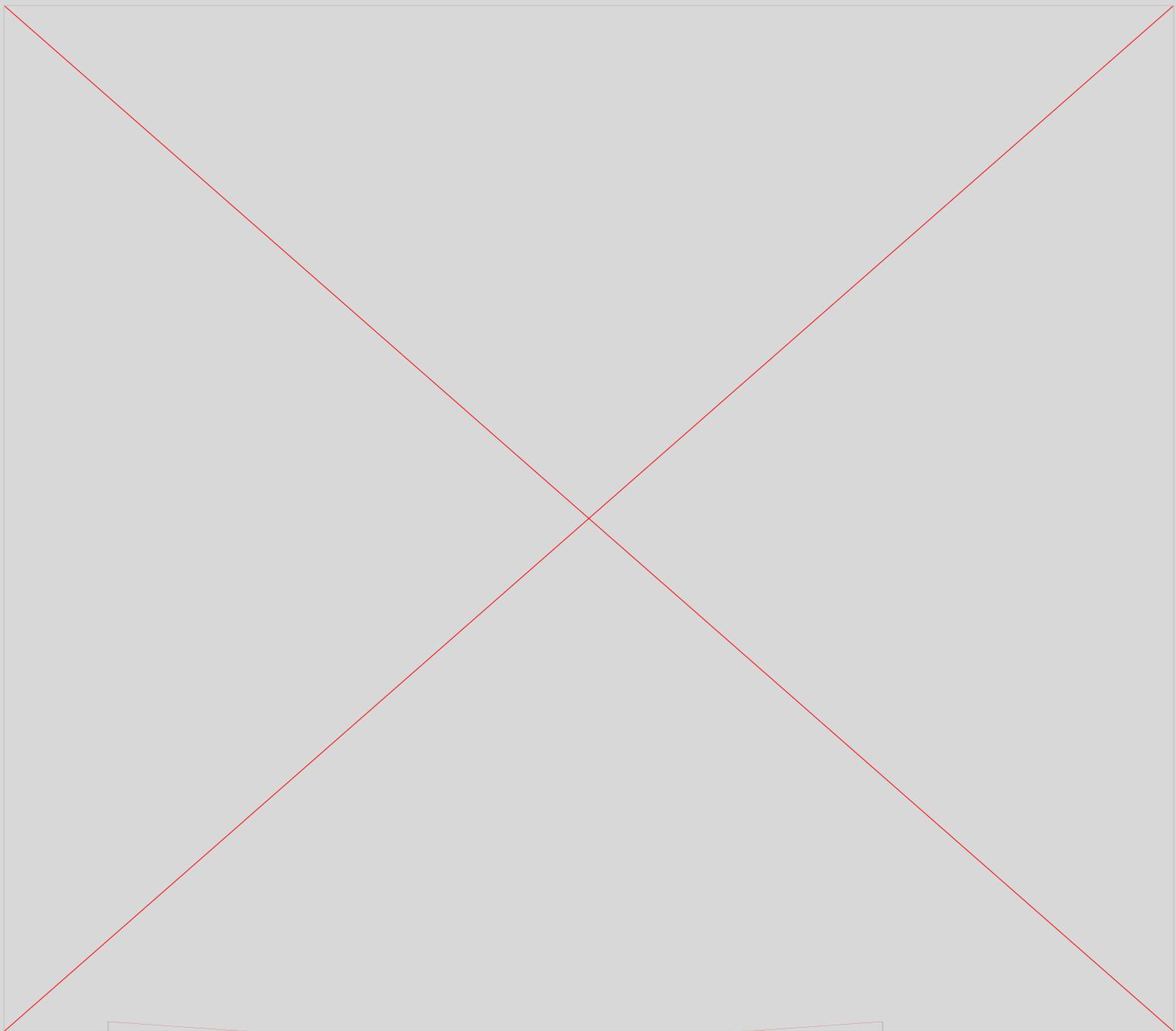
Основные отклонения для отверстий обозначают заглавными буквами (A, B, C, \dots), а для валов строчными (a, b, c, \dots).

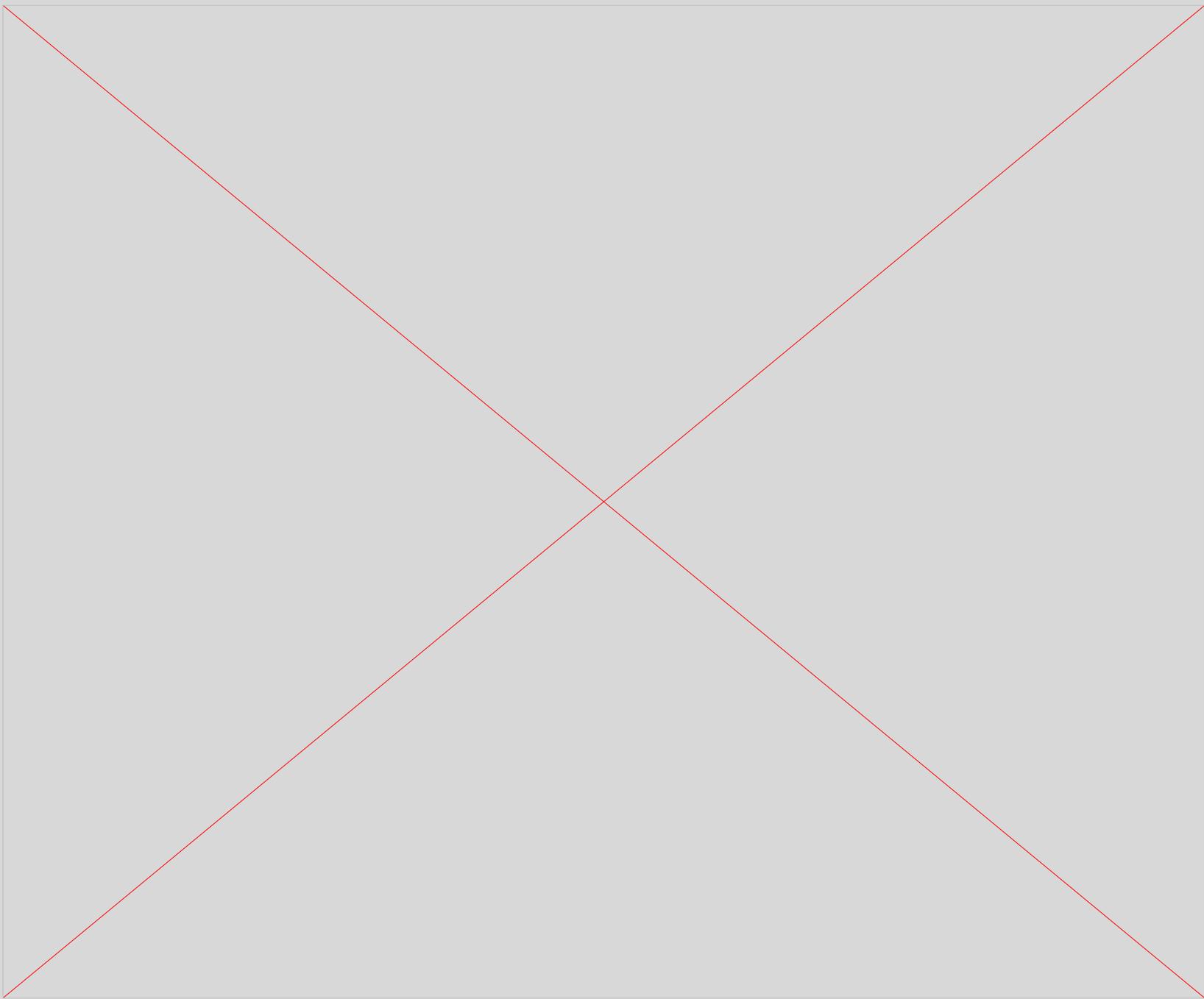
Примеры: 1. **ab** – поле допуска на вал,
где a – обозначение основного отклонения, b – **качество**.

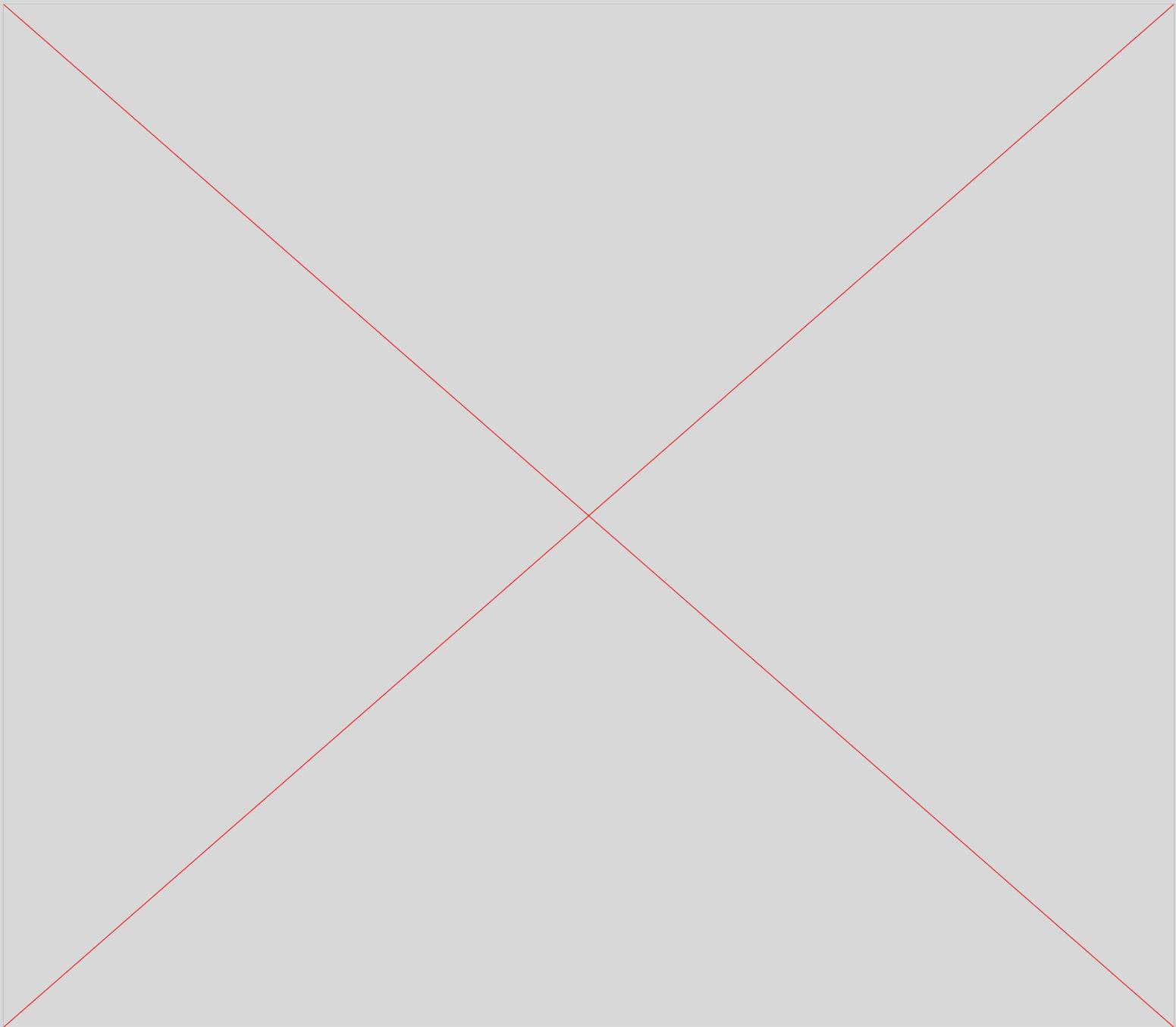
2. **$P7$** – поле допуска на отверстие,
где P – обозначение основного отклонения, 7 – качество.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно нулевой линии, соответствующей номинальному размеру.

Качество – (степень точности) - совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.



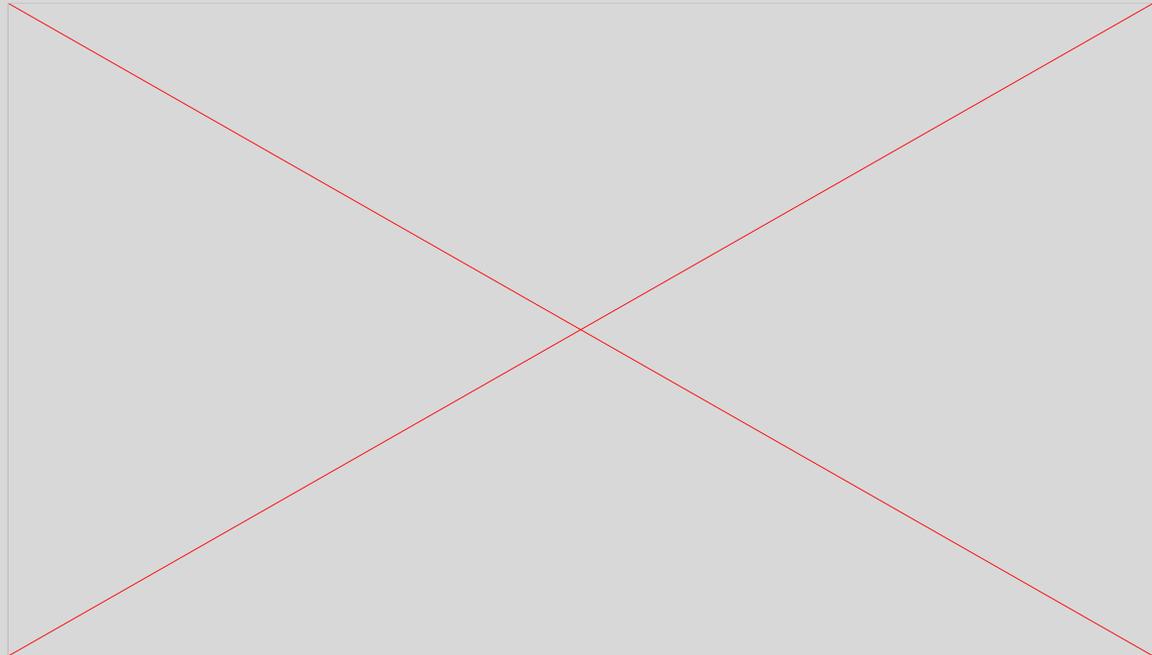




Понятия «максимум» и «минимум» материала.

Предел максимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наибольший объем материала, т.е. наибольшему предельному размеру вала (d_{max}) или наименьшему предельному размеру отверстия (D_{min}).

Предел минимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наименьший объем материала, т.е. наименьшему предельному размеру вала (d_{min}) или наибольшему предельному размеру отверстия (D_{max}).



Соединения

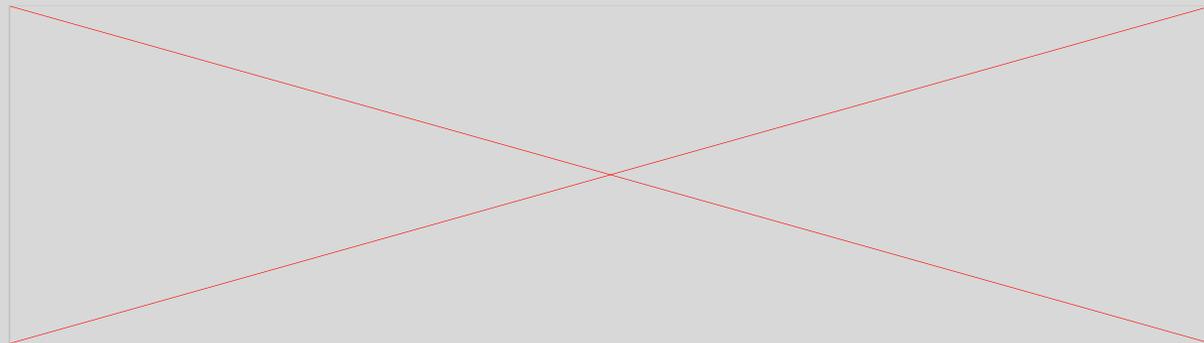
Машины и механизмы состоят из деталей, которые в процессе работы должны совершать относительные движения или находиться в относительном покое. В большинстве случаев детали машин представляют собой определенные комбинации геометрических тел, ограниченных поверхностями простейших форм: плоскими, цилиндрическими,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

Простейшие геометрические тела, составляющие детали, будем называть их элементами.

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 и посадки.

Соединения подразделяются по геометрической форме сопрягаемых поверхностей. Соединение деталей, имеющих сопрягаемые цилиндрические поверхности с круглым поперечным сечением, называется **гладким цилиндрическим** (Рисунок а). Если сопрягаемыми поверхностями каждого элемента соединения являются две параллельные плоскости, то соединение называется **плоским соединением** с параллельными плоскостями или просто **плоским** (Рисунок б). Могут быть и другие варианты сопрягаемых поверхностей.



В соединении элементов двух деталей один из них является внутренним (охватывающим), другой – наружным (охватываемым).

Охватываемый элемент в соединении называется валом, а охватывающий – отверстием. Термины «отверстие» и «вал» применяются и к несопрягаемым элементам.

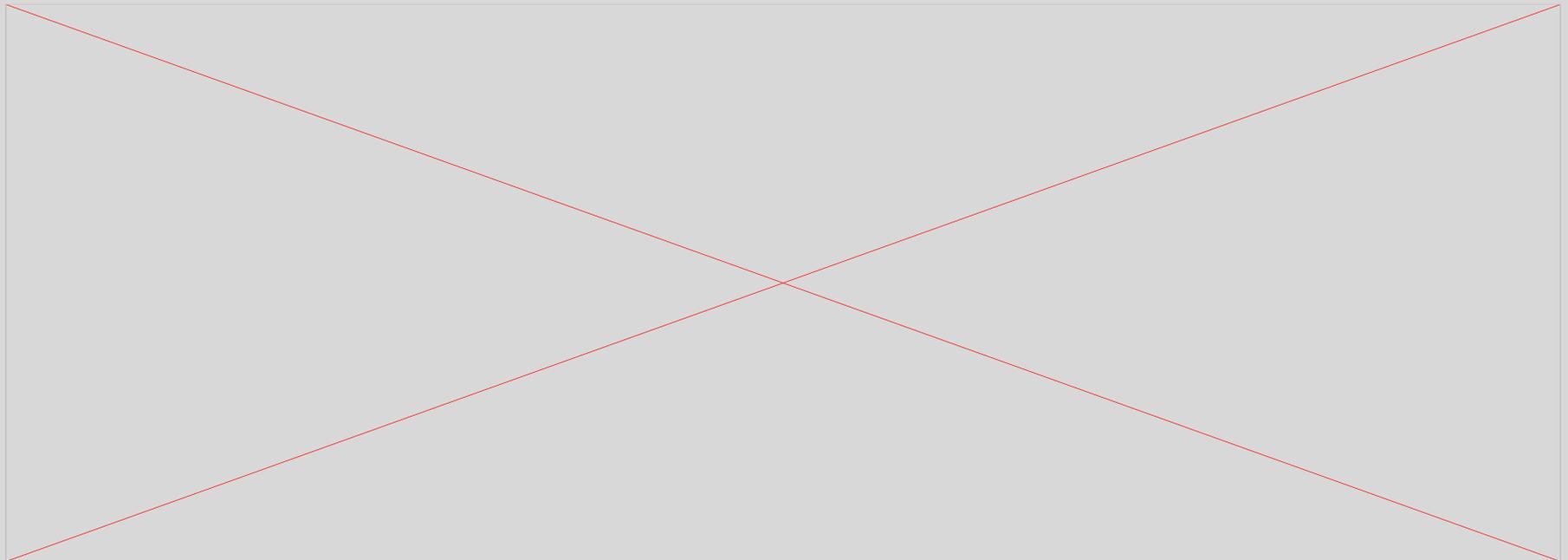
Посадкой называют характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

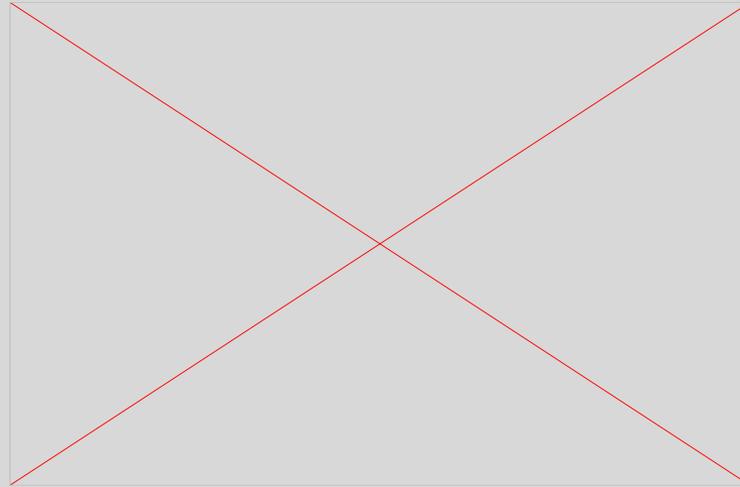
В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть:

- с зазором (см. рис. 2.4, *a*);
- с натягом;
- переходной, при которой возможно получение как зазора, так и натяга.

Схемы полей допусков для разных посадок даны на рис.



Посадка с зазором — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала, рис. 2.4, *a*).

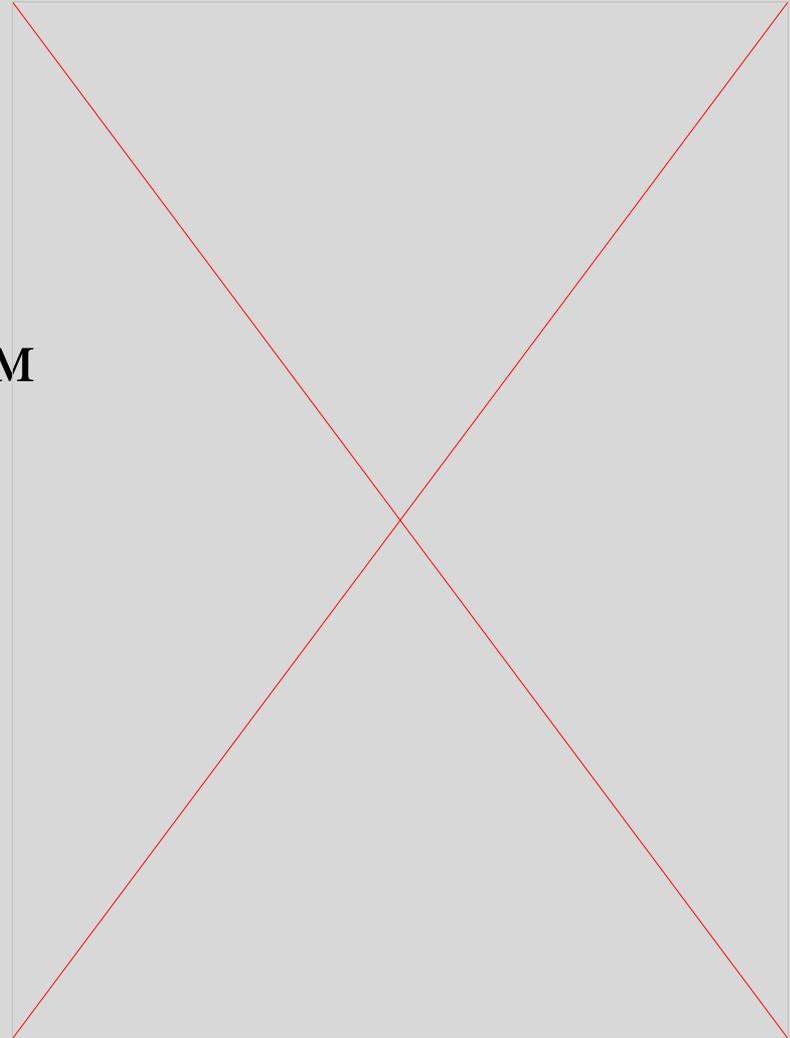
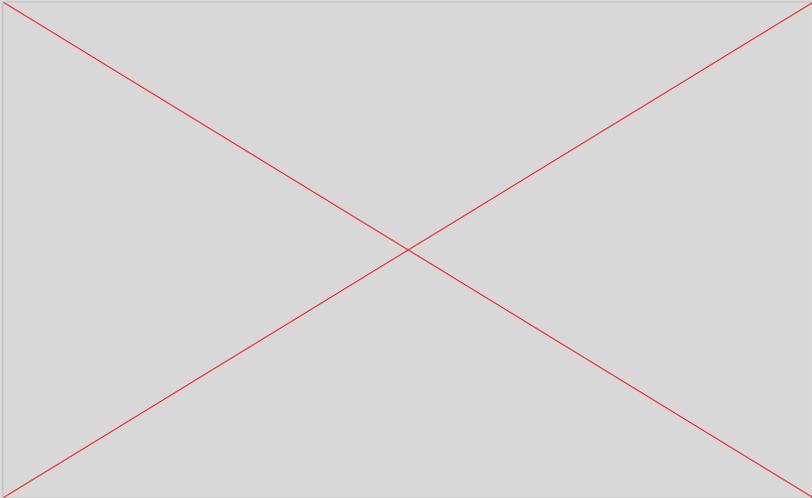


- Параметры характеризующие посадку:
- $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$, $S_{\max} = ES - ei$;
- $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$, $S_{\min} = EI - es$;
- $T_S = S_{\max} - S_{\min}$, $T_S = T_D + T_d$.

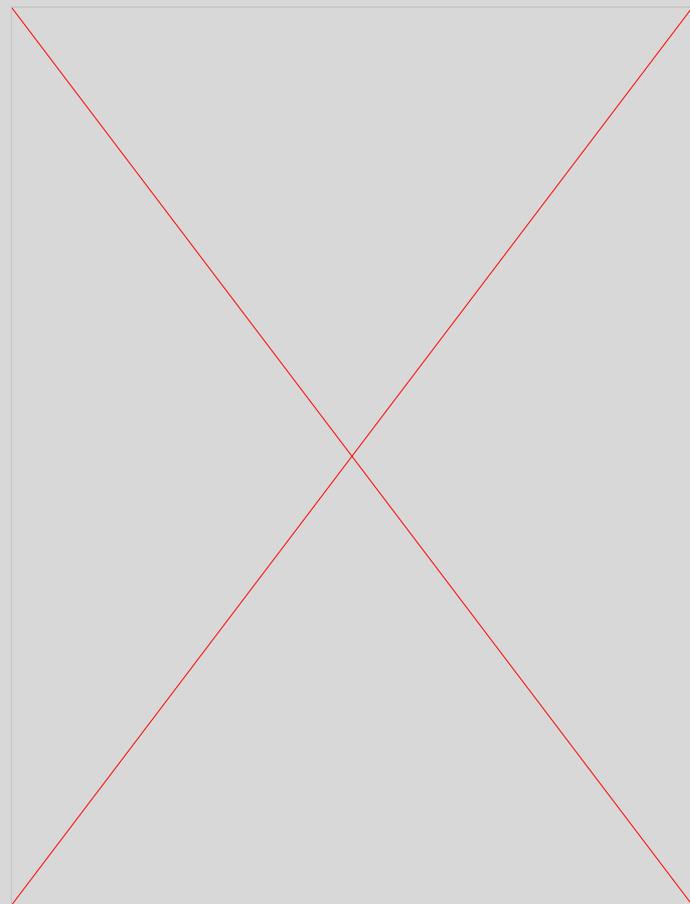
Зазор S - разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. *Наибольший, наименьший и средний зазоры* определяют по формулам

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

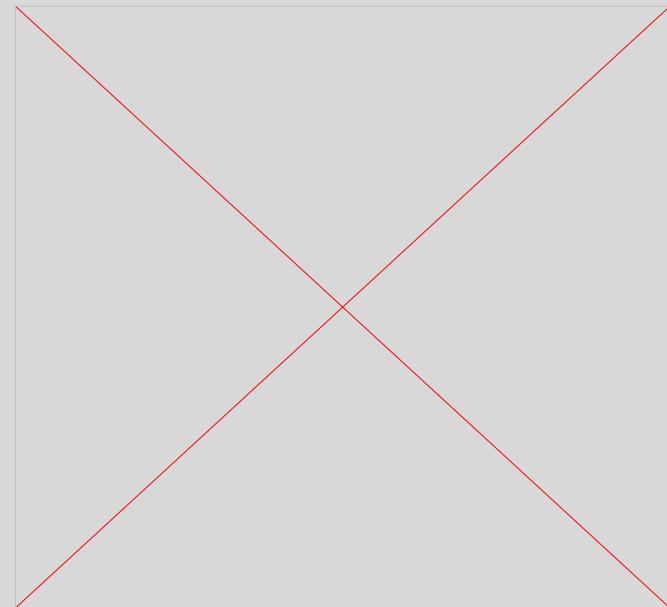
Наименьший зазор – разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала в посадке с зазором (черт. 8).



Наибольший зазор -разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала в посадке с зазором или в переходной посадке (черт. 8 и 9)



Посадка с натягом — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала, рис. 2.4, б).



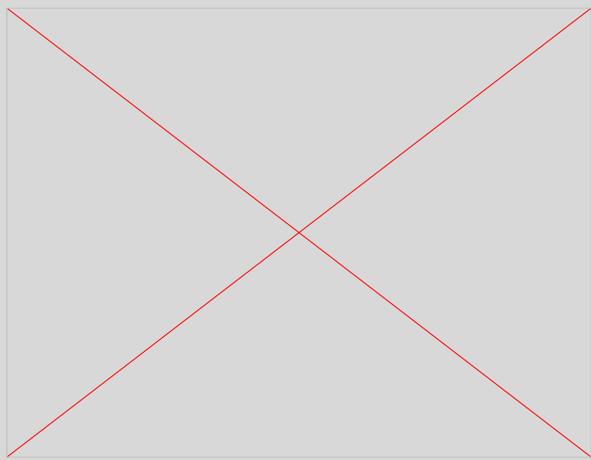
Параметры

характеризующие посадку:

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

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

$$T_N = N_{\max} - N_{\min}, T_N = T_D + T_d.$$



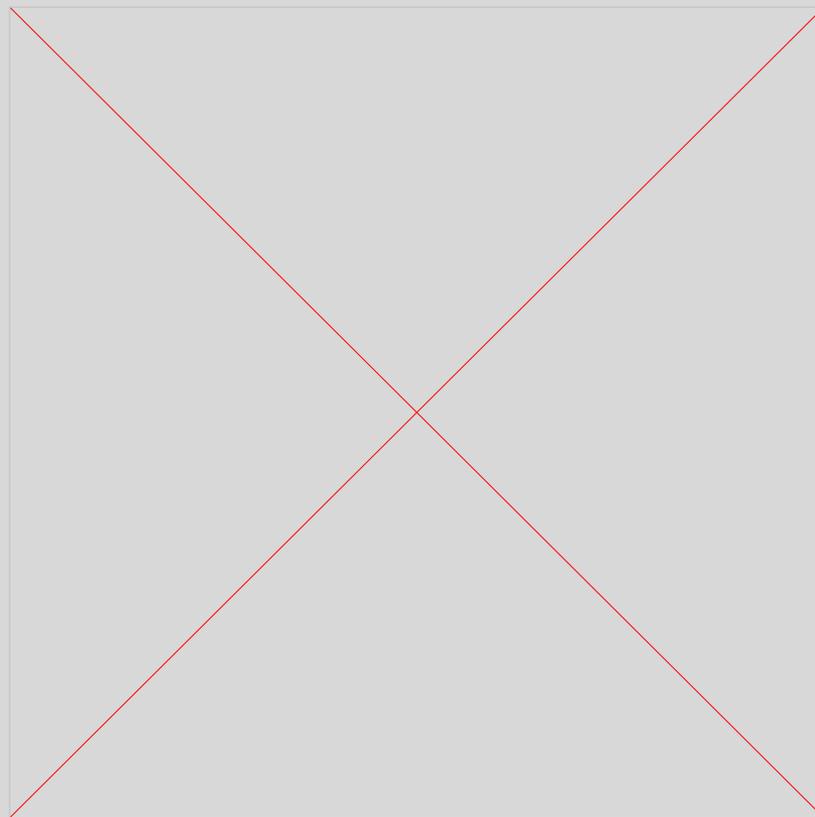
Натяг N — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки. *Наибольший, наименьший и средний натяги* определяют по формулам

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

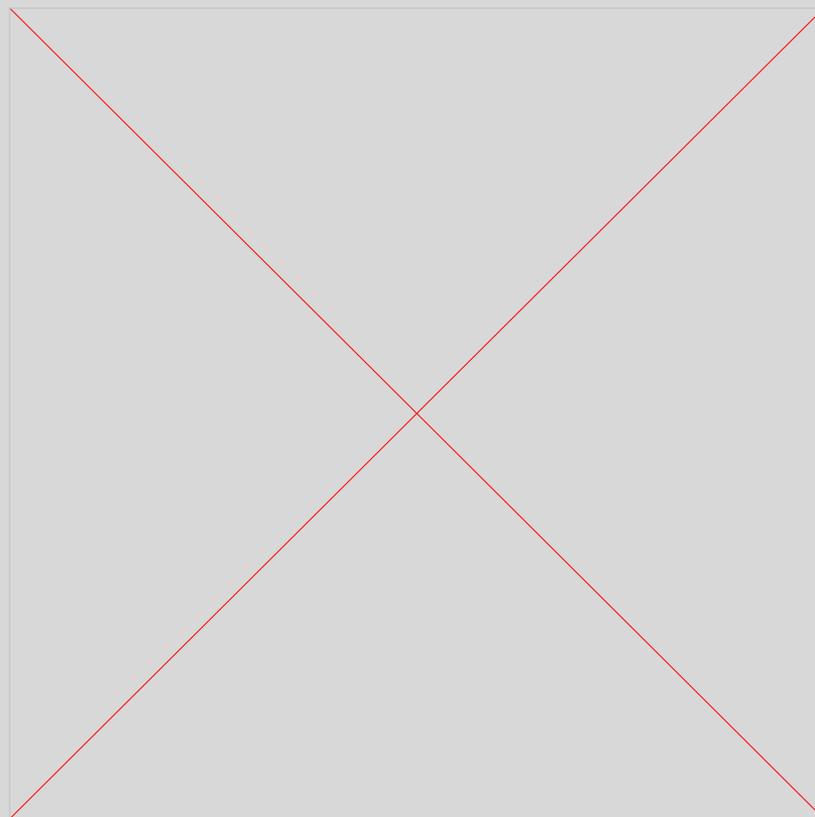
$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max};$$

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

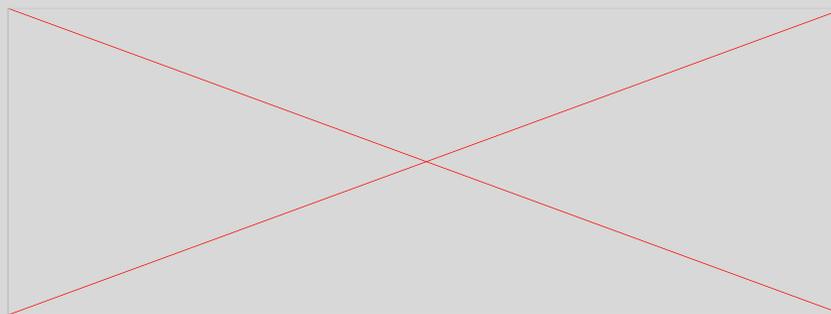
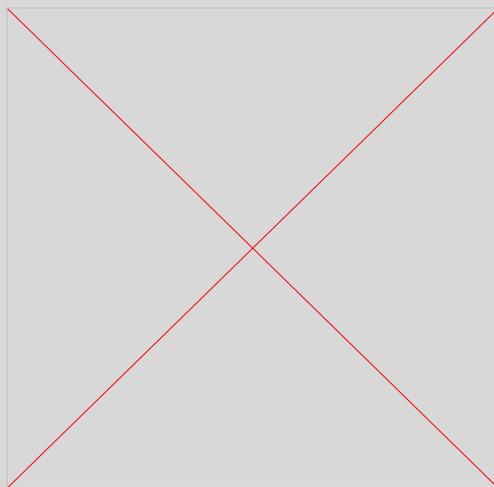
Наименьший натяг — разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом (черт. 10).



Наибольший натяг - разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом или в переходной посадке (черт. 9 и 10).



- **Переходная посадка** — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью, рис.).

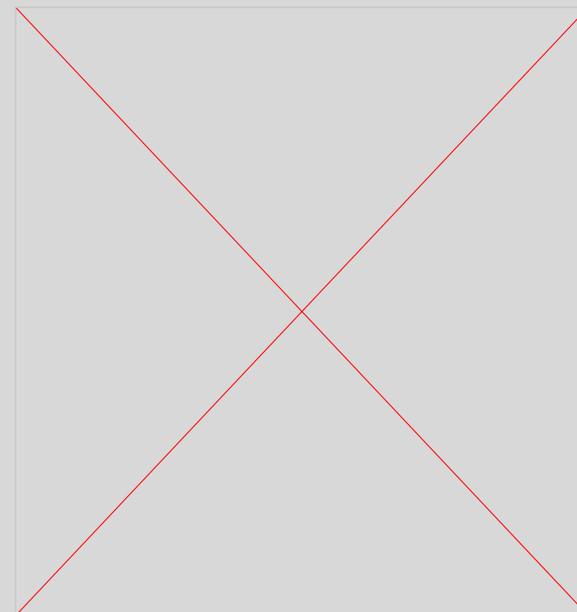


**Параметры
характеризующие посадку:**

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

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

$$T_{S-N} = S_{\max} + N_{\max}, T_{S-N} = T_D + T_d.$$



Точность детали

Единая система допусков и посадок (ЕСДП)

Точность детали определяется точностью размеров, шероховатостью поверхностей, точностью формы поверхностей, точностью расположения и волнистостью поверхностей.

Для обеспечения точности размеров в России действует Единая система допусков и посадок (ЕСДП), которая создана на основе системы ИСО. В 1949 г. было решено в основу системы ИСО положить систему ИСА, опубликованную в бюллетене ISA25 (1940 г.) и отчете комитета ISA-3 об этой системе (декабрь 1935 г.). В настоящее время система ИСО принята большинством стран-членов ИСО.

В ЕСДП [ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88)]

в первую очередь стандартизованы базовые элементы, необходимые для получения различных *полей допусков, а не посадки* и образующие их поля допусков отверстий и валов.

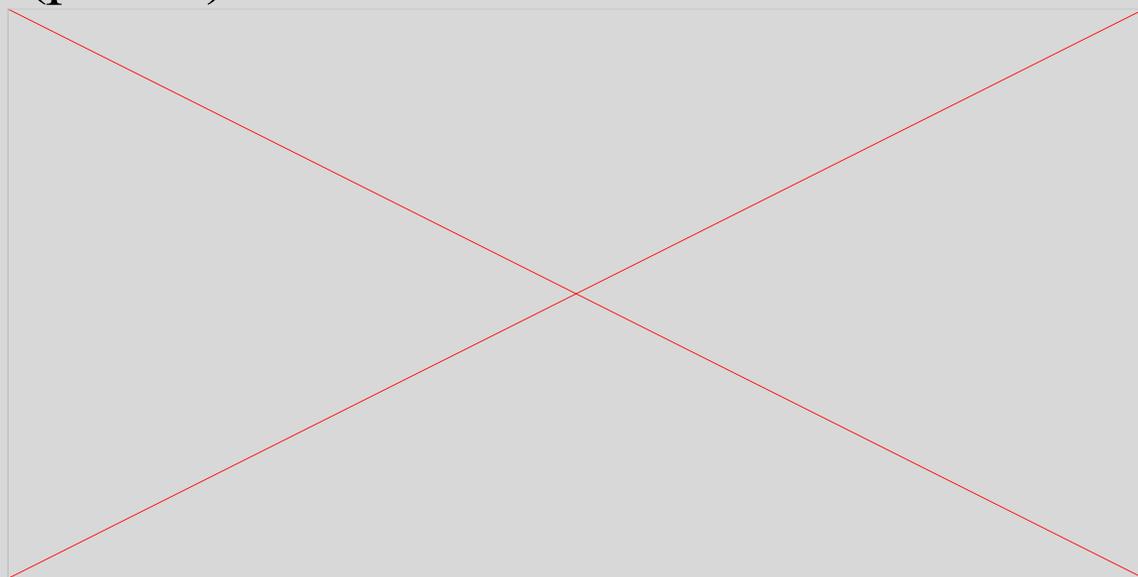
Каждое поле допуска можно представить сочетанием двух характеристик, имеющих самостоятельное значение,

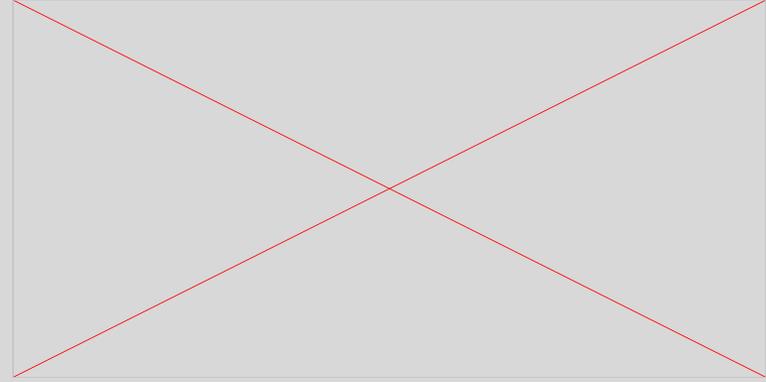
— 1. *Величины допуска*

— 2. *Положения поля допуска относительно номинального размера.*

Ранее было принято, что две или несколько деталей разных размеров следует считать одинаковой точности (принадлежащими одному качеству), если их изготавливают на одном и том же оборудовании при одних и тех же условиях обработки (режимах резания и т.д.).

Отсюда следует, что точность валов, изготовленных, например, шлифованием во всем диапазоне диаметров одинакова, несмотря на то, что погрешность обработки, как показали эксперименты, растет с увеличением размера обрабатываемой детали (рис. 1).





Зависимость изменения погрешности была представлена как произведение двух частей. Одна часть **a** характеризовала тип станка, другая – зависела лишь от размера детали **3 d**.

$$A = a * 3 d$$

где **A** – амплитуда рассеяния размеров, характеризующая погрешность обработки, мкм; **d** – диаметр обрабатываемой детали, мм; **a** – коэффициент, зависящий лишь от типа станка.

Первый принцип построения СДП

Было решено, что допуски одного качества должны меняться так же, как изменяется погрешность обработки на станке в зависимости от размера обрабатываемой детали.

Допуск **IT** рассчитывается по формуле:

Допуск для размеров до 500 мм	$IT = k * i$ где $i = 0,45 * \sqrt[3]{D} + 0,001 * D$, мкм
Допуск для размеров свыше 500 до 3150 мм	$IT = k * I$ где $I = 0,004 * D + 2,1$ мкм

где **k** – число единиц допуска, установленное для каждого качества;
Единица допуска i, I - множитель в формулах допусков, являющийся функцией номинального размера и служащий для определения числового значения допуска.

Примечание. **i** - единица допуска для номинальных размеров до 500 мм, **I** - единица допуска для номинальных размеров св. 500 мм

D – среднее геометрическое из крайних значений каждого интервала номинальных размеров, мм

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Число единиц допуска k	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Для нормирования требуемых уровней точности установлены **кавалитеты** изготовления деталей и изделий.

Под квалитетом (по аналогии с франц. qualiti — качество) понимают совокупность допусков, характеризуемых постоянной относительной точностью (определяемой коэффициентом **a**) для всех номинальных размеров данного диапазона (например, от 1 до 500 мм).

Точность в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера.

Для построения рядов допусков каждый из диапазонов размеров, в свою очередь, разделен на несколько *интервалов*. Для номинальных размеров от 1 до 500 мм установлено 13 интервалов: до 3, свыше 3 до 6, свыше 6 до 10 мм, ..., свыше 400 до 500 мм.

Для полей, образующих посадки с большими зазорами или натягами, введены дополнительные промежуточные интервалы, что уменьшает колебание зазоров и натягов и делает посадки более определенными. Для всех размеров, объединенных в один интервал, значения допусков приняты одинаковыми, поскольку назначать допуск для каждого номинального размера нецелесообразно, т. к. таблицы допусков в этом случае получились бы громоздкими, а сами допуски для смежных размеров отличались бы один от другого незначительно.

В формулы (2.2) и (2.3) для определения допусков и отклонений в системе ИСО и ЕСДП подставляют среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала:



Для интервала до 3 мм принимают

Диаметры по интервалам распределены так, чтобы допуски, подсчитанные по крайним значениям в каждом интервале, отличались от допусков, подсчитанных по среднему значению диаметра в том же интервале, не более чем на 5-8 %.

Первоначально в системе **ОСТ** были установлены классы точности: 1; 2; 2а; 3; 3а; 4; 5; 7; 8; и 9. Позднее система **ОСТ** была дополнена более точными классами 10 и 11. **Всего 12 классов точности**

В **ЕСДП** установлено **19 квалитетов**: 01, 0, 1, 2, ..., 17.

В ГОСТ установлено **20 квалитетов**: 01, 0, 1, 2, ..., 18.

Квалитет определяет допуск на изготовление и, следовательно, методы и средства обработки и контроля деталей машин.

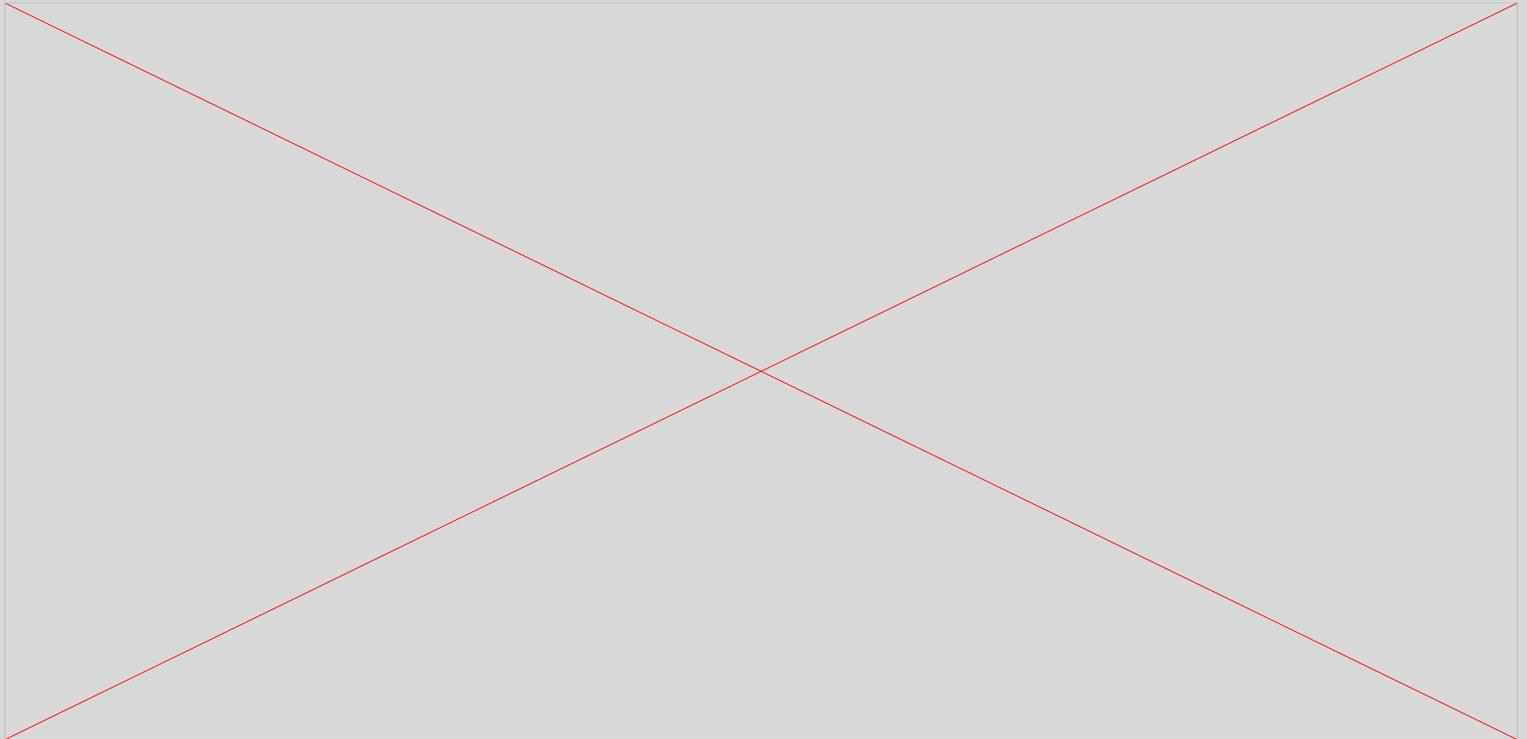
Самые точные квалитеты **01, 0, 1, 2, 3, 4**, как правило, применяются при изготовлении образцовых мер и калибров. Квалитеты **с 5-го по 11-й**, как правило, применяются для сопрягаемых элементов деталей. Квалитеты **с 12-го по 18-й** применяются для несопрягаемых элементов деталей.

Чтобы максимально сократить число значений допусков при построении рядов допусков, стандартом установлены интервалы размеров, внутри которых значение допуска для данного квалитета не меняется.

Основное отклонение – Характеристикой расположения поля допуска в ЕСДП является знаки и числовое значение основного отклонения – того из двух предельных отклонений размера (верхнего или нижнего), которое находится ближе к нулевой линии.
Для всех полей допусков, расположенных ниже нулевой линии, основным (ближайшим) является верхнее отклонение, а для полей допусков, расположенных выше нулевой линии, основным (ближайшим) – нижнее отклонение (рисунок).

Основные отклонения

- отверстий обозначаются прописными буквами латинского алфавита,
- валов – строчными.

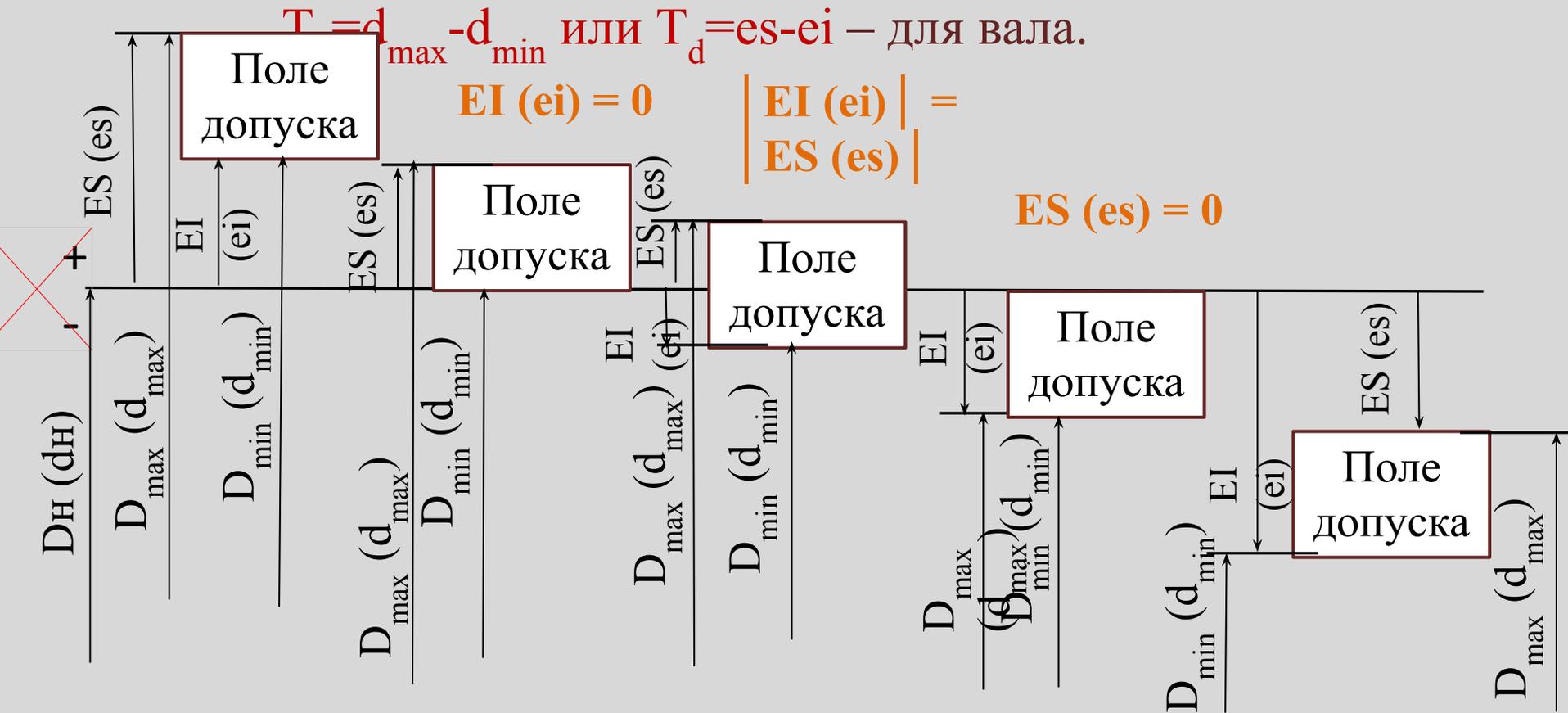


Величина поля допуска: $T_D = D_{\max} - D_{\min}$ или $T_D = ES - EI$ – для отверстия;

$T_d = d_{\max} - d_{\min}$ или $T_d = es - ei$ – для вала.

$$EI (ei) = 0 \quad \left| \begin{array}{l} EI (ei) \\ ES (es) \end{array} \right| =$$

$$ES (es) = 0$$



б) – основного отклонения нет, т.к. поле допуска симметрично относительно нулевой линии.

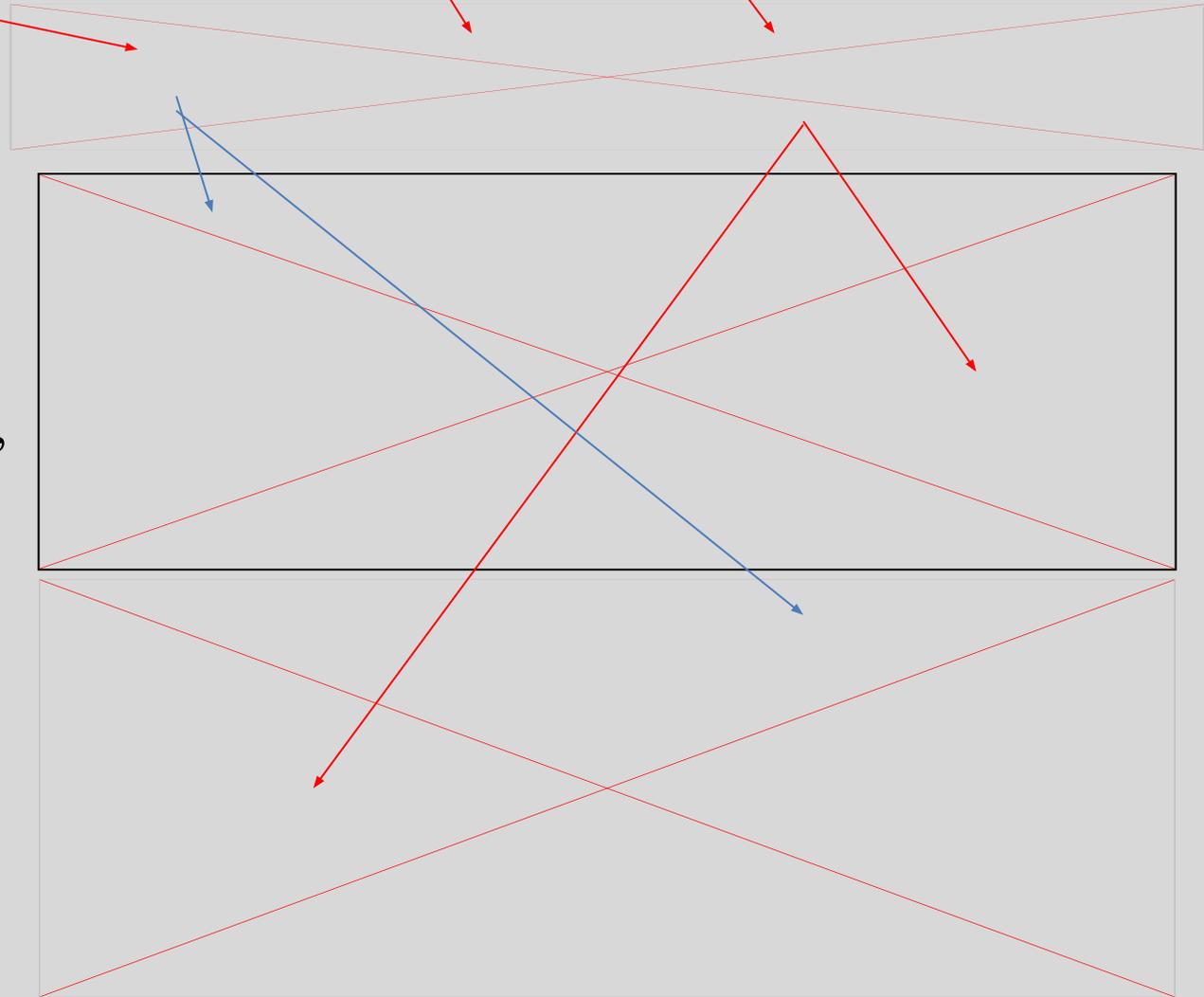
а) – EI; ei.

в) – ES; es.

Основное

отклонение –

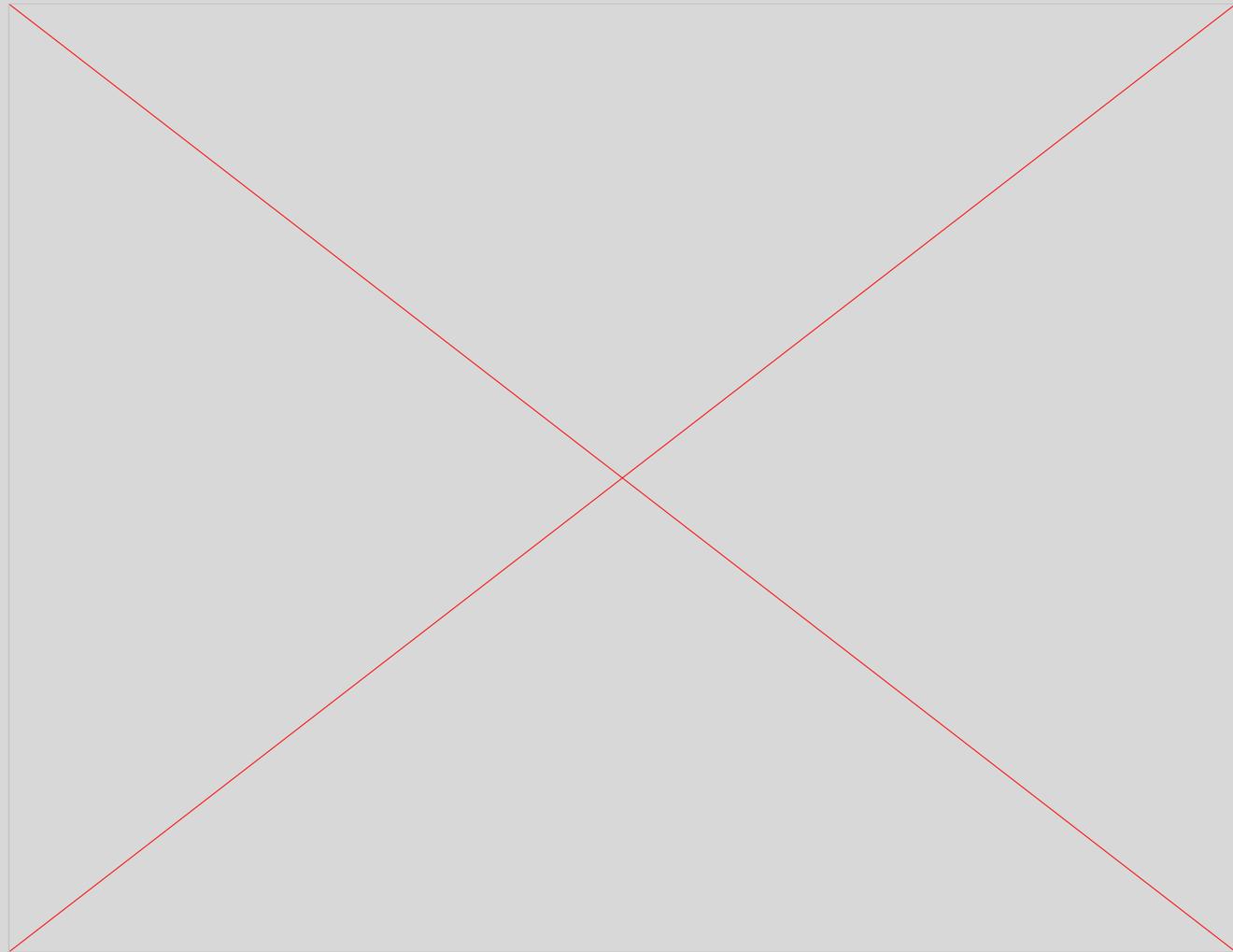
одно из двух отклонений верхнее (*ES*) или нижнее (*ei*), определяющее расположение поля допуска относительно нулевой линии и ближайшее к ней.



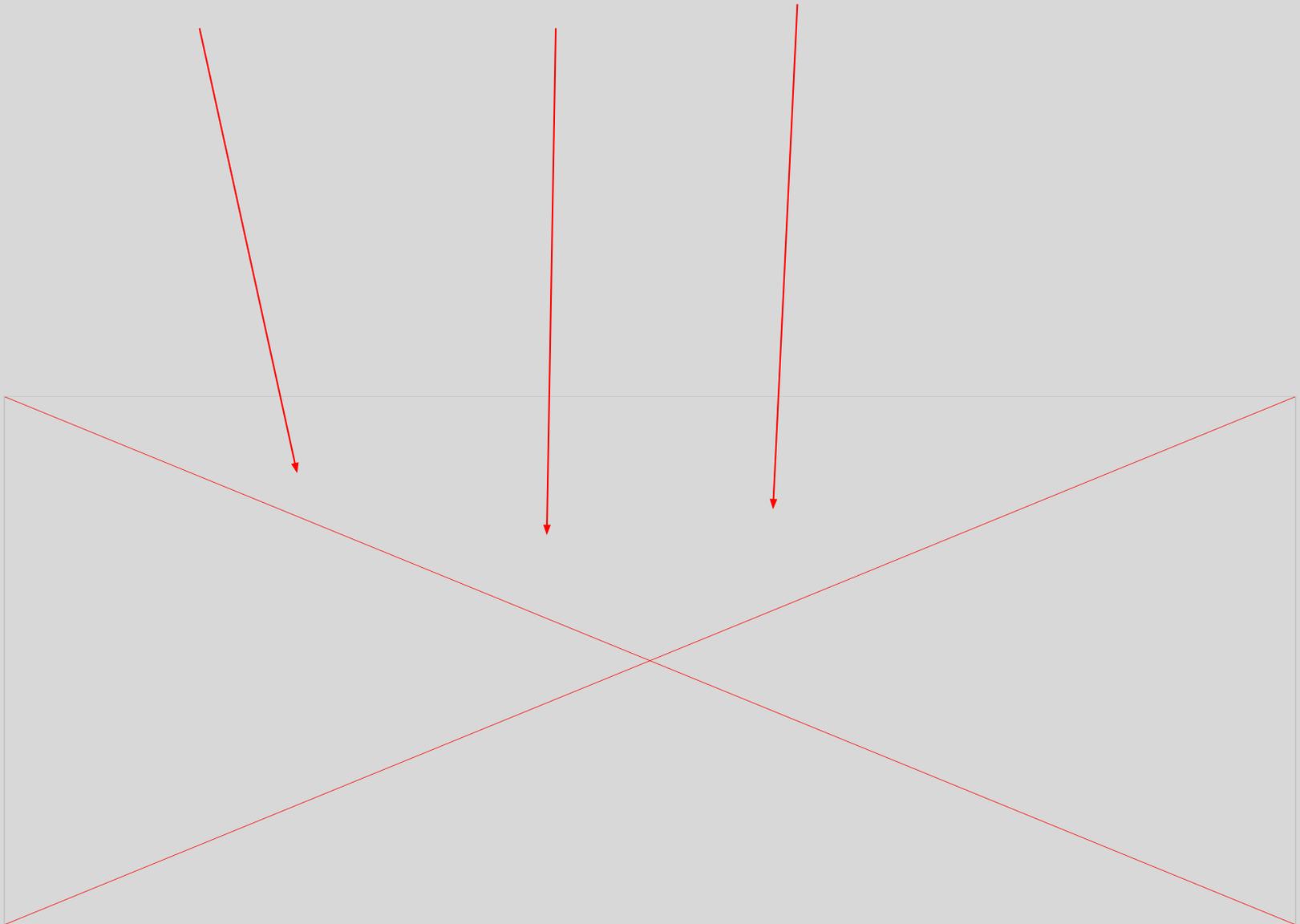
Второй принцип построения СДП

Установлено 27 основных отклонений валов и 27 основных отклонений отверстий.

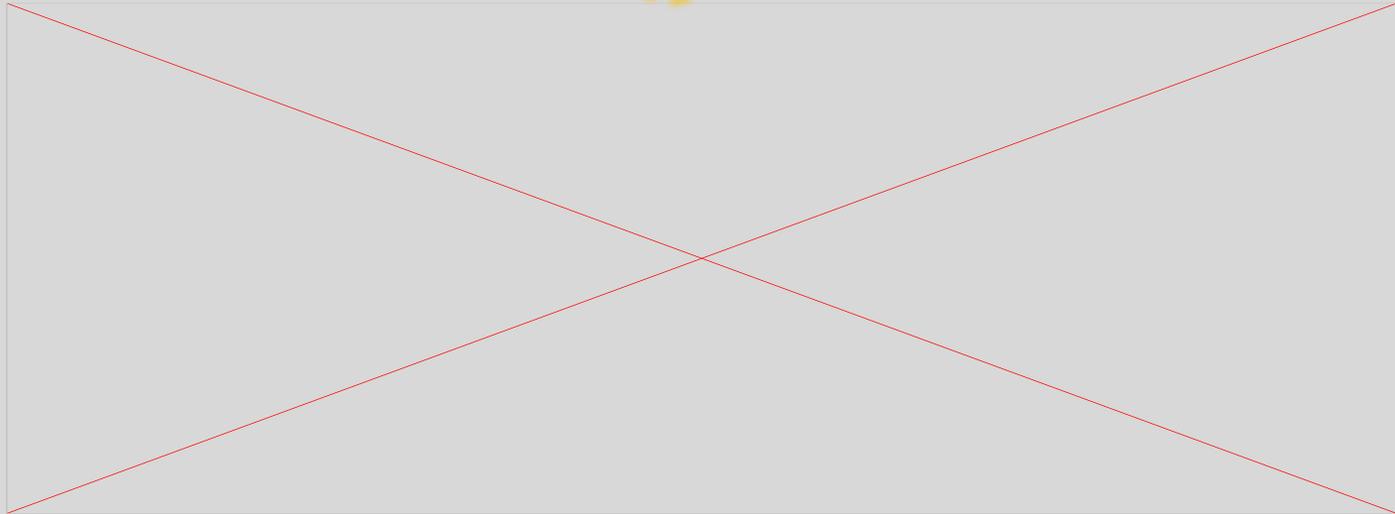
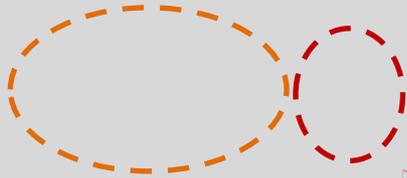
Основное отклонение
(положение поля допуска относительно нулевой линии), зависящее от нормального размера, обозначается буквой латинского алфавита — прописной для *отверстий* (от A до Z) и строчной - для *валов* (от a до z)



Поля допусков отверстий (пример)



Поля допусков валов (пример)



Отклонения $a - h$ (A - H) предназначены для образования посадок с зазором, $j_s - zc$ ($J_s - ZC$) — для посадок с натягами и переходных, причем для переходных обычно применяют отклонения j_s, k, m, n (J_s, K, M, N). Поля допусков вала j_s и отверстия J_s располагаются симметрично по обе стороны от нулевой линии.

Абсолютная величина и знак основного отклонения отверстия определяются по основному отклонению вала, обозначенному той же буквой, по общему или специальному правилам.

Общее правило определения основных отклонений отверстий — основное отклонение отверстия должно быть симметрично относительно нулевой линии основному отклонению вала, обозначенному той же буквой:

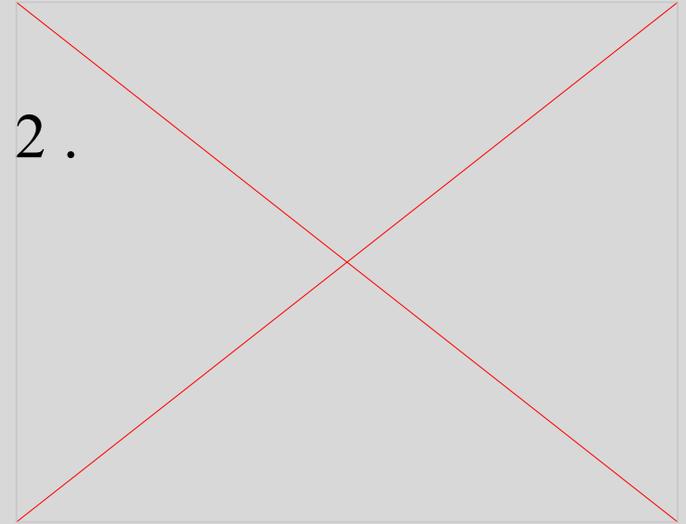
$EI = -es$ — для отверстий от А до Н,

$ES = -ei$ — для отверстий от I до Z.

Исключение составляет отклонение отверстий квалитетов от 9 до 16 размеров свыше 3 мм, у которых основное отклонение $ES = 0$.

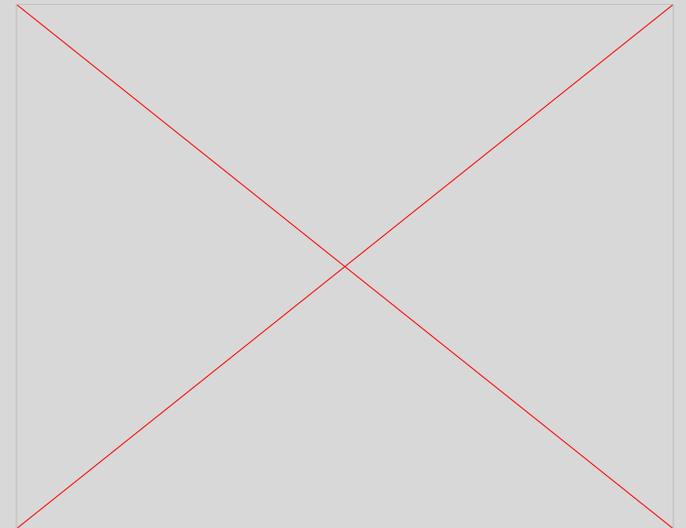
- Числовые значения основных отклонений валов приведены в табл. 2 .

Второе отклонение поля допуска вала определяется из основного отклонения и допуска IT (черт. 14).



- Числовые значения основных отклонений отверстий приведены в табл. 3 .

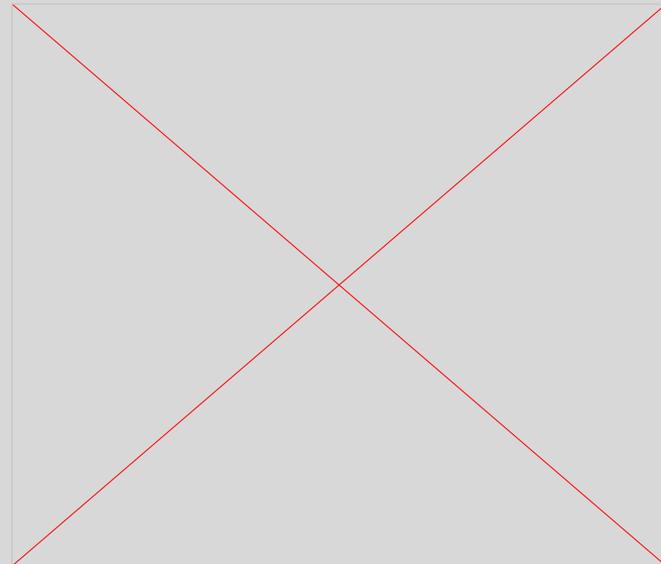
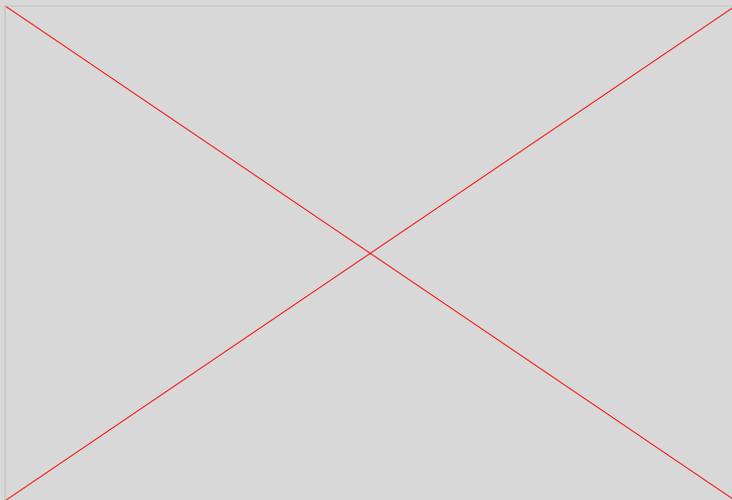
Второе отклонение поля допуска отверстия определяется из основного отклонения и допуска IT (черт. 15).



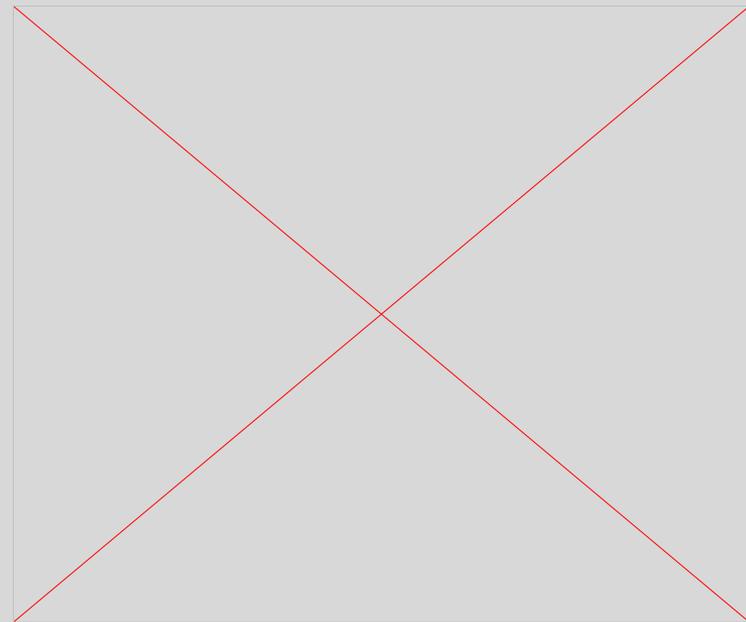
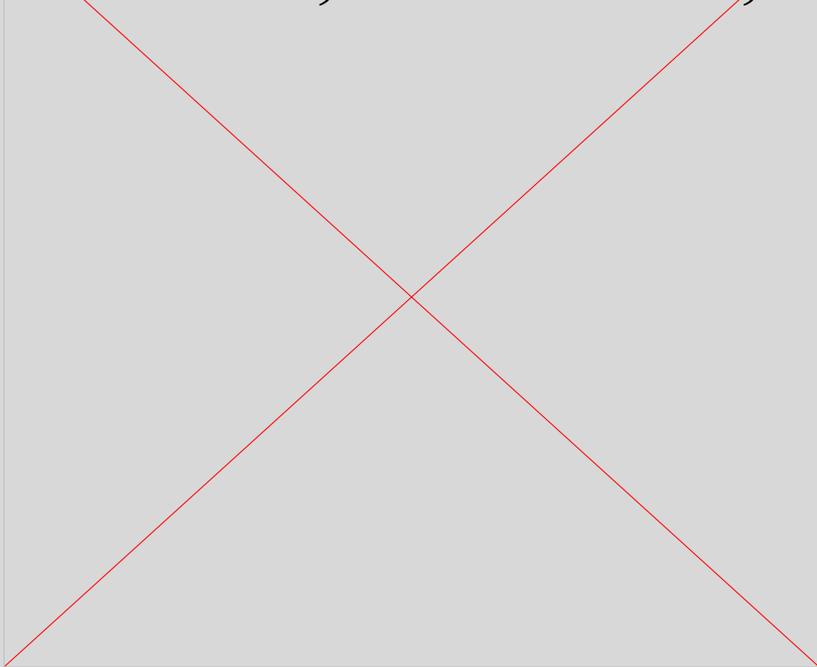
Третий принцип построения СДП

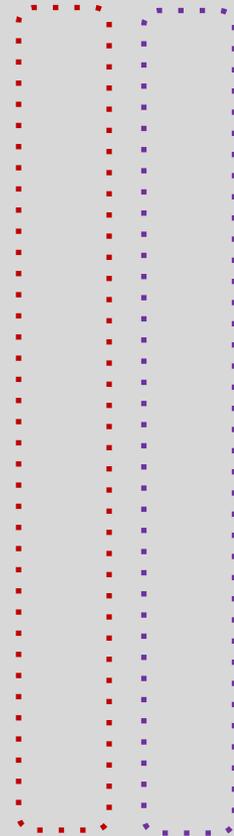
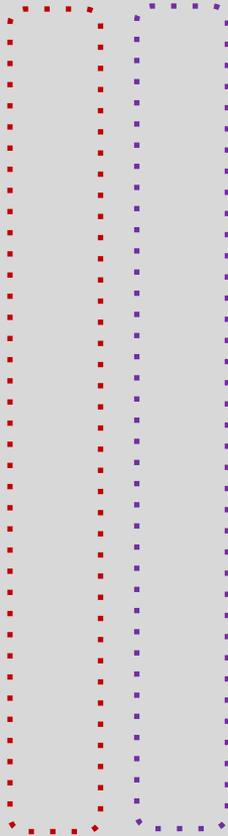
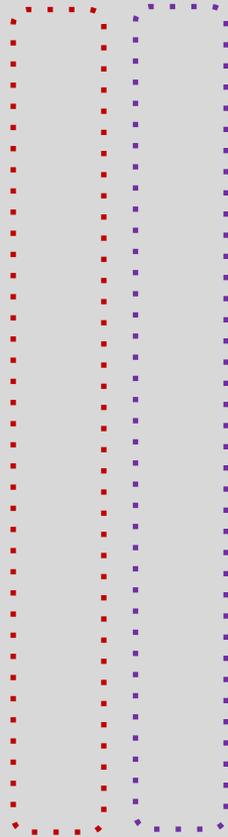
Различают две равноценные системы образования посадок — систему отверстия и систему вала (рис. 2.7).

Посадки в системе отверстия — это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием. **У основного отверстия нижнее отклонение равно нулю, а основное обозначается Н.** На чертеже такие посадки обозначаются следующим образом: $\text{Ø}50\text{H}9/\text{d}9$; $\text{Ø} 50\text{H}7/\text{r}6$; $\text{Ø} 50\text{H}7/\text{k}6$.



Посадки в системе вала — это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом. ***У основного вала верхнее отклонение равно нулю, а основное обозначается h .*** На чертеже такие посадки обозначаются, например, $\text{Ø } 50 \text{ D9/h9}$; $\text{Ø } 50 \text{ R7/h6}$; $\text{Ø } 50 \text{ K7/h6}$.



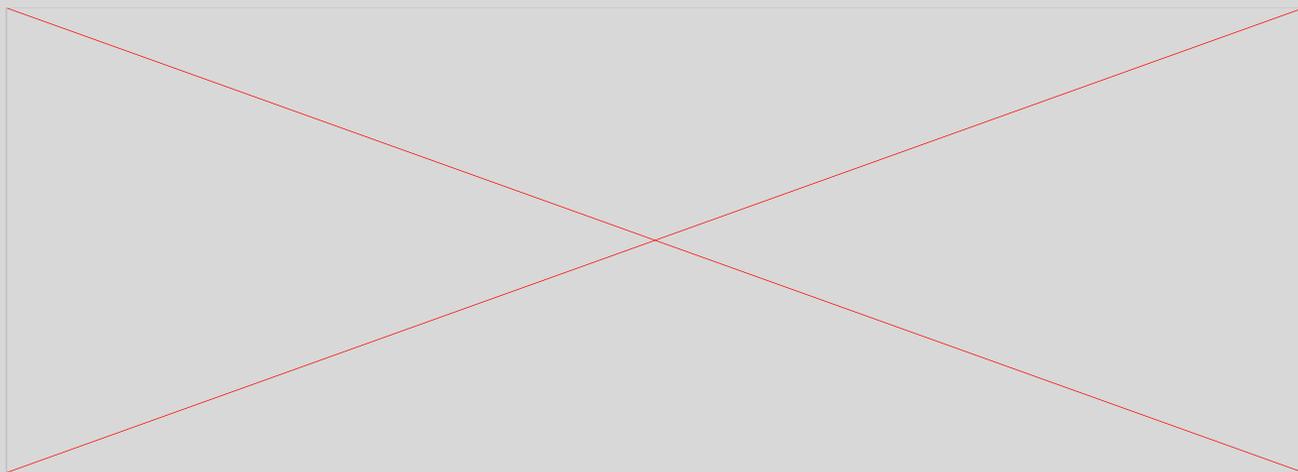


Допускается применение *комбинированных посадок*, в которых отверстие и вал выполнены в разных системах. Например, у посадки $\text{Ø } 50\text{F}8/\text{f}7$ отверстие выполнено в системе вала, а вал — в системе отверстия.

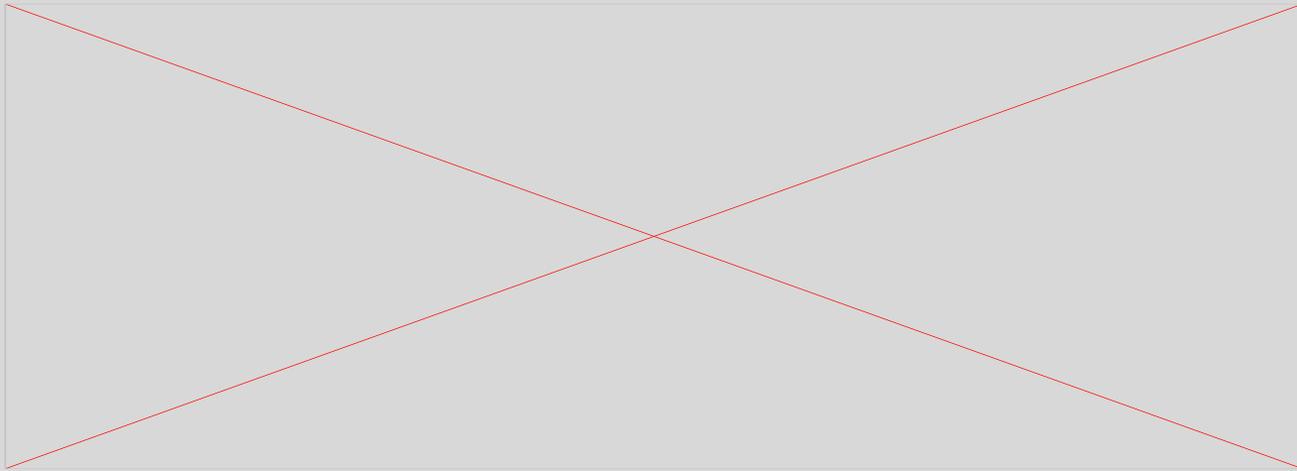
Точные отверстия обрабатываются дорогостоящим мерным инструментом (зенкерами, развертками, протяжками и т.п.). Каждый такой инструмент применяют для обработки только одного размера с определенным полем допуска. Валы же независимо от их размера обрабатывают одним и тем же резцом или шлифовальным кругом.

При широком применении системы вала необходимость в мерном инструменте многократно возрастет, поэтому предпочтение отдается системе отверстия.

Однако в некоторых случаях по конструктивным соображениям приходится применять систему вала, например, когда требуется чередовать соединения нескольких отверстий одинакового номинального размера, но с разными посадками на одном валу. На рис. 4, а показано соединение, имеющее подвижную посадку поршневого пальца 1 с шатуном 2 и неподвижную в бобышках поршня 3, которое целесообразно выполнить в системе вала (рис. 3, а), а не в системе отверстия (рис. 3, б).



Систему вала выгоднее применять и тогда, когда оси, валики, штифты могут быть изготовлены из точных холодноотянутых прутков без дополнительной механической обработки их наружных поверхностей. (рис. 3,в).



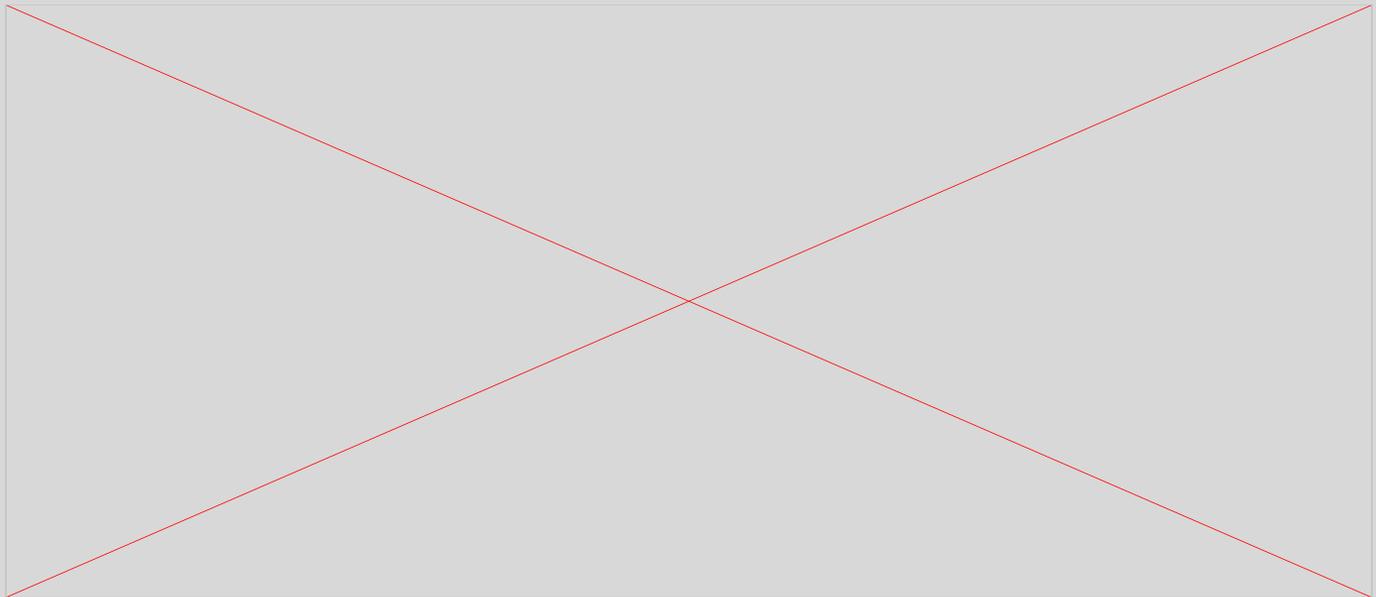
Четвертый принцип построения СДП

Установлена нормальная температура.

Допуски и отклонения, устанавливаемые стандартами, относятся к деталям, размеры которых определены при *нормальной температуре*, которая во всех странах принята равной **+20° С**. (ГОСТ 9249 - 59). Такая температура принята как близкая к температуре рабочих помещений машиностроительных и приборостроительных заводов.

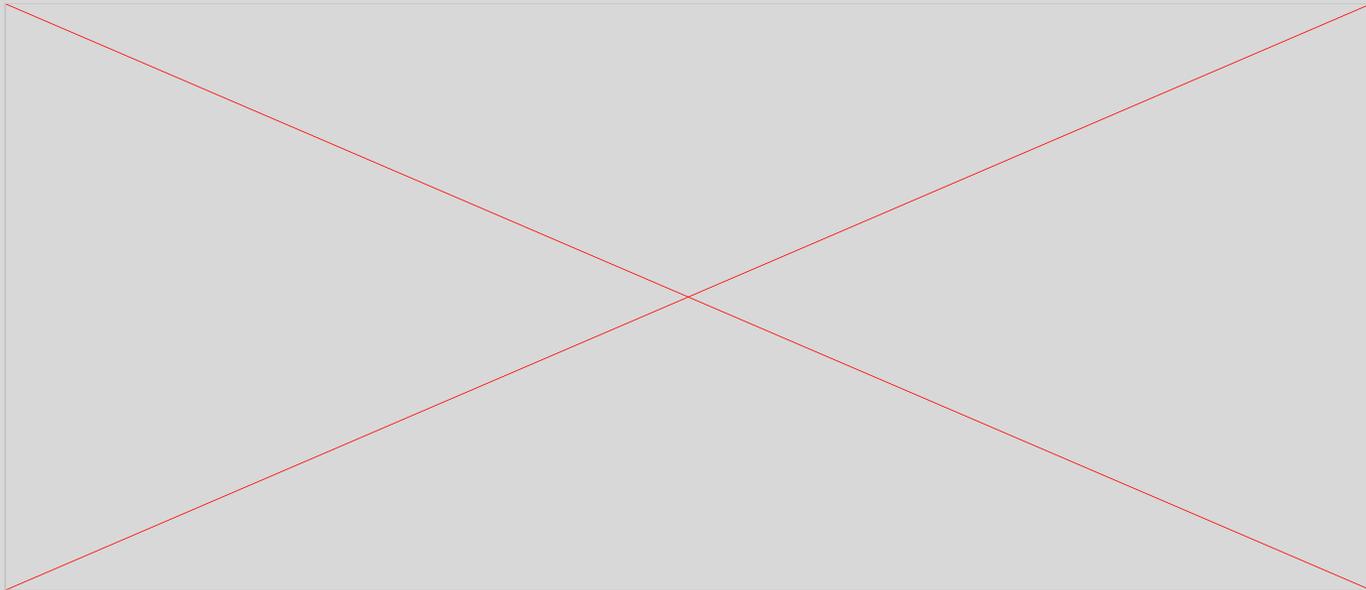
Сочетание любых основных отклонений с любым квалитетом ИСО дает свыше 1000 полей допусков для валов и отверстий. Поэтому внедрение системы ИСО происходит на базе отбора ограниченного числа полей допусков из этой системы. Рекомендация ИСО/Р 1829 - 1970 "Отбор полей допусков для общего применения" включает 45 полей допусков для валов и 43 – для отверстий. Из них выделено по 17 полей допусков для валов и отверстий для предпочтительного применения.

Полями допусков предпочтительного применения, выделенными по принципу унификации по ГОСТ 25347 – 82 (для размеров 1 – 500мм) являются **16 полей валов** (g6, h6, js6, k6, n6, p6, r6, s6, js7, h7, e7, h8, d9, h9, d11 и h11) и 10 полей отверстий (H7, Js7, K7, P7, N7, F8, H8, E9, H9 и H11).



Посадки, как правило, должны назначаться в системе отверстия или системе вала. Применение системы отверстия предпочтительнее. Систему вала следует применять только в тех случаях, когда это оправдано конструктивными или экономическими условиями, например, если необходимо получить разные посадки нескольких деталей с отверстиями на одном гладком валу. При посадке подшипников качения в корпус в первую очередь рекомендуется назначать предпочтительные посадки.

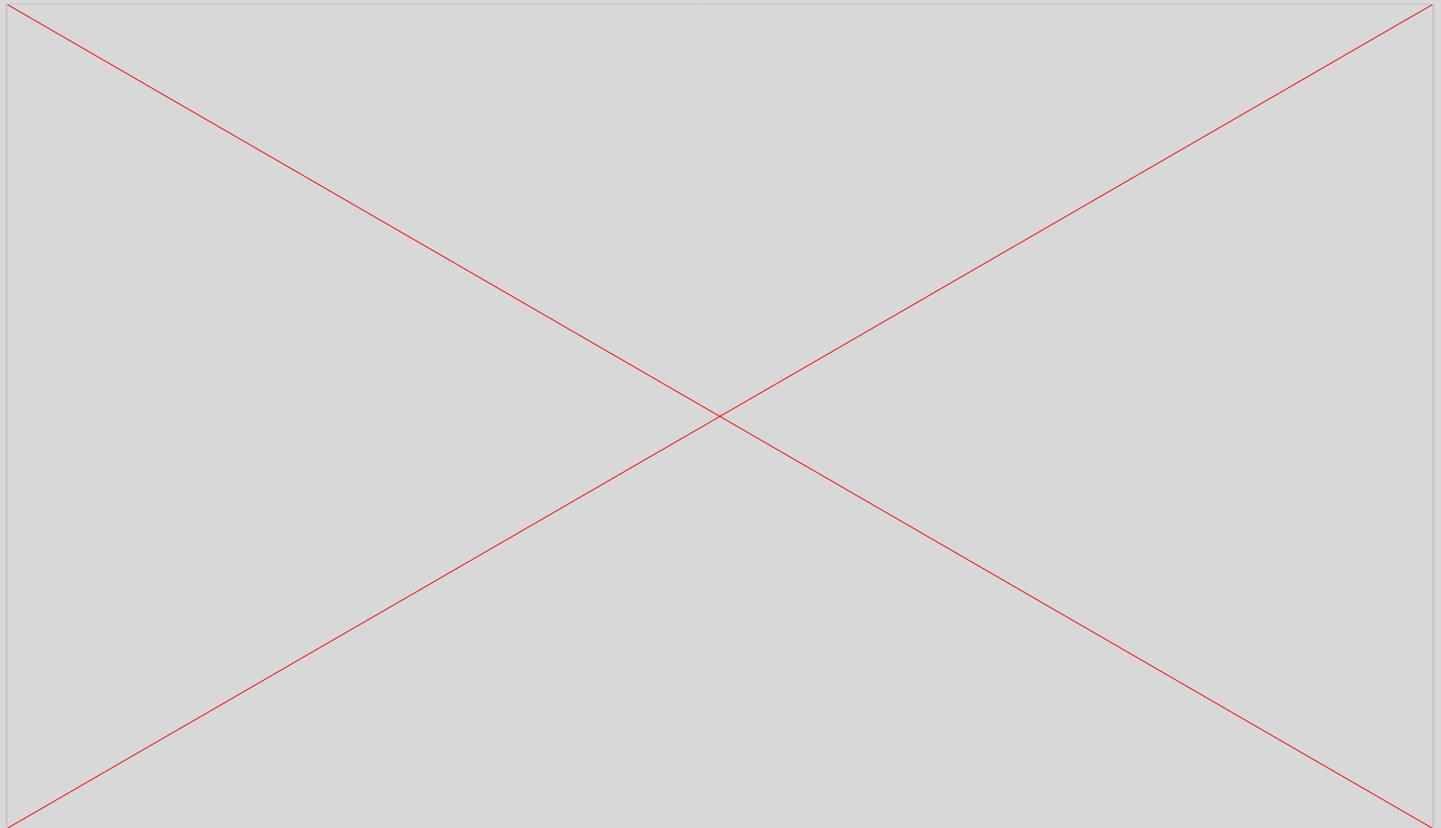
При номинальных размерах от 1 до 500 мм рекомендуется назначать предпочтительные посадки в системе отверстия: H7/e8; H7/f7; H7/g6; H7/h6; H7/js6; H7/k6; H7/n6; H7/p6; H7/r6; H7/s6; H8/e8; H8/h7; H8/h8; H8/d9; H9/d9; H11/d11; H11/h1; в системе вала: F8/H6; H7/h6; Js7/h6; K7/h6; N7/h6; P7/h6; H8/h7; E9/h8; H8/h8; H11/h11.



Кроме указанных посадок допускается применение других посадок, образованных полями допусков валов и отверстий по ГОСТ 25347 – 82. При этом рекомендуется, чтобы посадка относилась к системе отверстия или системе вала и чтобы при неодинаковых допусках отверстия и вала больший допуск был у отверстия и допуски отверстия и вала отличались не более чем на два качества.

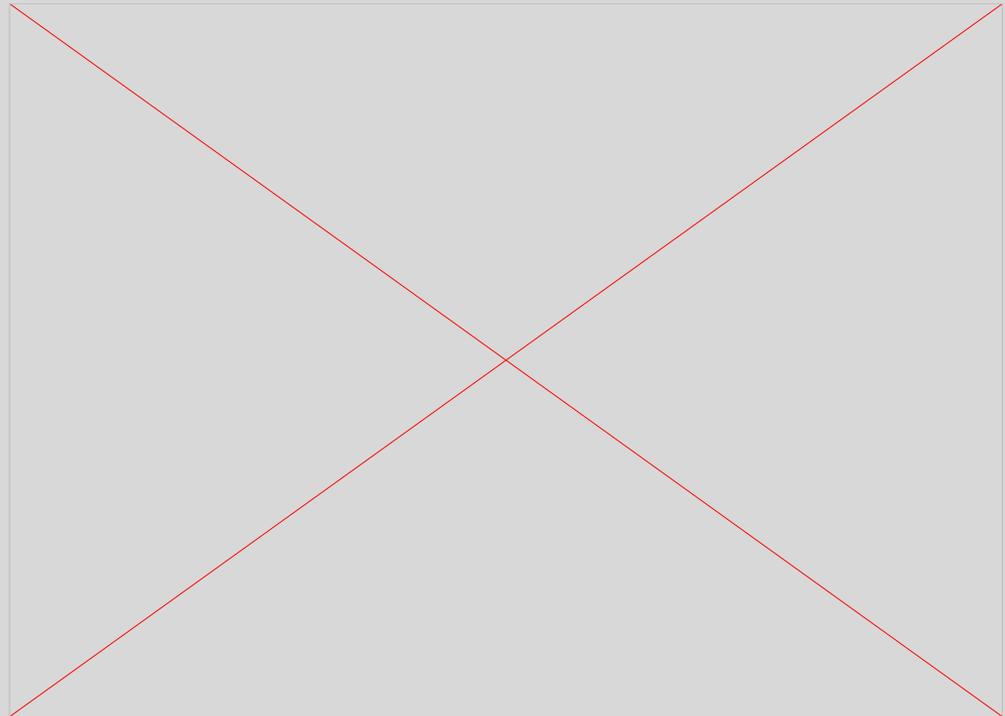
Пример. Определить предельные размеры, допуски, зазоры в соединении при посадке с зазором $\text{Ø } 40\text{H7/f7}$. Предельные отклонения взяты по ГОСТ 25346—82. Отверстие: номинальный размер 40 мм; $ES = 0$; $EI = +25$ мкм; $D_{\min} = 40$ мм; $D_{\max} = 40,000 + 0,025 = 40,025$ мм; $TD = 40,025 - 40,000 = 0,025$ мм. Вал: номинальный размер 40 мм; $ei = -50$ мкм; $es = -25$ мкм; $d_{\min} = 40,000 - 0,050 = 39,950$ мм; $d_{\max} = 40,000 - 0,025 = 39,975$ мм; $Td = 39,975 - 39,950 = 0,025$ мм. Соединение: номинальный размер 40 мм; $S_{\max} = 40,025 - 39,950 = 0,075$ мм; $S_{\min} = 40,000 - 39,975 = 0,025$ мм; $TS = 0,075 - 0,035 = 0,050$ мм или $TS = TD + Td = 0,025 + 0,025 = 0,050$ мм.

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 (рис. 2.8, а и б).



Посадки и предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в собранном виде, указывают дробью: в числителе - буквенное обозначение или числовые значения предельных отклонений отверстия либо буквенное обозначение с указанием справа в скобках их числовых значений, в знаменателе — аналогичное обозначение поля допуска вала (рис. 2.8, в).

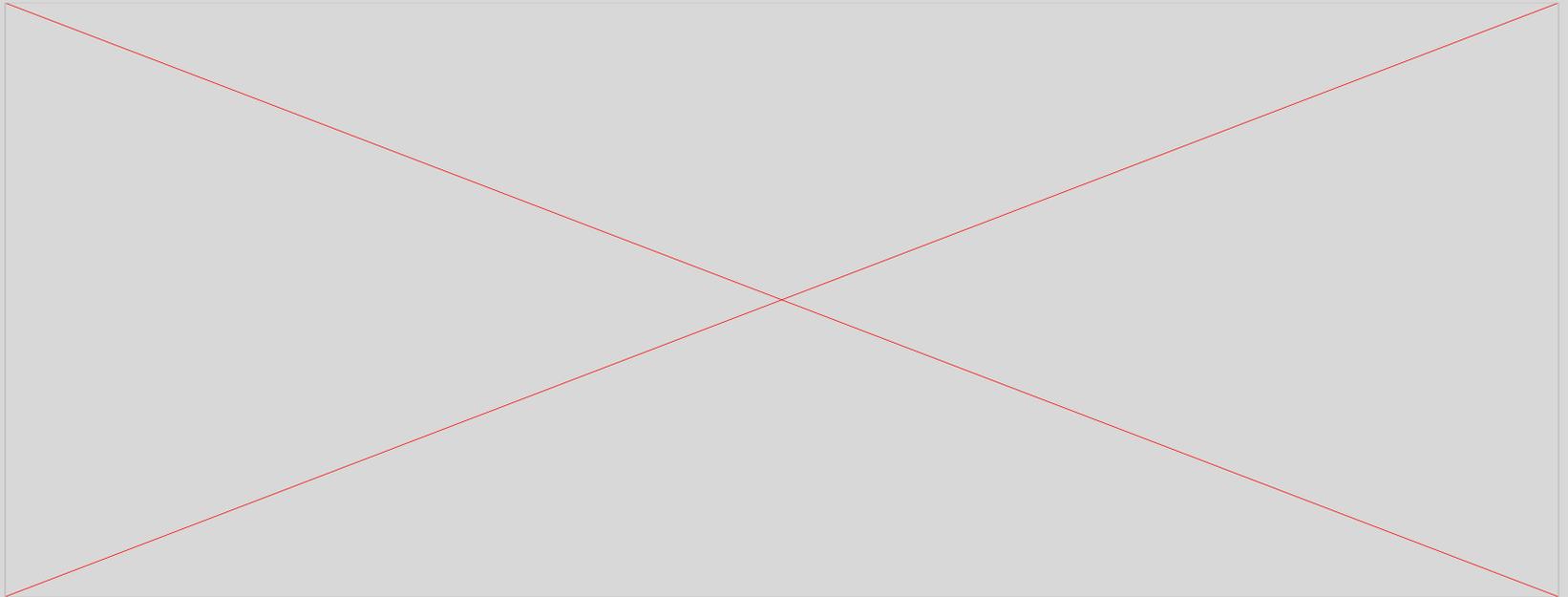
Иногда для обозначения посадки указывают предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей (рис. 2.8, г).



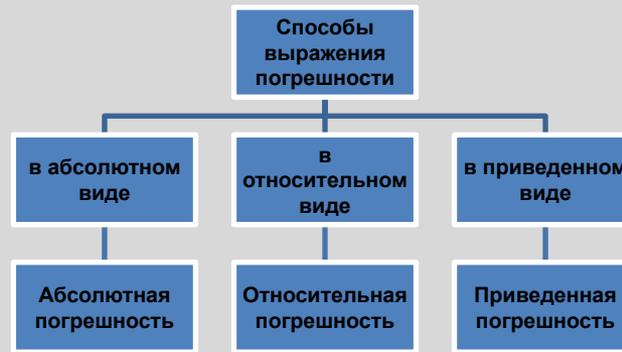
В условных обозначениях полей допусков обязательно указывать числовые значения предельных отклонений в следующих случаях: для размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров, например, $41,5H7(+0,025)$; при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены ГОСТ 25347 -82, например, для пластмассовой детали с предельными отклонениями по ГОСТ 25349-88.

Предельные отклонения, не указанные непосредственно после номинальных размеров, а оговоренные общей записью в технических требованиях чертежа, называются неуказанными предельными отклонениями. Неуказанными могут быть только предельные отклонения относительно низкой точности.

Основные правила назначения неуказанных предельных отклонений размеров установлены ГОСТ 25670 - 83.



Погрешность средства измерений



- погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины.

Абсолютная погрешность вычисляется, как разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины, по формуле :

$$\Delta = x - x_d$$

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности могут быть заданы в виде:

$$\Delta = \pm a$$

или

$$\Delta = \pm bx \quad \Delta = \pm(a + bx)$$

где Δ - пределы допускаемой абсолютной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;
 x - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;
 a, b - положительные числа, не зависящие от x .

- погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к результату измерений или к действительному значению измеренной физической величины.

Относительная погрешность средства измерений вычисляется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_n} \cdot 100\%$$

где Δ - пределы допускаемой абсолютной погрешности;

x - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются:

если $\Delta = \pm a$, то в виде $\delta = \pm q$,

если $\Delta = \pm(a + bx)$, то в виде $\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right]$

где x_k - больший (по модулю) из пределов измерений; c, d - положительные числа,

$$c = b + d, \quad d = \frac{a}{|x_k|}$$

- относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины (нормирующему значению), постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона.

Приведенная погрешность средства измерений определяется по формуле:

где Δ - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности.

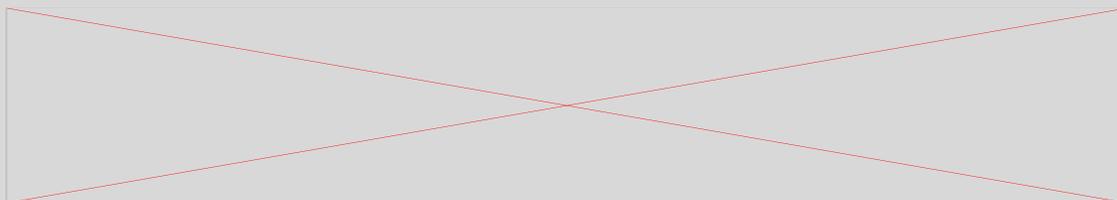
x_n - нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и Δ .

Z В повседневной производственной практике широко пользуются обобщенной характеристикой – *классом точности*.

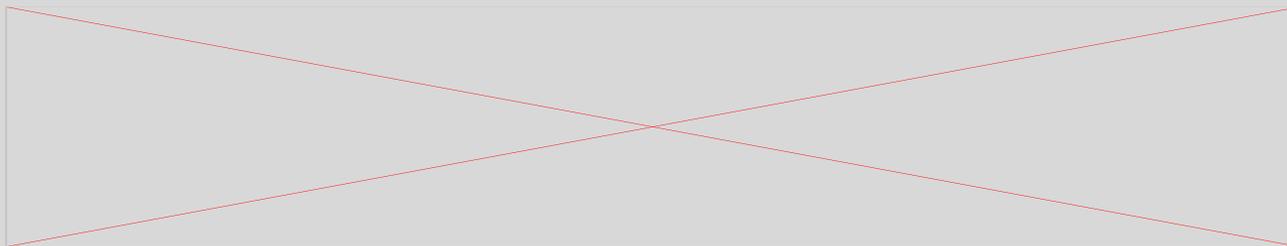
Среднее арифметическое и

среднее квадратическое отклонение

- Среднее арифметическое равно значению суммы всех зафиксированных значений, делённой на их количество:



- Среднее квадратическое отклонение равно квадратному корню из среднего квадрата отклонений отдельных значений признака от средней арифметической:



- где: σ - дисперсия; x_i - i -й элемент выборки; n - объём выборки; \bar{x} — среднее арифметическое выборки:

