

Кафедра «Общетехнических дисциплин, теории и методики профессионального образования»

**Курс «ОСНОВЫ
взаимозаменяемости и
технические измерения»**

Лекция 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И ТОЧНОСТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Учебные вопросы:

- 1. Основы взаимозаменяемости**
- 2. Понятия о номинальном, действительном и предельных размерах деталей, о предельных отклонениях и допуске**
- 3. Виды посадок сопрягаемых элементов деталей**
 - 3.1. Посадки с зазором
 - 3.2. Посадки с натягом
 - 3.3. Переходные посадки

ЛИТЕРАТУРА:

Основная

- 1. Радкевич Я.М. и др. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. Для вузов. 3-е изд. Перераб. и доп. -М.: Высш. шк., 2007.-791с: ил. С.278-295
- 2. Аристов А.И. и др. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для студ вузов. 3-е изд. перераб. -М.: Изд.центр «Академия», 2008.-384с: ил. С.6-17

Дополнительная

- 1. Лысаков. В.П. Основы взаимозаменяемости и технических измерений: Учеб. пособие. [Текст]/ В.П. Лысаков, А.В. Герасимов, А.Т. Тищенко. Брянск: Изд-во Брянского ГПУ, 1998. 130с. С.7-9, 13-23.

1. Основы взаимозаменяемости

Взаимозаменяемость — свойство независимо изготовленных с заданной точностью деталей (сборочных единиц) обеспечивать 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.

Взаимозаменяемыми могут быть детали, сборочные единицы (узлы) и изделия в целом.

- **Принцип взаимозаменяемости** экономически обосновано применять в серийном и массовом производстве.
- Различают следующие **виды взаимозаменяемости**:
- 1. Полная.
- 2. Неполная.
- Неполная взаимозаменяемость может быть:
- 2.1. Размерной и параметрической.
- 2.2. Внешней и внутренней.

ВИДЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

- **Полная взаимозаменяемость** — это взаимозаменяемость, при которой обеспечивается выполнение всех видов параметров с точностью, позволяющей производить бесперебойную сборку (или замену при ремонте) любых независимо изготовленных деталей в готовые изделия.
- **Неполная взаимозаменяемость** — это взаимозаменяемость, при которой в результате бесперебойной 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 (селективная сборка).
- **Размерная взаимозаменяемость** — это взаимозаменяемость по присоединительным размерам.
- **Параметрическая взаимозаменяемость** — это взаимозаменяемость по выходным параметрам.
- **Внешняя взаимозаменяемость** — это взаимозаменяемость отдельных изделий, которые собирают в более крупные по геометрическим и выходным параметрам.
- **Внутренняя взаимозаменяемость** — это взаимозаменяемость отдельных деталей или сборочных единиц, входящих в изделие по всем параметрам.
- **Функциональная взаимозаменяемость** — это взаимозаменяемость, при которой точность и другие эксплуатационные показатели деталей, сборочных единиц и комплектующих изделий должны быть согласованы с назначением и условиями работы конечной продукции.
- **Взаимозаменяемость по геометрическим параметрам** является частным видом функциональной взаимозаменяемости.

Продолжение 1 вопроса



Рис. 2.1. Драгунское ружье 18 века



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



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

Достоинства взаимозаменяемого производства:

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

Продолжение 1 вопроса

• Точность и погрешность в технике

- **Точность в технике** – это степень приближения значения параметра изделия, процесса и т.д. к его заданному значению.
- **Погрешность** – разность между приближенным значением некоторой величины и ее точным значением. В метрологии **погрешность** – отклонение результата измерений от истинного (действительного) значения измеряемой величины.
- Чем точнее требуется выполнить элемент детали, тем дороже будет стоить изготовление.

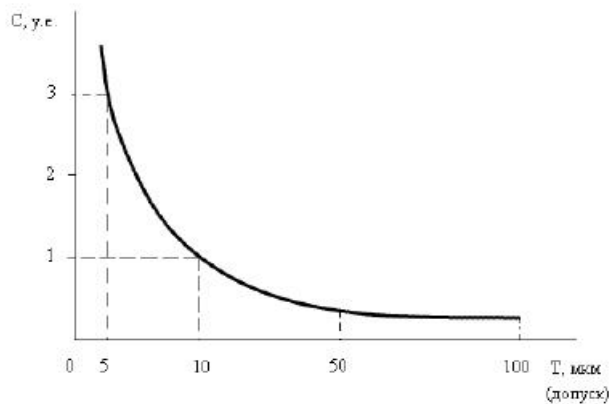


Рис. 2.2. Зависимость себестоимости от точности изготовления детали

Для элементов деталей в машиностроении можно и нужно **нормировать точность**:

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

Продолжение 1 вопроса

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

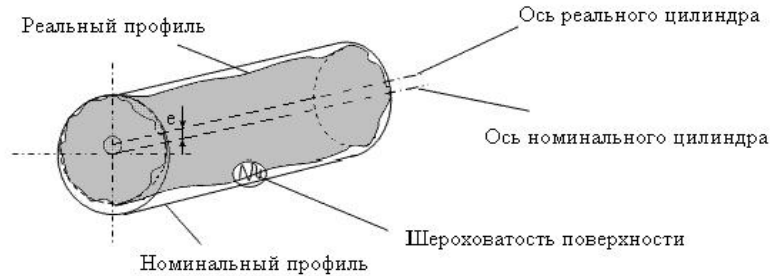


Рис. 2.3. Номинальный и реальный профиль цилиндра

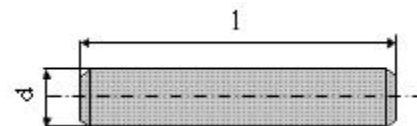
- **Основные причины появления погрешностей геометрических параметров элементов деталей:**
 - 1. Состояние оборудования и его точность.
 - 2. Качество и состояние технологической оснастки и инструмента.
 - 3. Режимы обработки.
 - 4. Неоднородность материала заготовок.
 - 5. Упругие деформации станка, приспособления, инструмента и детали.
 - 6. Температурные деформации станка, приспособления, инструмента и детали.
 - 7. Квалификация и субъективные ошибки рабочего.

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

- **Размер** – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.д.) в выбранных единицах измерения (мм).
- **Номинальный размер**: размер, относительно которого определяются отклонения.

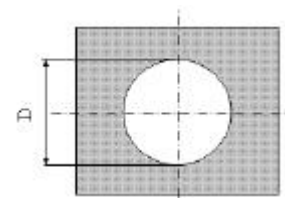
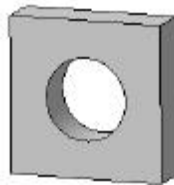
• Различают *три основных вида размеров*:

• 1. Охватываемые размеры.



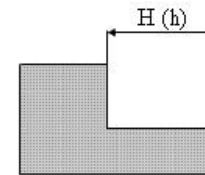
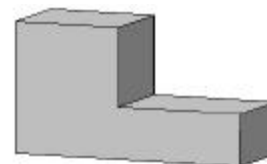
• **Вал** – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и элементы, ограниченные плоскими поверхностями.

• 2. Охватывающие размеры.



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

• 3. Полуоткрытые размеры.



Продолжение 2 вопроса

- В обозначениях размеров деталей используются буквы латинского алфавита:
- 1. Для **охватываемых размеров** применяют **строчные** буквы (**a,b,c,d....**).
- 2. Для **охватывающих размеров** применяют **прописные** буквы (**A,B,C,D...**).
- 3. Для **полуоткрытых размеров** можно использовать как строчные, так и прописные буквы.
- **Предельные размеры**: два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер.
- **Действительный размер**: размер элемента, установленный измерением с допустимой погрешностью.

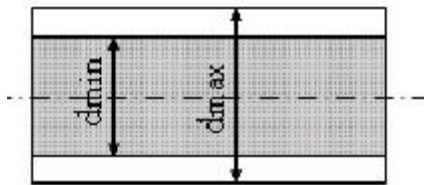


Рис. 2.4. Предельные размеры вала

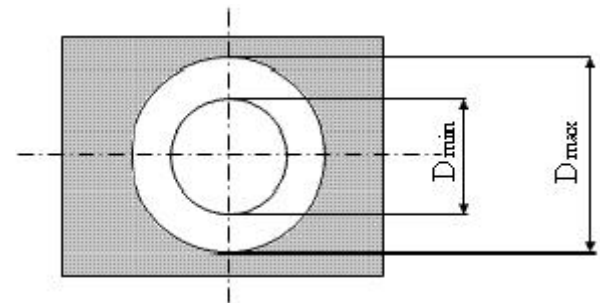


Рис. 2.5. Предельные размеры отверстия

Продолжение 2 вопроса

- D_{\max} , d_{\max} – **наибольший предельный размер**: наибольший допустимый размер элемента
- D_{\min} , d_{\min} – **наименьший предельный размер**: наименьший допустимый размер элемента.
- Действительный размер годного изделия должен находиться между предельными размерами (рис. 2.6).
 - $d_{\min} \leq d_d \leq d_{\max}$;
 - $D_{\min} \leq D_d \leq D_{\max}$.
- d_d , (D_d) – действительный размер вала (отверстия).

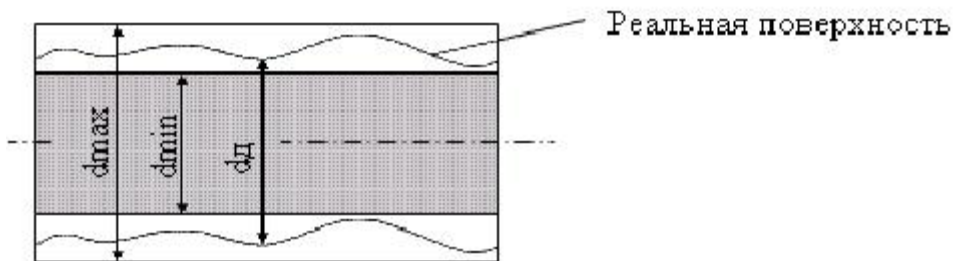


Рис. 2.6. Действительный размер вала

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

Продолжение 2 вопроса

- **допуск (TD, Td)** – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами отверстия или вала.
 - $TD = D_{\max} - D_{\min}$; $Td = d_{\max} - d_{\min}$.

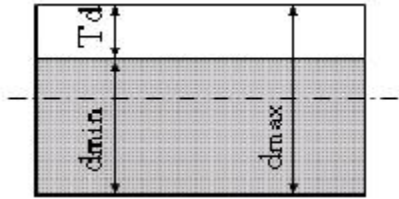


Рис. 2.7. Предпочтительное изображение вала, Td – допуск на диаметр вала

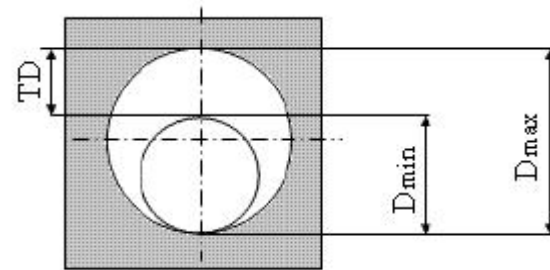


Рис. 2.7. Предпочтительное изображение отверстия, TD – допуск на диаметр отверстия

- Значение допуска можно также определить, как разницу между верхним и нижним отклонениями отверстия или вала.
- **Верхнее отклонение (ES, es)**: алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами.
 - $ES = D_{\max} - D$ (для отверстия); $es = d_{\max} - d$ (для вала).
- **Нижнее отклонение (EI, ei)**: алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами. $EI = D_{\min} - D$ (для отверстия); $ei = d_{\min} - d$ (для вала).

Продолжение 2 вопроса

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

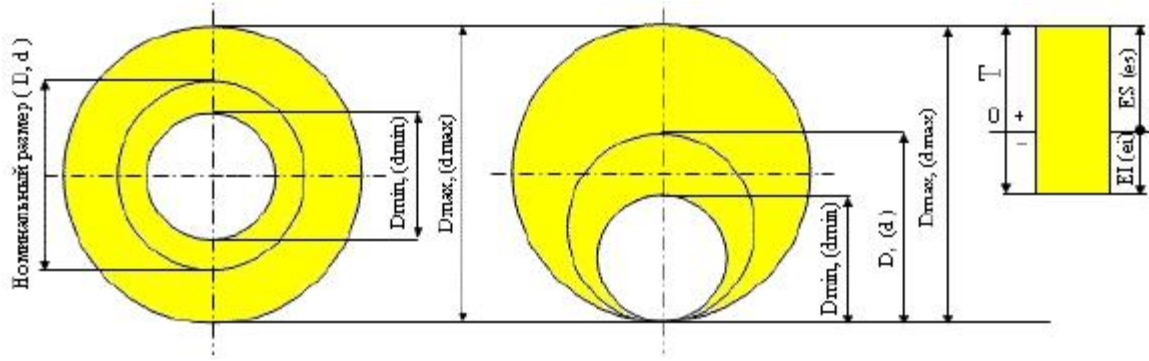


Рис. 2.9. Поле допуска (T) для общего случая

- В общем случае **допуск** обозначается буквой **T** (*Tolerance*).
- **ES** – верхнее отклонение отверстия, **EI** – нижнее отклонение отверстия,
- **es** – верхнее отклонение вала, **ei** – нижнее отклонение вала.
- **Допуск** – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.
- **Значение допуска** всегда положительное.
- **Отклонение** всегда имеет знак (+) или (–). Отклонения, расположенные выше линии номинального размера всегда положительные, а расположенные ниже – отрицательные.

Продолжение 2 вопроса

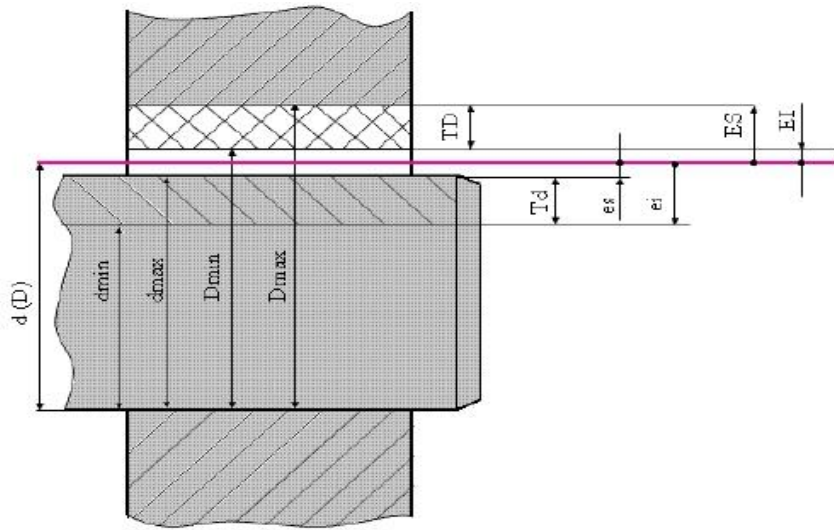
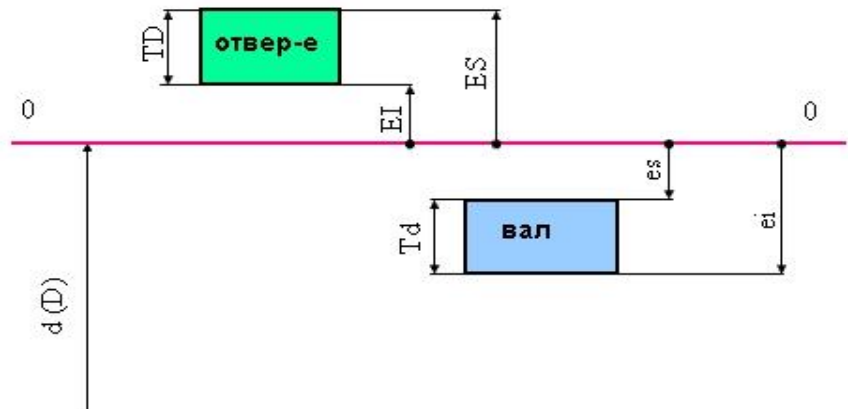


Рис. 2.10. Условное изображение соединения вала и втулки с зазором

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

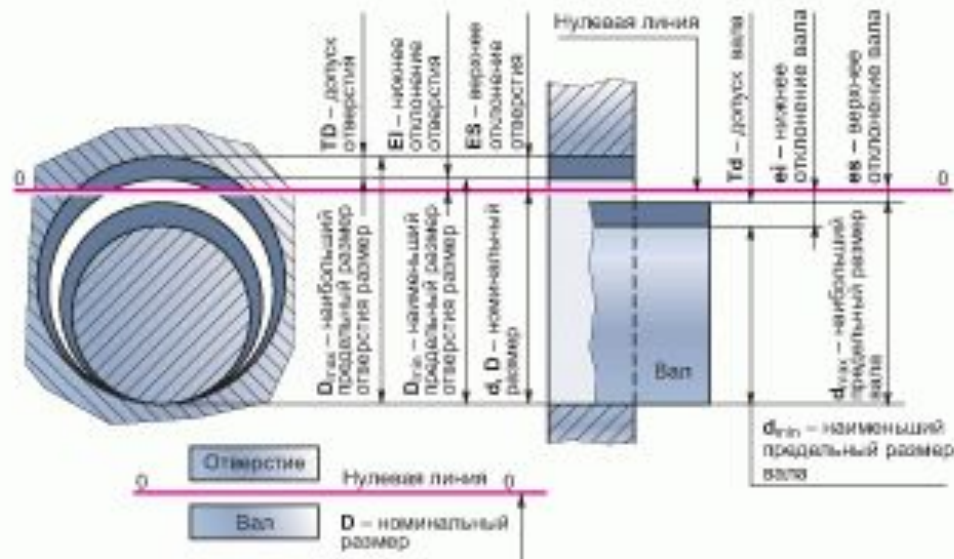
Рис. 2.11. Схема расположения полей допусков, сопрягаемых деталей (соединение с зазором)



- **Нулевая линия** – это линия, соответствующая номинальному размеру, от которого откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ И ДОПУСКИ

ПОЛЯ ДОПУСКОВ ОТВЕРСТИЯ И ВАЛА

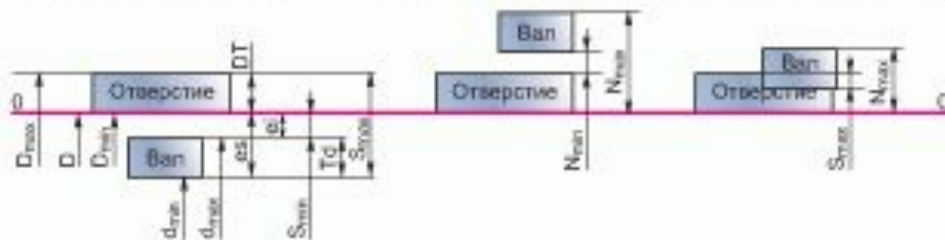


СХЕМЫ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ

Посадка с зазором

Посадка с натягом

Переходная посадка



ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ РАЗМЕРОВ С НЕУКАЗАННЫМИ ДОПУСКАМИ

(ГОСТ 30893.1 – 2002 "ОБЩИЕ ДОПУСКИ" взамен ГОСТ 25670 – 83)

1. Предельные отклонения линейных (от 0,5 до 10 000 мм) и угловых размеров (кроме радиусов закруглений и фасок), не указанные непосредственно у номинальных размеров, рекомендуется назначать по классам точности *f, m, c, v* по ГОСТу 30893.1 – 2002, например: «Общие допуски по ГОСТ 30893.1 – *m*» или «ГОСТ 30893.1 – *m*».
2. Дополнительные допустимые варианты предельных отклонений линейных размеров с неуказанными допусками.

Дополнительный вариант	Класс точности	Обозначения предельных отклонений		
		Размеров отверстий	Размеров валов	Размеров элементов, не относящихся к отверстиям и валам
1	Точный	H12	h12	$\pm t_1/2$ (или $\pm IT12/2$)
	Средний	H14	h14	$\pm t_2/2$ (или $\pm IT14/2$)
	Грубый	H16	h16	$\pm t_3/2$ (или $\pm IT16/2$)
	Очень грубый	H17	h17	$\pm t_4/2$ (или $\pm IT17/2$)
2	Точный	+ t_1	- t_1	$\pm t_1/2$
	Средний	+ t_2	- t_2	$\pm t_2/2$
	Грубый	+ t_3	- t_3	$\pm t_3/2$
	Очень грубый	+ t_4	- t_4	$\pm t_4/2$

Обозначение $\pm t_1/2$ соответствует обозначению *f*, $\pm t_2/2$ – *m*, $\pm t_3/2$ – *c*, $\pm t_4/2$ – *v*.

Например ссылка на общие допуски для класса точности средней:

Вариант 1: «Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, $\pm t_2/2$ »

или «Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, $\pm IT14/2$ ».

Вариант 2: «Общие допуски по ГОСТ 30893.1: + t_2 , - t_2 , $\pm t_2/2$ ».



3. Виды посадок сопрягаемых элементов деталей

Две или несколько неподвижно или подвижно соединяемых деталей называют **сопрягаемыми**. Поверхности, по которым происходит соединение деталей, называют **сопрягаемыми поверхностями**. Остальные поверхности называются несопрягаемыми (свободными).

В соединениях деталей различают охватывающие и охватываемые поверхности.

- **Охватывающей** поверхностью называется элемент детали с внутренней сопрягаемой поверхностью (отверстие).
- **Охватываемой** поверхностью называется элемент детали с наружной сопрягаемой поверхностью (вал).
- **Посадка** — характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Продолжение 3 вопроса

- В зависимости от возможности относительного перемещения сопрягаемых деталей или степени сопротивления их взаимному смещению посадки разделяют на три вида:
- 1. Посадки с зазором.
- 2. Посадки с натягом.
- 3. Переходные посадки.
- **Зазор** – разность между размерами отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала (*Clearance*).
- **Натяг** – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия (*Interference*).

Продолжение 3 вопроса

• 2.3.1. Посадки с зазором

- **Посадка с зазором:** посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т. е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему.
- Значение величины зазора определяется по формуле (см. рис.2.12):

$$S = D - d,$$

S – зазор,

D – диаметр отверстия,

d – диаметр вала.

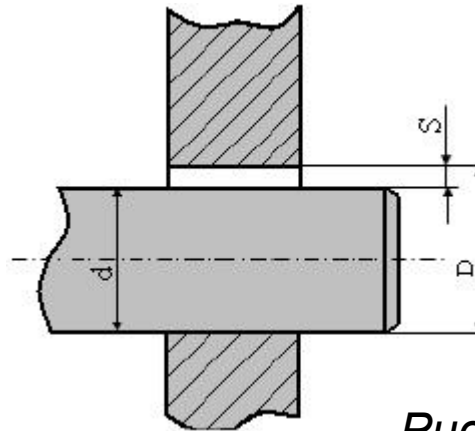


Рис. 2.12. Соединение с зазором

Продолжение 3 вопроса

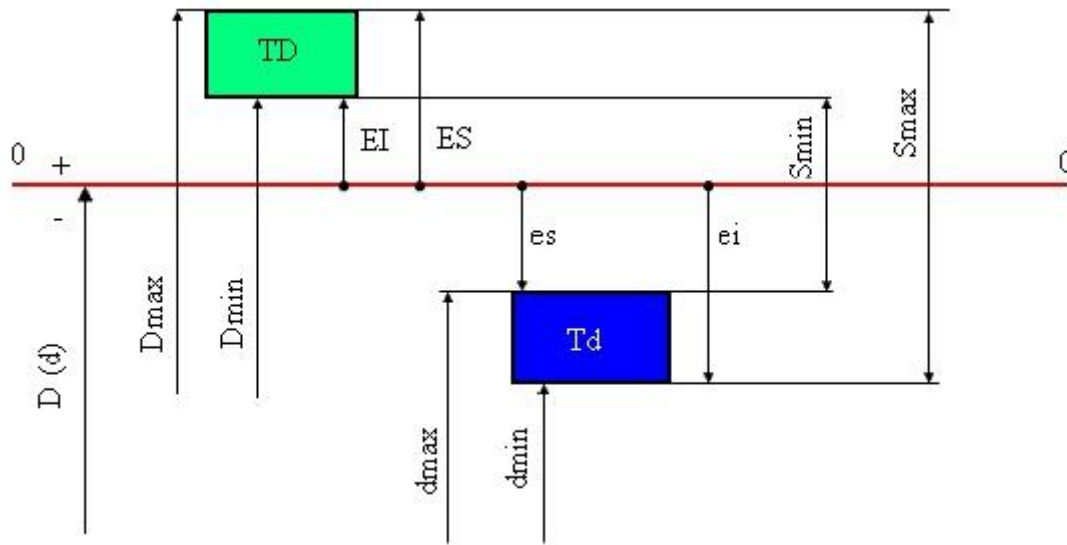


Рис. 2.13. Схематическое изображение посадки с зазором,
 TD – допуск на диаметр отверстия, Td – допуск на диаметр вала,
 S_{min} – наименьший зазор,
 S_{max} – наибольший зазор

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

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

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

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

Продолжение 3 вопроса

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

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

- TS – величина допуска зазора.
- **Допуск посадки** сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

$$TP = TD + Td,$$

- TP – допуск посадки.
- **Средний зазор**: среднее арифметическое наименьшего и наибольшего зазоров.

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

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

Пример расчета посадки с зазором

Пример. Номинальный размер вала 100 мм, нижнее отклонение вала $ei = -106$ мкм ($-0,106$ мм), верхнее отклонение вала $es = -60$ мкм ($-0,06$ мм). Номинальный размер отверстия 100 мм, нижнее отклонение отверстия $EI = +72$ мкм ($+0,072$ мм), верхнее отклонение отверстия $ES = +159$ мкм ($+0,159$ мм). Графическое представление этой посадки приведено на рис. 5.12.

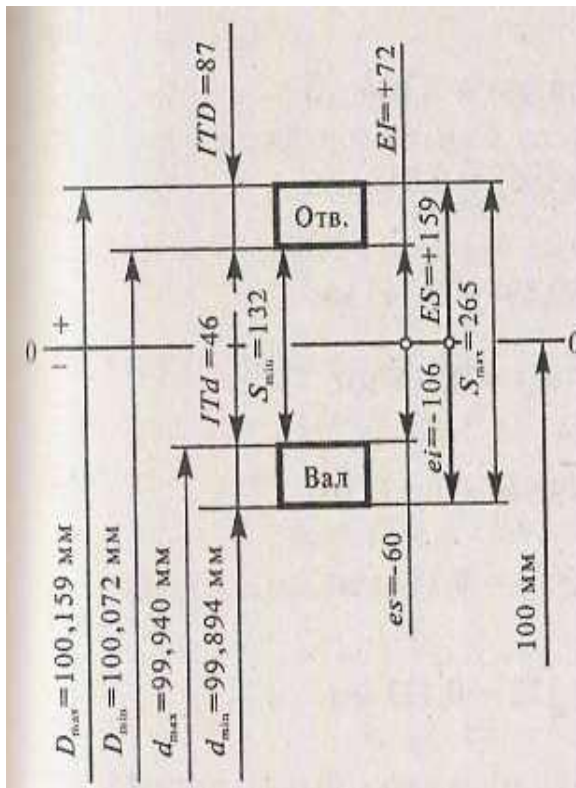


Рис. 5.12. Пример расположения полей допусков вала и отверстия в посадке с зазором

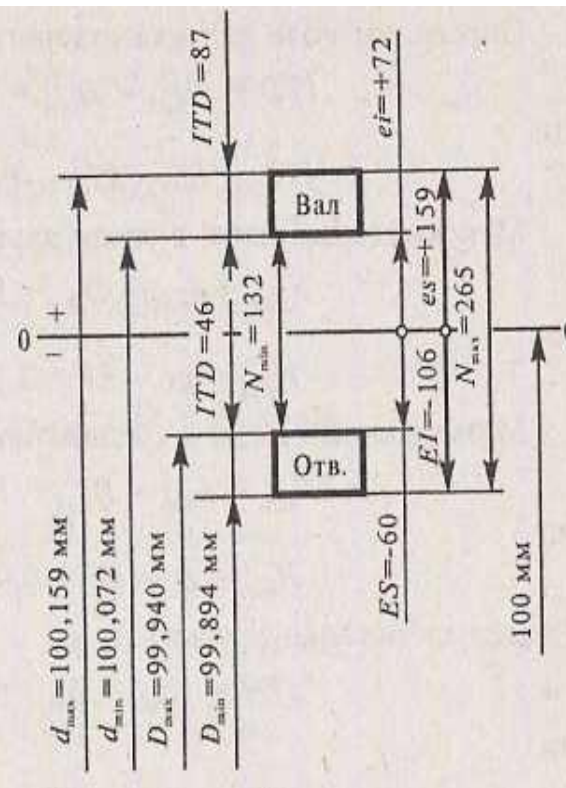


Рис. 5.13. Пример расположения полей допусков вала и отверстия в посадке с натягом

Продолжение

Решение.

Наибольший предельный размер вала $d_{max} = d + es = 100 + (-0,060) = 99,940$ мм.

Наименьший предельный размер вала $d_{min} = d + ei = 100 + (-0,106) = 99,894$ мм.

Поле допуска вала $ITd = d_{max} - d_{min} = 99,940 - 99,894 = 0,046$ мм

Или

$$ITd = es - ei = -0,060 - (-0,106) = 0,046 \text{ мм.}$$

Наибольший предельн.размер отверстия $D_{max} = D + ES = 100 + 0,159 = 100,159$ мм.

Наименьший предельный размер отверстия $D_{min} = D + EI = 100 + 0,072 = 100,072$ мм.

Поле допуска отверстия $ITD = D_{max} - D_{min} = 100,159 - 100,072 = 0,087$ мм

Или

$$ITD = ES - EI = 0,159 - 0,072 = 0,087 \text{ мм.}$$

Максим. зазор в соединении $S_{max} = D_{max} - d_{min} = 100,159 - 99,894 = 0,265$ мм

Или

$$S_{max} = ES - ei = 0,159 - (-0,106) = 0,265 \text{ мм.}$$

Миним. зазор в соединении $S_{min} = D_{min} - d_{max} = 100,072 - 99,940 = 0,132$ мм

Или

$$S_{min} = EI - es = 0,072 - (-0,060) = 0,132 \text{ мм.}$$

Допуск посадки (зазора) $ITS = S_{max} - S_{min} = 0,265 - 0,132 = 0,133$ мм

Или $ITS = ITd + ITD = 0,046 + 0,087 = 0,133$ мм.

Продолжение 3 вопроса

2.3.2. Посадки с натягом

- **Посадка с натягом:** посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т. е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему.
- Значение величины натяга определяется по формуле (см. рис.2.15):

$$N = d - D,$$

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

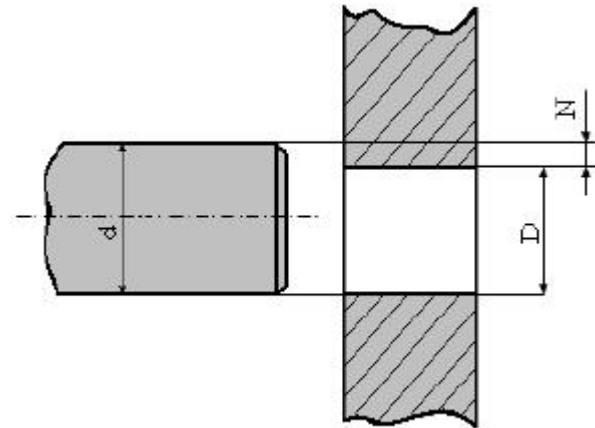


Рис. 2.15. Схема образования соединения с натягом

Продолжение 3 вопроса

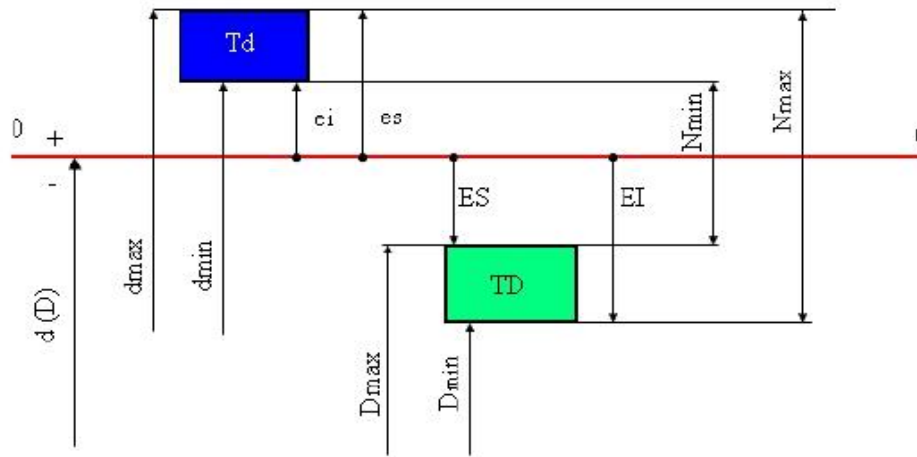


Рис. 2.16. Схематическое изображение посадки с натягом,
 TD – допуск на диаметр отверстия, Td – допуск на диаметр вала,
 N_{min} – наименьший натяг,
 N_{max} – наибольший натяг

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

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

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

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

- **Средний натяг:** среднее арифметическое наибольшего и наименьшего натягов. $N_m = (N_{max} + N_{min})/2$

Пример расчета посадки с натягом

Пример. Номинальный размер вала 100 мм, нижнее отклонение вала $ei = 72$ мкм (0,072 мм), верхнее отклонение вала $es = 159$ мкм (0,159 мм).

Номинальный размер отверстия 100 мм, нижнее отклонение отверстия $EI = -106$ мкм ($-0,106$ мм), верхнее отклонение отверстия $ES = -60$ мкм ($-0,060$ мм). Графическое представление этой посадки приведено на рис. 5.13.

Решение. Наибольший предельный размер вала d_{max}

$$d_{max} = d + es = 100 + (0,159) = 100,159 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер вала d_{min}

$$d_{min} = d + ei = 100 + (0,072) = 100,072 \text{ мм.}$$

Поле допуска вала

$$ITd = d_{max} - d_{min} = 100,159 - 100,072 = 0,087 \text{ мм}$$

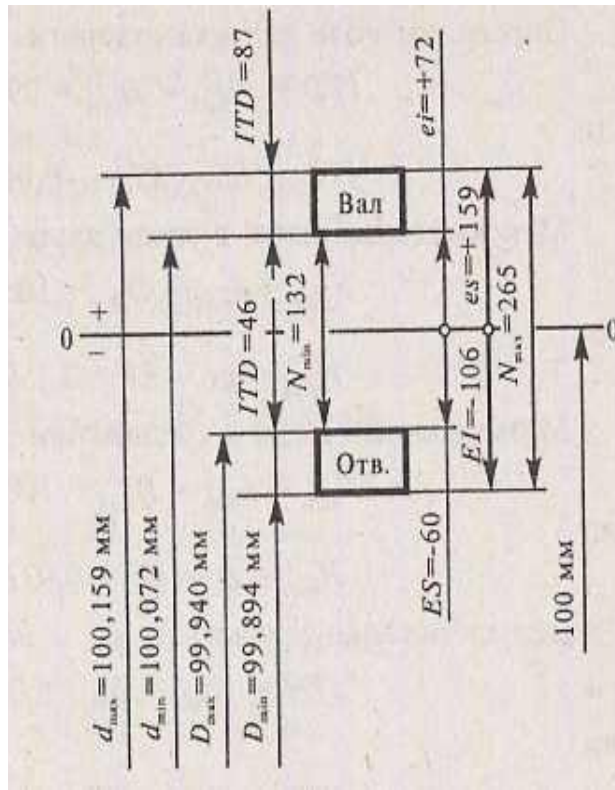
$$\text{Или } ITd = es - ei = 0,159 - 0,072 = 0,087 \text{ мм.}$$

Наибольший предельный размер отверстия

$$D_{max} = D + ES = 100 + (-0,060) = 99,940 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер отверстия

$$D_{min} = D + EI = 100 + (-0,106) = 99,894 \text{ мм.}$$



продолжение

Определим поле допуска отверстия

$$ITD = D_{\max} - D_{\min} = 99,940 - 99,894 = 0,046 \text{ мм}$$

или

$$ITD = ES - EI = -0,060 - (-0,106) = 0,046 \text{ мм.}$$

Максимальный натяг в соединении

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 100,159 - 99,894 = 0,265 \text{ мм или}$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,159 - (-0,106) = 0,265 \text{ мм.}$$

Минимальный натяг в соединении

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 100,072 - 99,940 = 0,132 \text{ мм}$$

или

$$N_{\min} = ei - ES = 0,072 - (-0,060) = 0,132 \text{ мм.}$$

Допуск посадки (натяга)

$$ITN = N_{\max} - N_{\min} = 0,265 - 0,132 = 0,133 \text{ мм}$$

или

$$ITN = ITd + ITD = 0,087 + 0,046 = 0,133 \text{ мм.}$$

Продолжение 3 вопроса

2.3.3. Переходные посадки

- **Переходная посадка:** посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга в соединении в зависимости от действительных размеров отверстия и вала.
- Различают следующие *виды переходных посадок*:
 - 1. С наиболее вероятным натягом в соединении.
 - 2. С наиболее вероятным зазором в соединении.
 - 3. С равновероятным зазором и натягом в соединении.

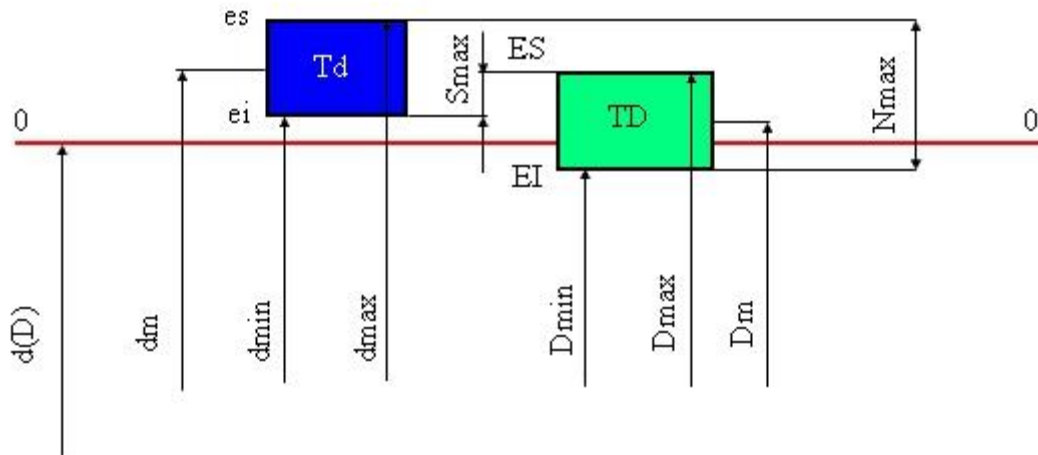


Рис. 2.18. Переходная посадка с наиболее вероятным натягом

Продолжение 3 вопроса

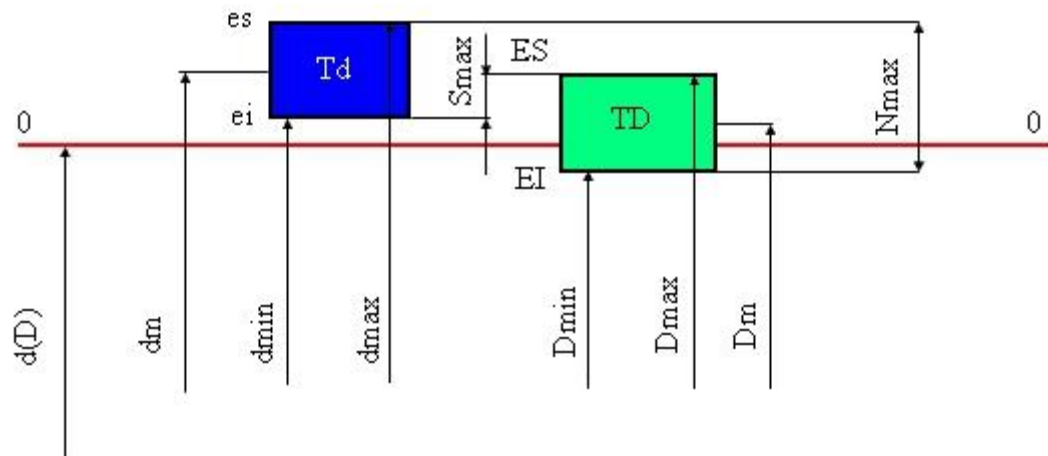


Рис. 2.18. Переходная посадка с наиболее вероятным натягом

- Если среднее значение диаметра вала (d_m) больше среднего значения диаметра отверстия (D_m):
 $d_m > D_m$,
- или, если максимальный натяг больше максимального зазора:

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

то в соединении наиболее вероятен натяг.

- Допуск переходной посадки:

$$ТП = TS(TN) = S_{max} + N_{max} = TD + Td.$$

Продолжение 3 вопроса

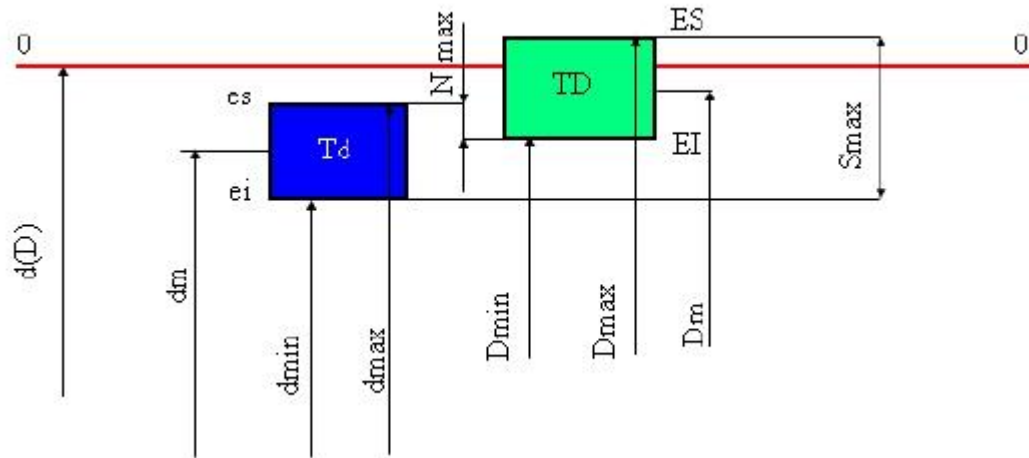


Рис. 2.19. Переходная посадка с наиболее вероятным зазором

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

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

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

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

Продолжение 3 вопроса

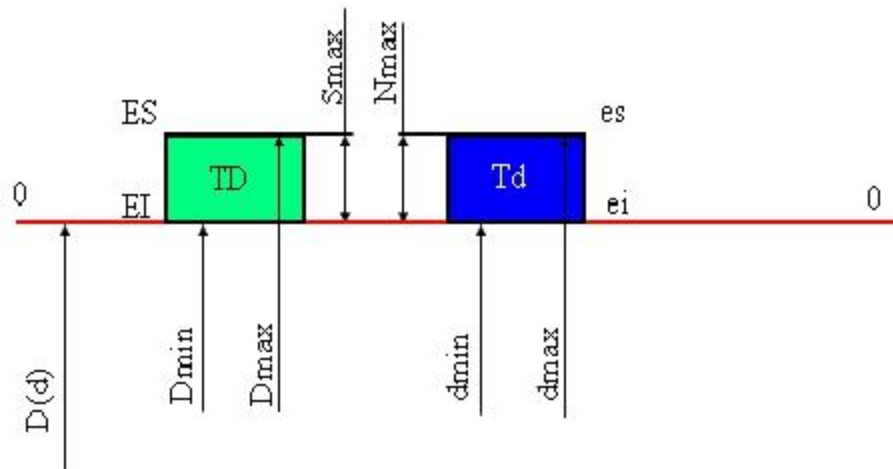
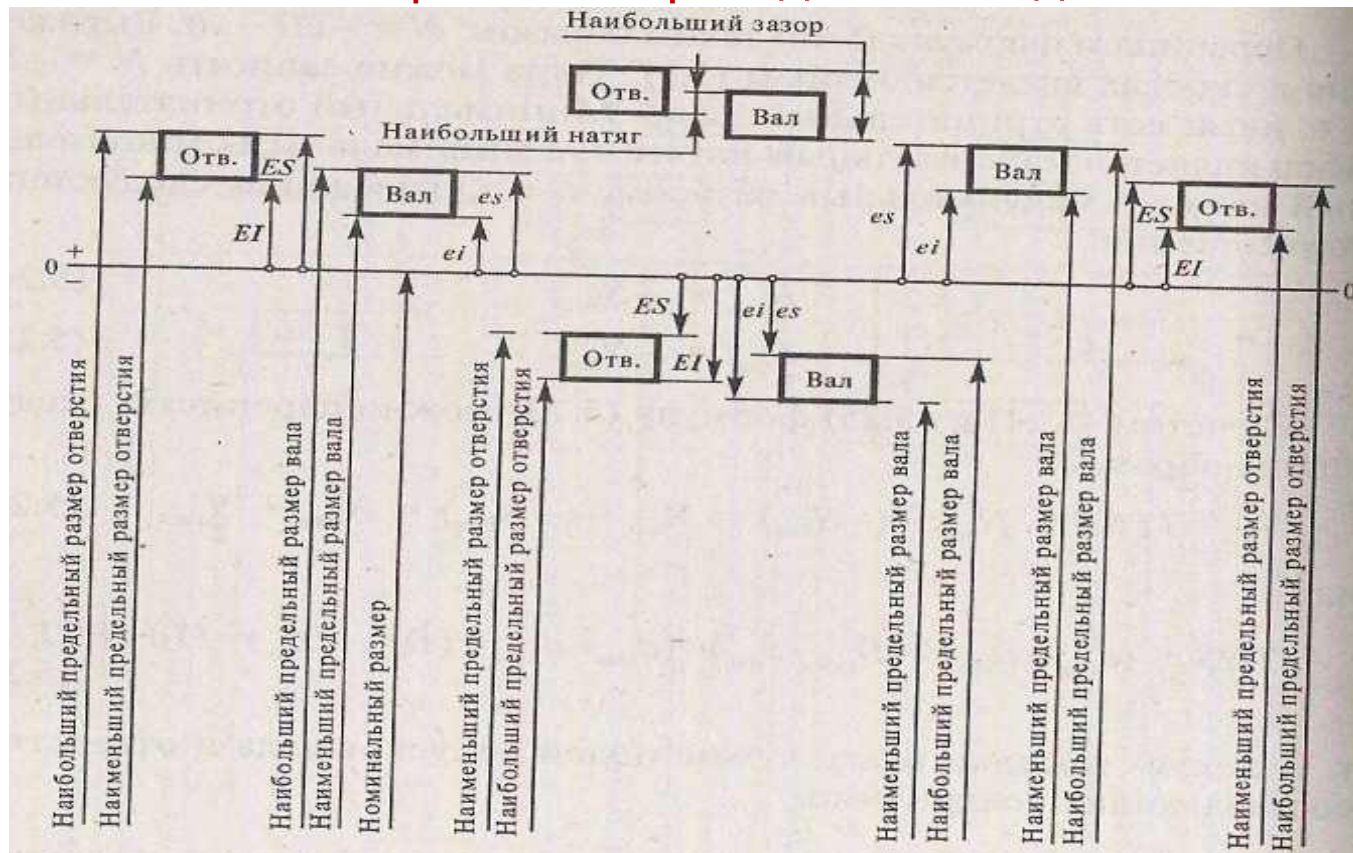


Рис. 2.20. Переходная посадка, в которой **зазор и натяг равновероятны**

- В посадке такого типа максимальный зазор равен максимальному натягу:
$$S_{max} = N_{max}.$$
- **Назначение переходной посадки:** обеспечить точность центрирования соединяемых элементов деталей.

Рис. 2.11. Возможные расположения полей допусков валов и отверстий в переходных посадках



Допуск посадки (III) равен сумме допусков отверстия и вала, составляющих соединение: $TP = TD + Td$

Для посадок с зазором допуск посадки равен допуску зазора или разности предельных зазоров: $TP = TS = S_{max} - S_{min}$

- **Для посадок с натягом допуск посадки равен допуску натяга или разности предельных натягов: $TP = TN = N_{max} - N_{min}$**
- **Допуск переходной посадки $TP = S_{max} + N_{max}$**

Пример расчета переходной посадки

Пример. Номинальный размер вала 100 мм, нижнее отклонение вала $e_i = +71$ мкм (+0,071 мм), верхнее отклонение вала $e_s = +93$ мкм (+0,093 мм). Номинальный размер отверстия 100 мм, нижнее отклонение отверстия $E_I = +72$ мкм (+0,072 мм), верхнее отклонение отверстия $E_S = +159$ мкм (+0,159 мм). Графическое представление этой посадки приведено на рис. 5.14.

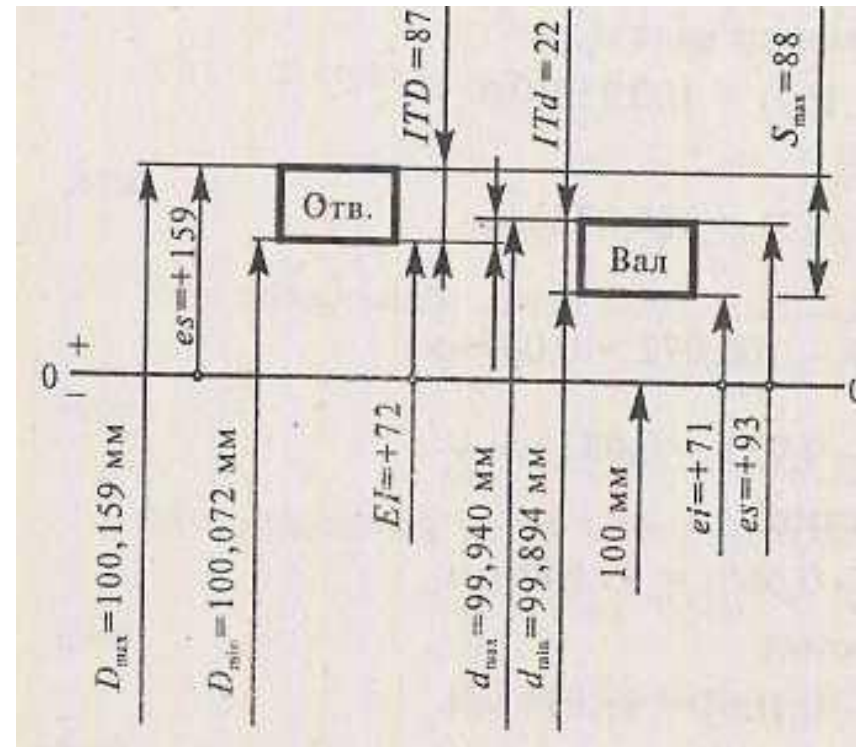


Рис. 5.14. Пример расположения полей допусков вала и отверстия в переходной посадке

продолжение

Решение. Наибольший предельный размер вала d_{max}

$$d_{max} = d + es = 100 + 0,093 = 100,093 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер вала d_{min}

$$d_{min} = d + ei = 100 + 0,071 = 100,071 \text{ мм.}$$

Поле допуска вала $ITd = d_{max} - d_{min} = 100,093 - 100,071 = 0,022 \text{ мм}$

$$\text{Или } ITd = es - ei = 0,093 - 0,071 = 0,022 \text{ мм.}$$

Наибольший предельный размер отверстия

$$D_{max} = D + ES = 100 + 0,159 = 100,159 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер отверстия

$$D_{min} = D + EI = 100 + 0,072 = 100,072 \text{ мм.}$$

Поле допуска отверстия $ITD = D_{max} - D_{min} = 100,159 - 100,072 = 0,087 \text{ мм}$

$$\text{Или } ITD = ES - EI = 0,159 - 0,072 = 0,087 \text{ мм.}$$

Максимальный зазор в соединении

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 100,159 - 100,071 = 0,088 \text{ мм}$$

$$\text{Или } S_{max} = ES - ei = 0,159 - 0,071 = 0,088 \text{ мм.}$$

Максим. натяг в соединении $N_{max} = d_{max} - D_{min} = 100,093 - 100,072 = 0,021 \text{ мм}$

$$\text{Или } N_{max} = es - EI = 0,093 - 0,072 = 0,021 \text{ мм.}$$

Допуск посадки (зазора-натяга) $ITNS = S_{max} + N_{max} = 0,088 + 0,021 = 0,109 \text{ мм}$

$$\text{Или } ITNS = ITd + ITD = 0,022 + 0,087 = 0,109 \text{ мм.}$$

Продолжение 3 вопроса

2.3.4. Система отверстия и система вала

- Можно, задать отклонения отверстия и вала, направленные в плюсовую сторону от номинала или же в минусовую сторону, и обеспечить получение одинакового зазора (рис. 2.21 а, б).

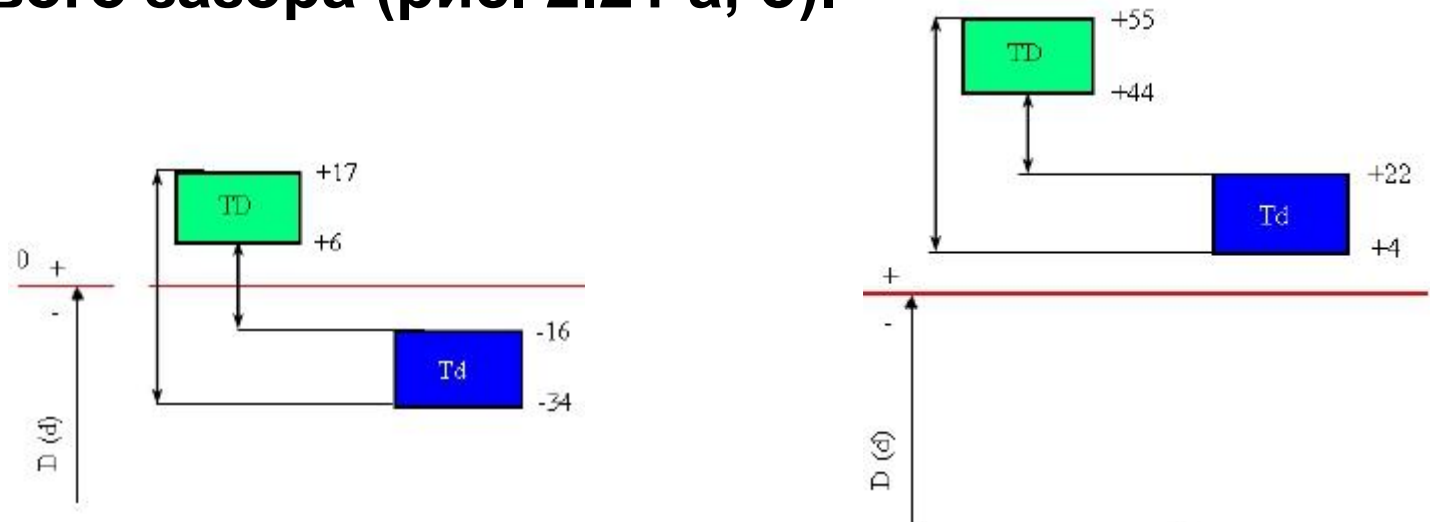


Рис. 2.21. Посадки с одинаковой величиной зазора

- Такая «свобода» выбора оказывается экономически невыгодной. Поэтому в нормативных документах всех стран мира используется принципиальный подход к ограничению свободы - *система отверстия и система вала*

Продолжение 3 вопроса

- Такие отверстия и валы получили название *основные*.
- **Основное отверстие** – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.
- **Основной вал** – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.
- **Посадки в системе отверстия**: посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия (рис. 2.23).

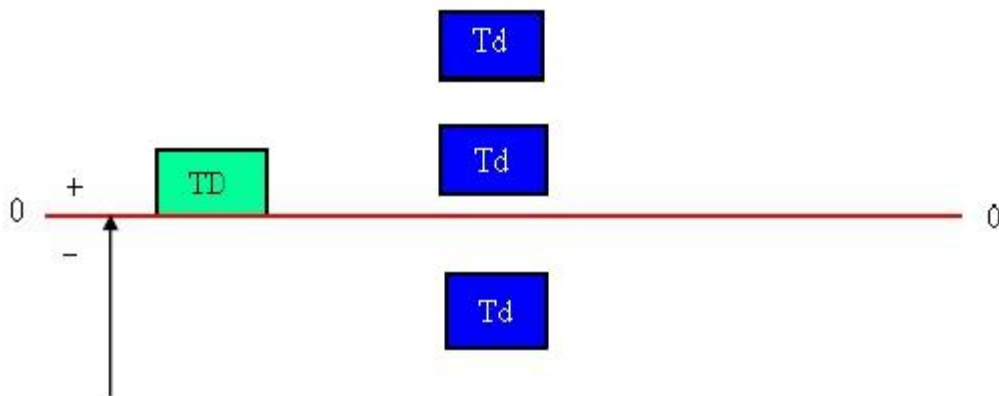


Рис. 2.23. Посадки в системе отверстия

Продолжение 3 вопроса

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

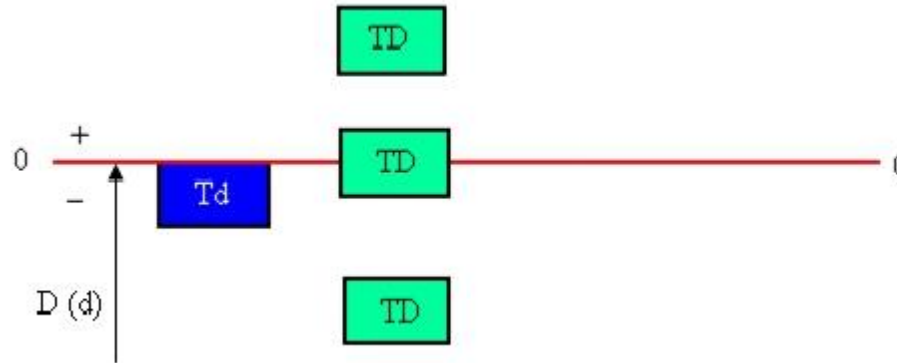


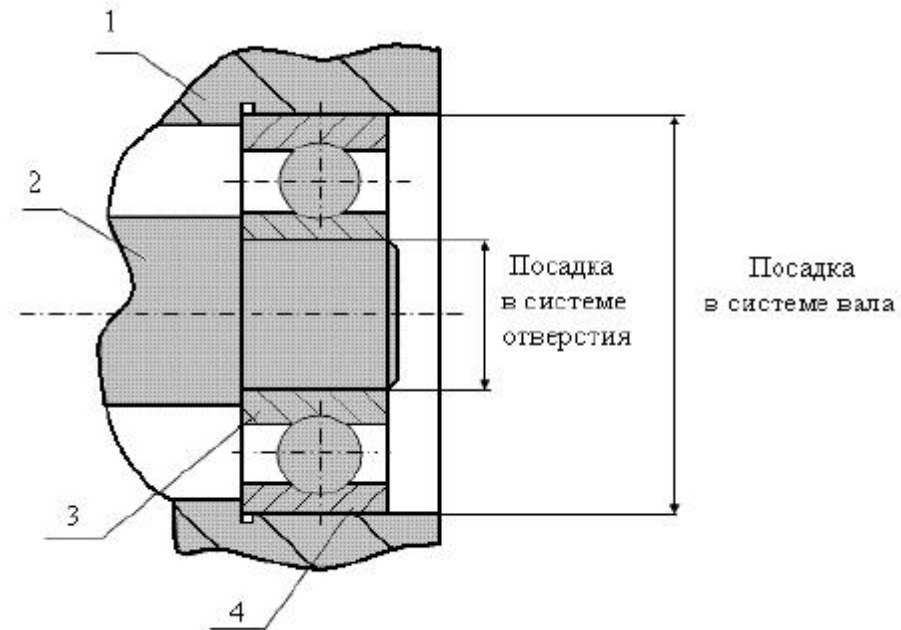
Рис. 2.24. Посадки в системе вала

- Таким образом, у основного отверстия с номинальным размером совпадает *наименьший предельный размер*, а у основного вала – *наибольший предельный размер*.
- **Предпочтение отдается системе отверстия**, поскольку при применении этой системы уменьшается номенклатура мерного режущего инструмента для обработки размеров отверстий.

Продолжение 3 вопроса

- **Пример** посадки в системе вала и в системе отверстия показан на рис. 2.25.

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



- На рис. 2.26 приведен **пример** технологически обоснованного решения использования системы вала.

Рис. 2.26. Пример посадки в системе вала

