

ІТМО

Дисципліна: Основи взаємозамінності

Лекція 2: Соединения и посадки.

Лекція 3: Рекомендуемые посадки.

Лекція 2: Соединение и посадки.

Предметом курса «Основы взаимозаменяемости» является выяснение условий обеспечения взаимозаменяемости при конструировании приборов и решении других задач, связанных с обеспечением высококачественной работы изделий.



Содержание курса

Часть 1

Основные понятия и определения. Размеры (определения, виды размеров, нанесение на чертежах, нормальные линейные размеры, допуски и отклонения размеров, условия годности размеров).

Часть 2

Соединения и посадки. Стандартизация соединений гладких элементов деталей (принципы организации единой системы допусков и посадок – ЕСДП).



Детали в изделиях не являются изолированными, а сопрягаются друг с другом отдельными поверхностями или их фрагментами. Характер этого взаимодействия, определяющий эксплуатационные свойства сопрягаемой пары, называется **посадкой**.

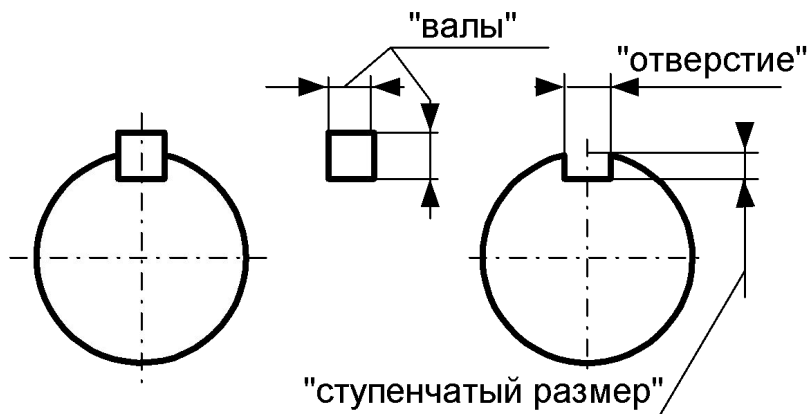


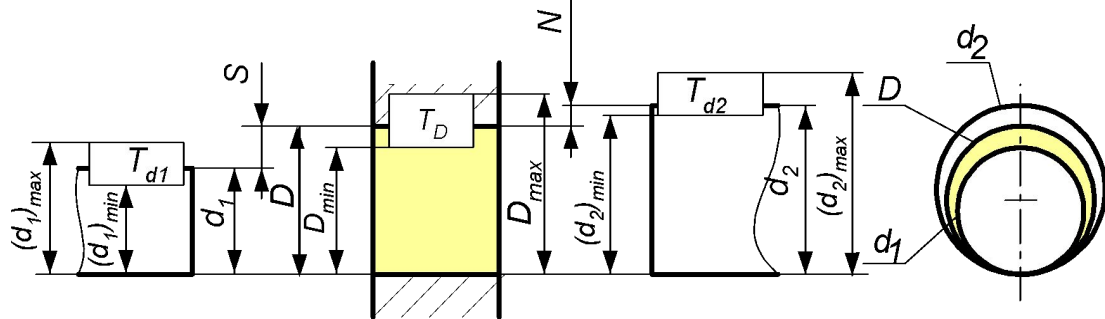
Рис. 5

Соединение деталей может происходить с зазором, если размер отверстия больше размера вала, или с натягом, если размер вала до сборки больше размера отверстия.





Зазором S называется положительная разность размеров отверстия и вала, создающая свободу относительного вращения в подвижных соединениях ($D > d_1$). При этом образуется подвижная посадка.

Натягом N называется положительная разность размеров вала и отверстия до сборки деталей в узел, ($d_1 > D$). В этом

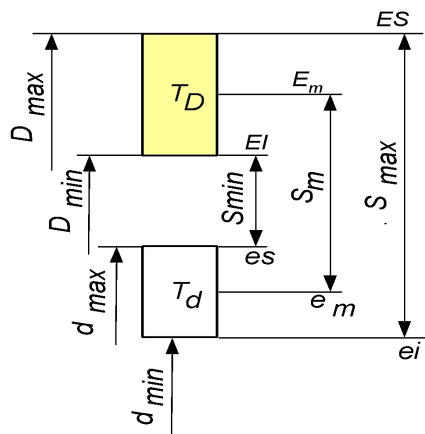


Предельные зазоры и натяги в посадках.

Допуск посадки

В подвижных посадках (*посадки с зазором*) зазор может изменяться от наименьшего   до наибольшего предельного значения.

Наименьший (гарантированный) зазор S_{min} есть положительная разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала, или между нижним отклонением отверстия и верх $S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es$ ала:

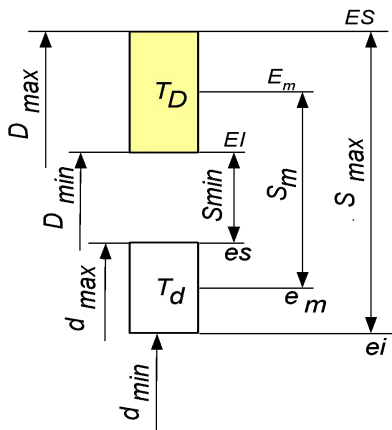


Предельные зазоры и натяги в посадках. Допуск посадки

Наибольший зазор S_{max} есть положительная разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала, или между верхним отклонением отверстия и нижним $S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei$

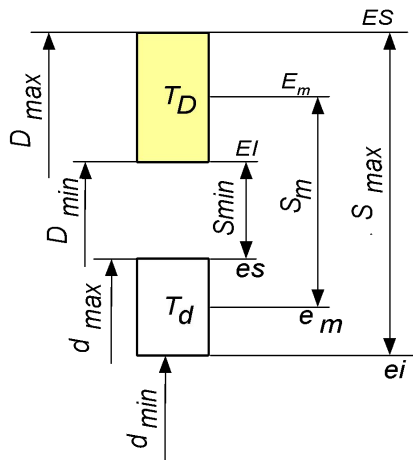


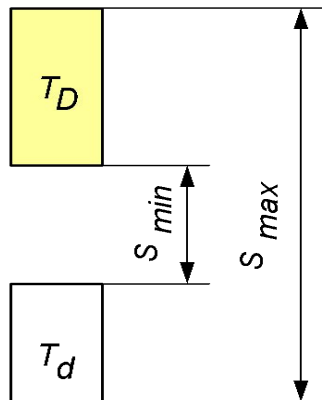
Средний (наиболее вероятный) зазор S_m есть положительная разность между средними размерами или средними отклонениями отверстия и вала, или среднее арифметическое наибольшего и наименьшего $S_m = D_m - d_m = E_m - e_m = (S_{max} + S_{min})/2$



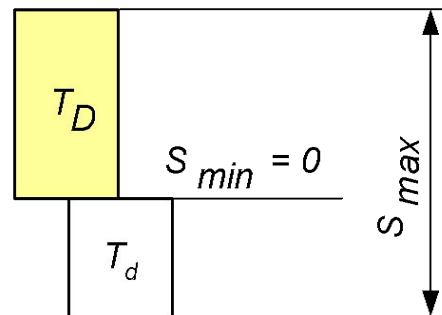
Предельные зазоры и натяги в посадках. Допуск посадки

Допуск зазора T_s (допуск посадки) определяет возможное (или допустимое) колебание величины зазора в соединении, т.е. определяет точность посадки. Чем меньше допуск посадки, тем она точнее. Разность предельных значений зазора (наибольшего и наименьшего) или сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение и есть допуск зазора и $T_s = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d$





Расположение полей допусков при сопряжении деталей с гарантированным зазором. К посадкам с зазором относится также посадка, у которой наименьший зазор $S_{min} = 0$



Пример скользящей посадки. На схеме посадки нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала

Посадка с натягом. Определение натяга

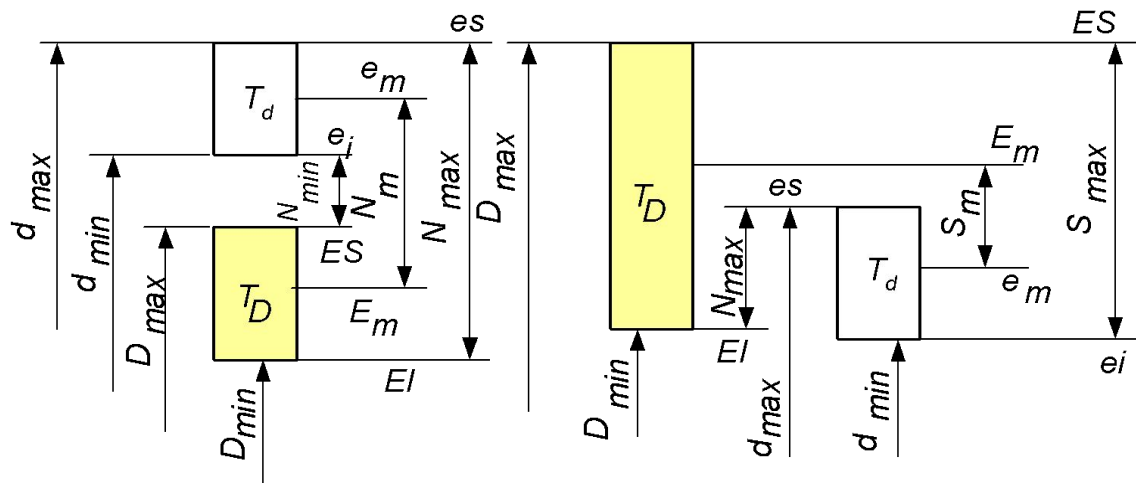
$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES = -S_{\max}$$

$$N_m = d_m - D_m = e_m - E_m = (N_{\max} + N_{\min})/2 = -S_m$$



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

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



Посадка с натягом

Переходная посадка

Изменение характера сопряжения в зависимости от взаимного расположения полей допусков



**Стандартизация соединений гладких элементов деталей
(принципы организации единой системы допусков и посадок – ЕСДП).**

Принципы построения ЕСДП.

1-ый принцип

1-й принцип.

Установлено 20 квалитетов по точности изготовления и определены формулы для расчета допусков.

$$IT = ki$$

Допуск IT рассчитывается по формуле:

где k - число единиц допуска, установленных для каждого квалитета;

i - единица допуска, зависящая только от размера (таблица, слайд 13).

Стандартом установлены квалитеты 01,0, 1,2,3,...,17,18.

Самые точные квалитеты (01,0,1,2,3,4), как правило, применяются при изготовлении образцовых мер и калибров.

Квалитеты с 5 по 11 – для сопрягаемых элементов деталей;

Квалитеты с 12 по 18 – для несопрягаемых деталей.

Для всех размеров, входящих в один и тот же интервал, допуски и отклонения установлены одинаковыми и подсчитаны по среднему геометрическому крайних значений каждого интервала:

$$D_u = \sqrt{D_{\max} D_{\min}}$$

Таблица расчета допусков



| 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 |
| Допуск для размеров до 500 мм | $IT = ki$, где $i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D$, мкм | | | | | | | | | | | | | |
| Допуск для размеров свыше 500 до 3150 мм | $IT = kI$. где $I = 0,004D + 21$, мкм | | | | | | | | | | | | | |
| Примечание | <ol style="list-style-type: none">1. D – среднее геометрическое из крайних значений каждого интервала номинальных размеров, мм2. Таблица приведена в сокращении | | | | | | | | | | | | | |

Значения допусков

В ГОСТ 25346-89 приведены числовые значения допусков для каждого качества и с учетом номинальных размеров. В сокращенном виде (для наиболее распространенных в приборостроении качеств – с 5-го по 12-й) значения допусков приведены в таблице:

| Интервалы номинальных размеров, мм | Квалитеты | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| До 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| Св. 3 до 6 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 |
| Св. 6 до 10 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 |
| Св. 10 до 18 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 |
| Св. 18 до 30 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 |
| Св. 30 до 50 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 |
| Св. 50 до 80 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 |
| Св. 80 до 120 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 |
| Св. 120 до 180 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 |
| Св. 180 до 250 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 |
| Св. 250 до 315 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 |
| Св. 315 до 400 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 |
| Св. 400 до 500 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 |

2-ой принцип

2-й принцип.

Установлены основные отклонения валов и отверстий.



Основное отклонение – это одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии.

В ЕСПД установлено по 28 основных отклонений валов и отверстий, которые обозначаются строчными для валов и прописными для отверстий буквами латинского алфавита.

| ВАЛЫ | | | |
|---------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|
| Верхнее отклонение es (-) | | Нижнее отклонение ei (+) | |
| a b c d d e e f f g g h | js | j k m n | p r s t u v x y z za zb zc |
| Посадки с зазором | Переходные посадки | | Посадки с натягом |
| A B C C D D E E F F G G H | JS | J K M N | P R S T U V X Y Z ZA ZB ZC |
| Нижнее отклонение EI(+) | | Верхнее отклонение ES (-) | |
| ОТВЕРСТИЯ | | | |

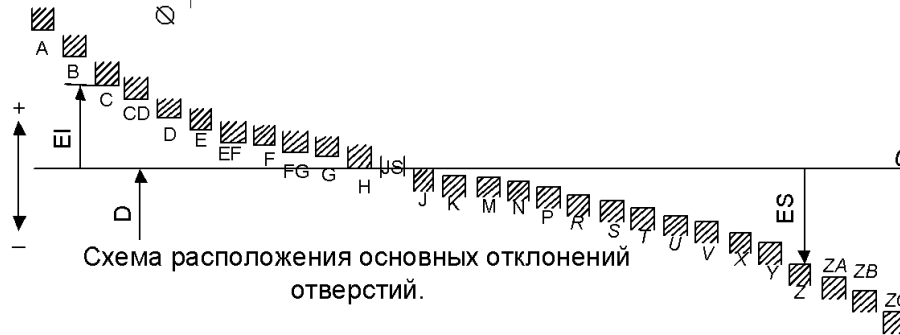
Схема расположения основных отклонений валов



Схема расположения основных отклонений валов.



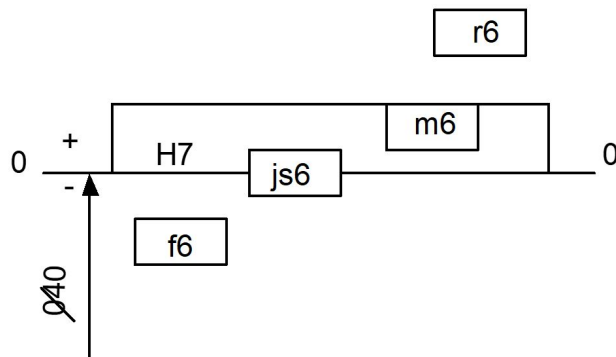
Схема расположения основных отклонений отверстий.



3-ий принцип

3-й принцип. Предусмотрены системы образования посадок.

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков вала с полем допуска основного отверстия. Основное отверстие (H) – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

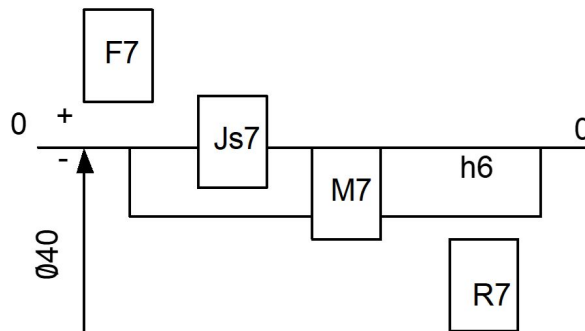


Посадки в системе отверстия

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

Основной вал (h) – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Точные отверстия обрабатываются дорогостоящим режущим и калибровочным инструментом (зенкерами, развертками, протяжками и др.). Каждый такой инструмент применяют для обработки только одного конкретного размера с определенным полем допуска.



Посадки в системе вала

4-ый принцип

4-й принцип.

Установлена нормальная температура.

Допуски и предельные отклонения, установленные в стандарте, относятся к размерам деталей при температуре +20°C.

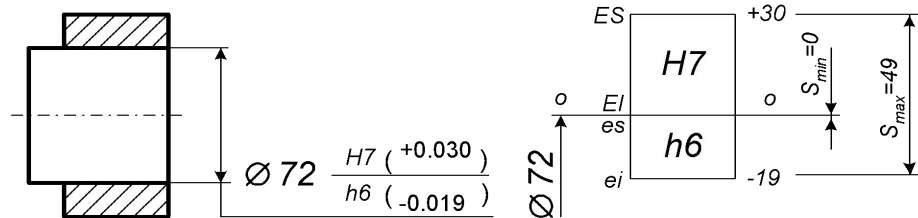


Обозначение посадок на чертежах

Нанесение предельных отклонений размеров на чертежах осуществляется в соответствии ЕСКД (единая система конструкторской документации). Предусмотрено три возможных способа указания отклонений:

- 1) числовыми значениями предельных отклонений, например, $72^{+0.030}$;
- 2) условными обозначениями полей допусков, например, $72H7$;
- 3) условными обозначениями полей допусков с указанием в скобках числовых значений предельных отклонений, например, $72H7(+0.030)$.

Обозначение посадки на сборочном чертеже (в соответствии с ГОСТ 2.307-68):



Обязательно необходимо проставлять предельные отклонения:



- а) для размеров, не входящих в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69;
- б) при назначении предельных отклонений ступенчатых размеров с несимметричным расположением допуска;
- в) при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не представлены в ГОСТ 25347-82, а устанавливаются в других стандартах (детали из пластмасс, шпоночные соединения, посадки шарикоподшипников и т. д.)

Предельные отклонения должны назначаться на все, указанные на чертеже размеры, включая и размеры несопрягаемых поверхностей.

Допускается не указывать предельные отклонения, определяющие зоны разной шероховатости, зоны разной термообработки, границы накатки и т. д.

Лекция 3: Рекомендуемые посадки.

Рекомендуемые посадки

В ЕСПД *рекомендуется* лишь 68 посадок, причем из них выделены к первоочередному применению 17 посадок в системе отверстия и 10 посадок в системе вала, образованных из предпочтительных полей допусков.

Рекомендуемые посадки в системе отверстия при номинальных размерах от 1 до 500 мм

| Основное отверстие | Посадки при основном отклонении отверстия |
|--------------------|---|
| H7 | H7/e8, H7/f6, H7/g6, H7/h6. H7/js6, H7/k6, H7/n6, H7/p6, H7/r6, H7/s6 |
| H8 | H8/d9, H8/e8, H8/h7, H8/h8, |
| H9 | H9/d9 |
| H11 | H11/d11, H11/h11 |

| Основной вал | Посадки при основном отклонении вала |
|--------------|---|
| h6 | F8/h6, H7/h6, Js7/h6, K7/h6, N7/h6, P7/h6 |
| h7 | H8/h7 |
| h8 | E9/h8, H8/h8 |
| h11 | H11/h11 |

Выбор технологического процесса, обеспечивающего требуемую точность изделия



Валы 5-го квалитета и отверстия 5 и 6 квалитетов получают шлифованием.

Валы 6 и 7 квалитетов и отверстия 7 и 8 квалитетов получают тонким точением или растачиванием, чистовым развертыванием, чистовым протягиванием.

Валы 8 и 9 квалитетов, отверстия 9 квалитета получают тонким строганием, тонким фрезерованием, получистовым развертыванием, шабрением, холодной штамповкой в вытяжных штампах.

Валы и отверстия 10 квалитета получают чистовым зенкерованием и другими технологическими приемами, как для обеспечения 9-го квалитета точности.

Валы и отверстия 11 квалитета получают чистовым строганием, чистовым фрезерованием, чистовым обтачиванием, сверлением по кондуктору, литьем по выплавляемым моделям и другими технологическими приемами, как для обеспечения 10-го квалитета точности.

Валы и отверстия 12 и 13 квалитетов получают строганием, точением, чистовым долблением, черновым зенкерованием, получистовым растачиванием.

Валы и отверстия с 14 по 18 квалитеты получают черновой токарной обработкой, резкой ножницами и другими технологическими приемами.

Рекомендации по выбору допусков и посадок соединений гладких элементов деталей. Посадки с зазором

Посадки применяются как в точных, так и в грубых квалитетах.

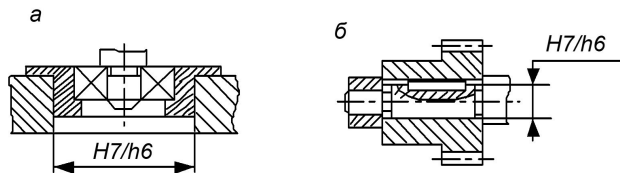
Посадки предназначены для подвижных сопряжений, например для подшипников скольжения, а также для неподвижных сопряжений, например для обеспечения беспрепятственной сборки изделий, что особенно важно при автоматизации сборочных операций.



Рис. 25

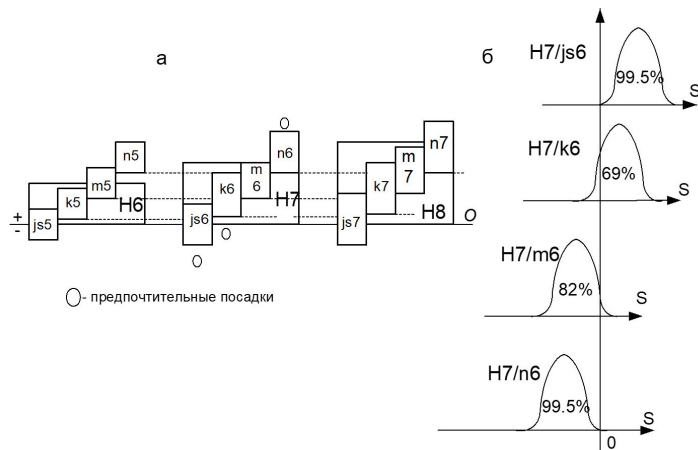
Области применения некоторых рекомендуемых посадок с зазором

- 1) Посадки **H/h** – скользящие (квалитеты с 4 по 12).



- 2) Посадки **H/g, G/h** – «движения». Обладают *минимальным* по сравнению с другими посадками *гарантированным зазором*. Такие посадки установлены *только в точных квалитетах* с 4-го по 7-й.
- 3) Посадки **H/f, F/h** – «ходовые». Характеризуются *умеренным гарантированным зазором*.
- 4) Посадки **H/e, E/h** – «легкоходовые». Обладают значительным гарантированным зазором, вдвое большим, чем у ходовых посадок.
- 5) Посадки **H/d, D/h** – «широкоходовые». Характеризуются большим гарантированным зазором, позволяющим *компенсировать значительное отклонение расположения сопрягаемых поверхностей* и температурные деформации и обеспечить свободное перемещение деталей или их регулировку и сборку.

Посадки переходные. Особенности посадок



Переходные посадки применяются только в точных качествах – с 4-го по 8-й и используются как центрирующие посадки. Предназначены для неподвижных, но разъемных соединений, так как обеспечивают легкую сборку и разборку соединения. Переходные посадки требуют, как правило, дополнительного крепления соединяемых деталей (шпонками, штифтами, болтами и др.)

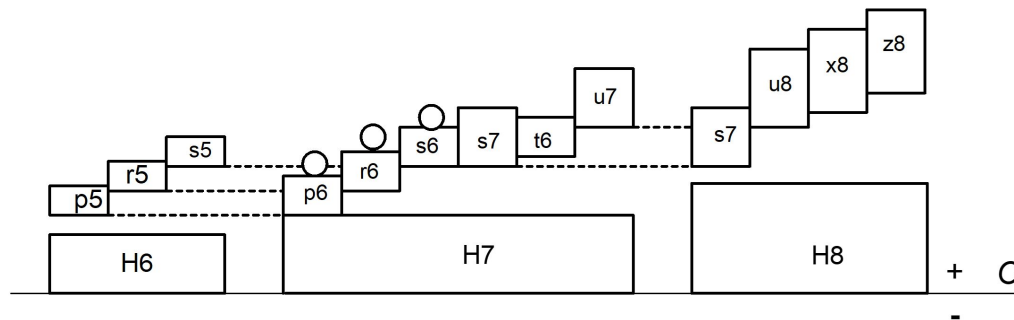
Особенности применения некоторых рекомендуемых переходных посадок

- 1) Посадки H/js, Js/h – «плотные». Вероятность получения натяга не выше 5% и, следовательно, в сопряжении образуются преимущественно зазоры. Обеспечивают легкую собираемость.
- 2) Посадки H/k, K/h – «напряженные». Вероятность получения натяга у них от 24 до 68%, однако, из-за влияния отклонений формы, особенно при большой длине соединения, зазоры в большинстве случаев не ощущаются. Обеспечивают хорошее центрирование. Сборка и разборка производится без значительных усилий.
- 3) Посадки H/m, M/h – «тугие». Вероятность получения натяга от 60 до 98%. Обладают высокой степенью центрирования. Сборка и разборка требуют значительных усилий и осуществляются только при ремонте.
- 4) Посадки H/n, N/h – «глухие». Вероятность получения натяга в пределах 88 – 100%. Обладают высокой степенью центрирования. Разбираются только при капитальном ремонте.



Посадки с натягом. Особенности посадок

В сопряжении рассматриваемого вида образуются только натяги. На рисунке приведена в сокращенном варианте схема расположения полей допусков посадок с натягом в системе отверстия для размеров до 500 мм.



○ - предпочтительные посадки

Посадки с натягом

Особенности применения некоторых рекомендуемых посадок с натягом

- 1) Посадки H/p, P/h – «легкопрессовые». Имеют минимальный гарантированный натяг. Обладают высокой степенью центрирования. Применяются, как правило, с дополнительным креплением.
- 2) Посадки H/r, H/s, H/t, R/h, S/h, T/h – «прессовые средние». Имеют умеренный гарантированный натяг. Применяются как с дополнительным креплением, так и без него.
- 3) Посадки H/u, H/x, H/z, U/h – «прессовые тяжелые». Имеют большой гарантированный натяг. Предназначены для соединений, на которые воздействуют большие, в том числе и динамические нагрузки.

На чертежах деталей с многочисленными несопрягаемыми линейными и угловыми размерами допускается не указывать предельные отклонения непосредственно после каждого номинального размера, а давать их общей записью в технических требованиях согласно ГОСТ 23670-83.

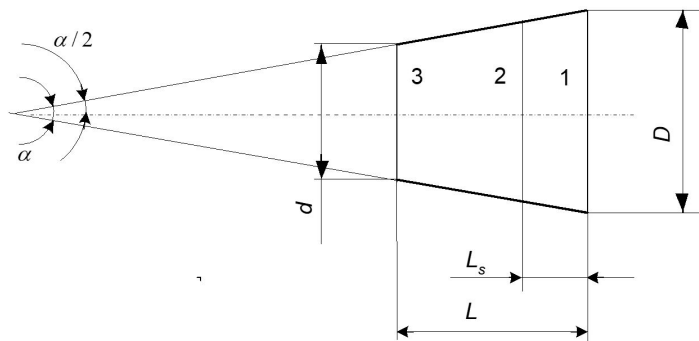
Гладкие конические соединения

Гладкие конические соединения (ГКС) широко *используются в конструкциях* машин, приборов, технологического оборудования, бытовой техники и др. При этом для оформления чертежей наряду с линейными размерами, используются *угловые размеры*. За единицу измерения углов принимают радианы, градусы, минуты и секунды.

Важными *свойствами* конических соединений являются:

- самоцентрируемость деталей;
- регулируемость характера сопряжения;
- простота обеспечения герметичности соединения (обеспечивается индивидуальной притиркой деталей по коническим поверхностям; широко используется от изделий бытовой сантехники – краны, до изделий машиностроения и транспорта – всевозможные клапаны, иглы карбюраторов и др.).

Основные элементы конуса



Параметрами конуса являются диаметры большого и малого оснований конуса, угол конуса (альфа), длина конуса (L) и конусность (C), определяемая как отношение разности диаметров конуса к длине конуса:

$$C = \frac{D - d}{L} = 2 \operatorname{tg}(\alpha / 2)$$

- α угол между образующими
- $\alpha / 2$ угол между образующей и осью конуса
- 1 большое основание конуса диаметром D
- 2 базовая плоскость, смещенная от (1) на L_s
- 3 малое основание конуса диаметром d
- L длина конуса



Различают *три вида расположения поля допуска* относительно номинального положения при образовании посадок конических соединений: смещение в плюс от номинала (+АТ), смещение в минус (-АТ) и симметричное смещение (+/- АТ/2).

Допуски углов для образования посадок гладких конических соединений определены

ГОСТ 8908 – 81. В таблицах ГОСТ и на чертежах числовую величину допуска задают путем различных обозначений *в угловой или линейной мере*: в радианах, градусах, длиной отрезка (катета), перпендикулярного меньшей стороне угла. Во всех этих выражениях допуски разделены на *17 степеней точности*.

По *способу фиксации* взаимного осевого положения конусов различают следующие посадки:

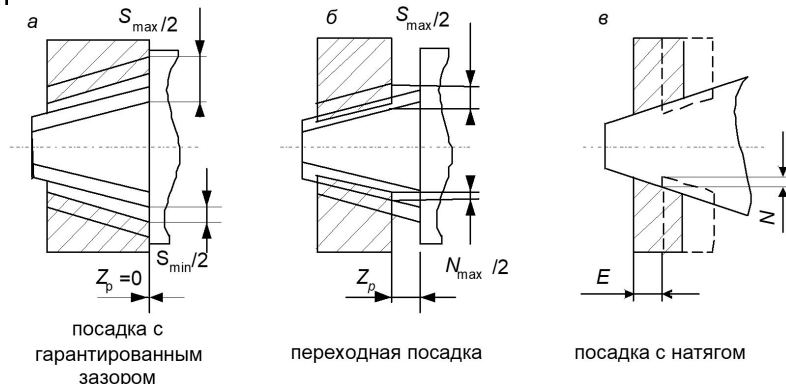
Посадки конических соединений

а) с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов (до совмещения базовых плоскостей);

б) с фиксацией по заданному осевому расстоянию между базовыми плоскостями;

в) с фиксацией по заданному осевому смещению от положения в момент соприкосновения;

г) с фиксацией по заданному усилию запрессовки



Посадки конических соединений



Неподвижные конические соединения **применяют:**



- 1) для передачи крутящего момента;
- 2) плотные соединения – для создания газо- водо- маслонепроницаемости и для центрирования;
- 3) подвижные соединения для получения постоянного зазора, регулируемого за счет взаимного осевого перемещения деталей.

По построению сопрягаемых поверхностей (конструктивные параметры) конусы инструментов разделяются на три основные группы:

- 1) конусы Морзе (конусность близка к 1 : 20);
- 2) конусы метрические (конусность равна 1 : 20);
- 3) конусы, применяемые в станках с ЧПУ (конусность 7 : 24).

**Спасибо
за внимание!**

ITMO *re than a*
UNIVERSITY