

# **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**.

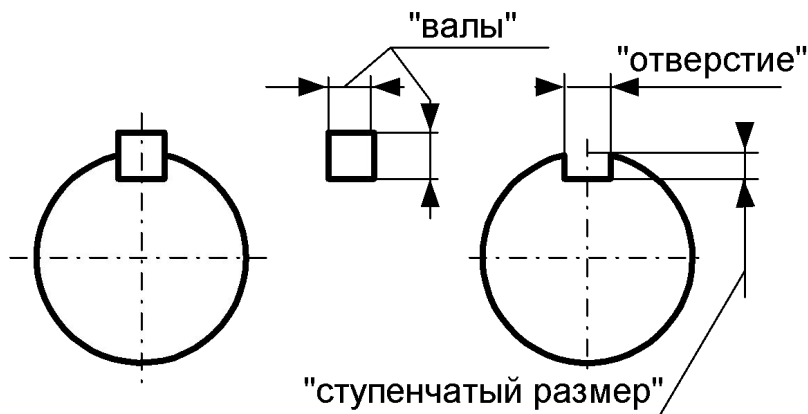


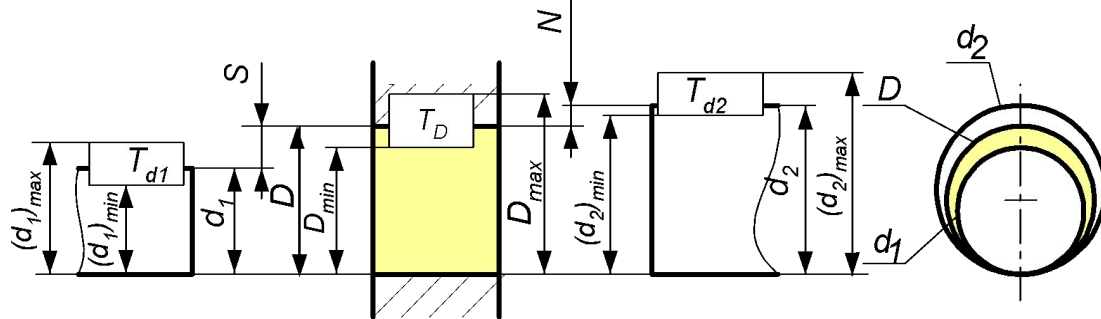
Рис. 5

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.

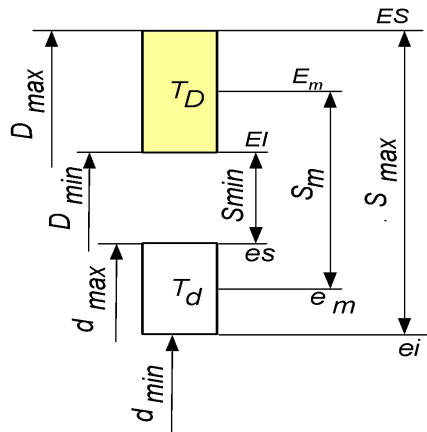
**Натягом N** называется положительная разность размеров вала и отверстия до сборки деталей в узел, с ( $d_1 > D$ ). В этом



# 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:

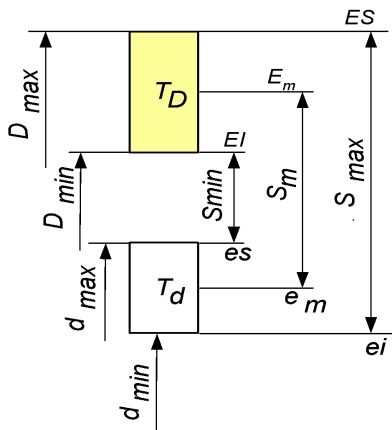


# Предельные зазоры и натяги в посадках. Допуск посадки

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

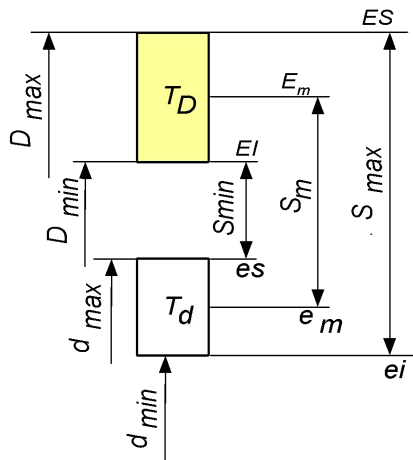


**Средний (наиболее вероятный) зазор  $S_m$**  есть положительная разность между средними размерами или средними отклонениями отверстия и вала, или среднее арифметическое наибольшего и наименьшего  $S_m = D_m - d_m = E_m - e_m = (S_{max} + S_{min})/2$

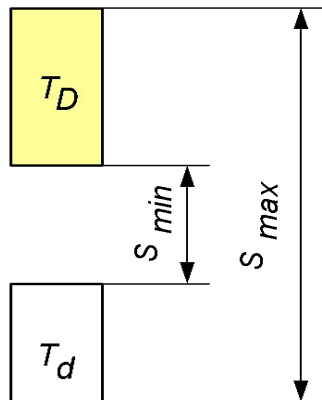


# Предельные зазоры и натяги в посадках. Допуск посадки

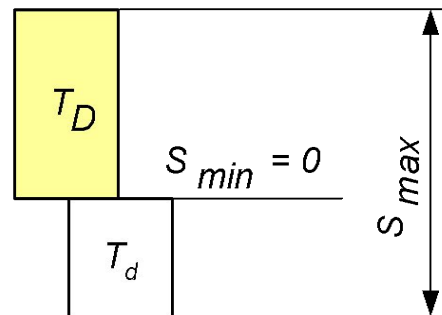
**Допуск зазора  $T_s$  (допуск посадки)** определяет возможное (или допустимое) колебание величины зазора в соединении, т.е. определяет точность посадки. Чем меньше допуск посадки, тем она точнее. Разность предельных значений зазора (наибольшего и наименьшего) или сумма допусков отверстия и вала, составляющих 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

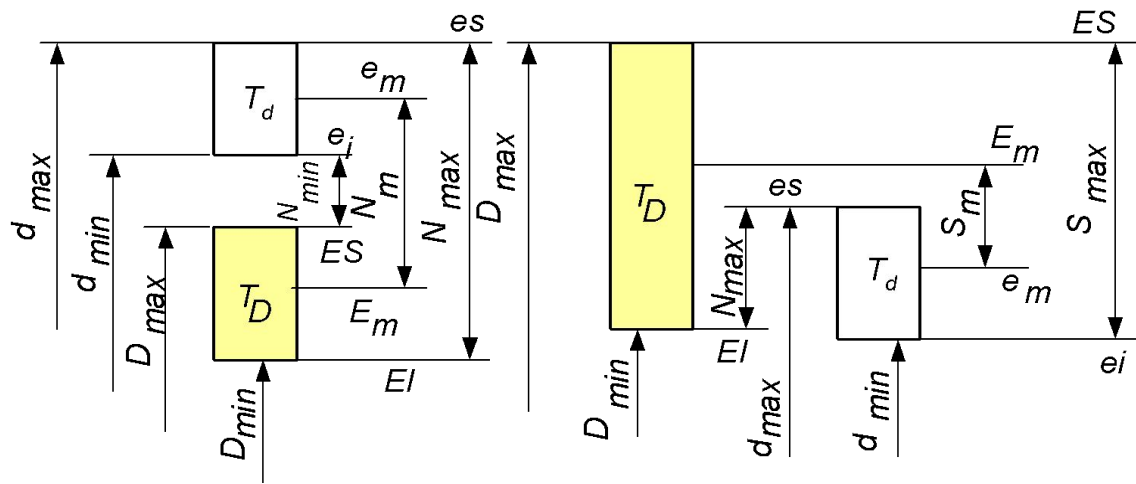
$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES = -S_{\max}$$

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



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

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

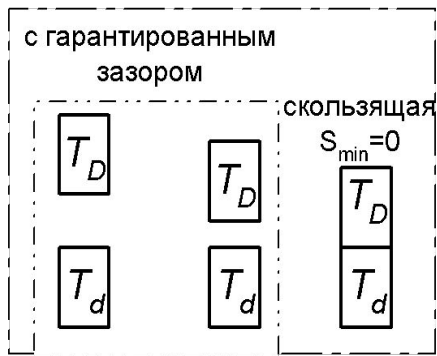


Посадка с натягом

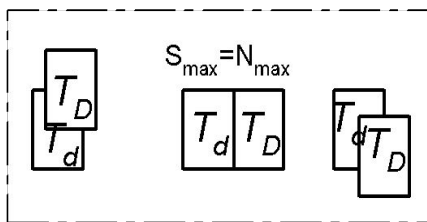
Переходная посадка

# Изменение характера сопряжения в зависимости от взаимного расположения полей допусков

Посадки с зазором



Переходные посадки



Посадки с натягом



**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"><li>1. <math>D</math> – среднее геометрическое из крайних значений каждого интервала номинальных размеров, мм</li><li>2. Таблица приведена в сокращении</li></ol>													

# 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			

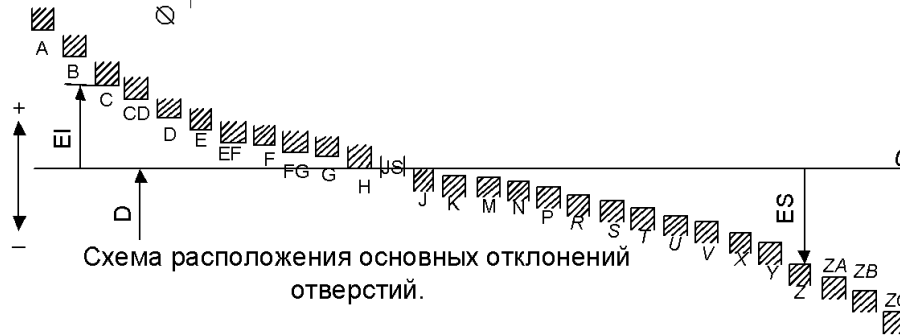
# Схема расположения основных отклонений валов



Схема расположения основных отклонений валов.



Схема расположения основных отклонений отверстий.

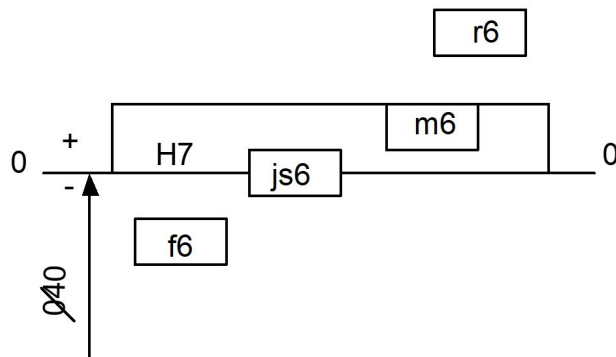






## 3-ий принцип

### 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.

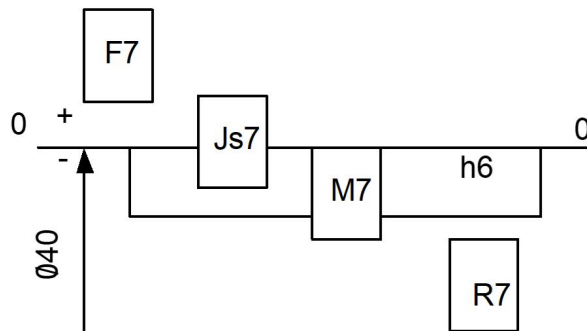


Посадки в системе отверстия

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.

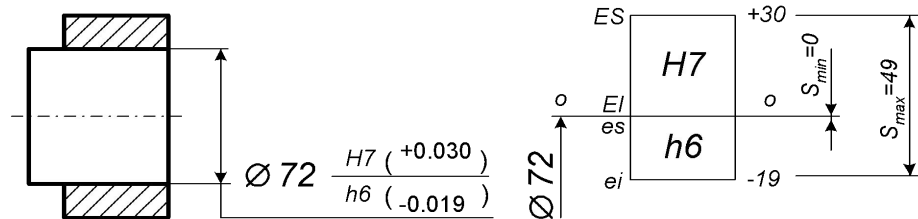


# Обозначение посадок на чертежах

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.

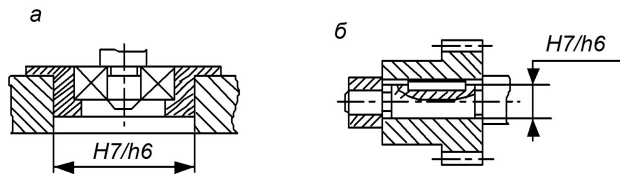
Посадки предназначены для подвижных сопряжений, например для подшипников скольжения, а также для неподвижных сопряжений, например для обеспечения беспрепятственной сборки изделий, что особенно важно при автоматизации сборочных операций.



Рис. 25

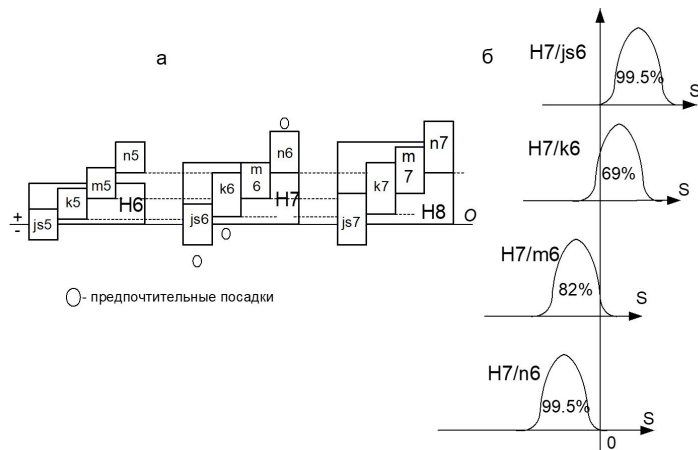
# Области применения некоторых рекомендуемых посадок с зазором

- 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.)

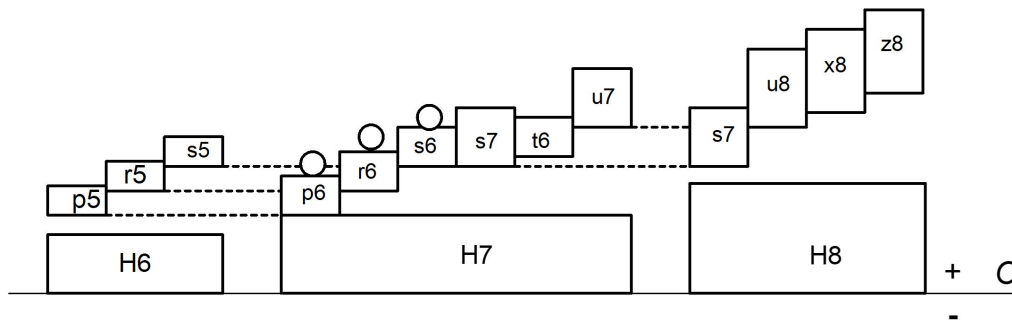
# Особенности применения некоторых рекомендуемых переходных посадок

- 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.

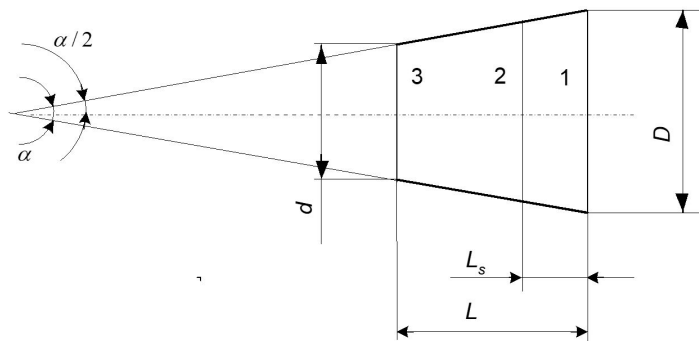
# Гладкие конические соединения

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:

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

- $\alpha$  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 (+AT), смещение в минус (-AT) и симметричное смещение (+/- AT/2).

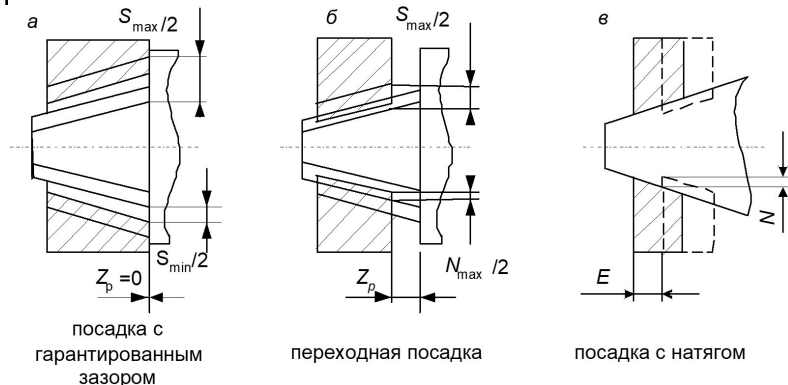
*Допуски углов* для образования посадок гладких конических соединений определены

**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**