**Лекция 2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК**

**2.1. Общие положения**

Единая система допусков и посадок ЕСДП введена в действие в народном хозяйстве в 1977 г. взамен группы государственных стандартов (ОСТ и ГОСТ), образовывающих национальную систему допусков и посадок СССР, условно называемую системой ОСТ. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений для размеров от 0 до 500 мм изложены в ГОСТ 25346-89, который разработан на основе требований Международной системы допусков и посадок ИСО. Рекомендации по замене допусков и посадок системы ОСТ полями допусков ЕСДП даны в справочной литературе В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов: 01; 0; 1; 2; 3; ...; 18. Точность убывает от *IT01* к *IT17*. Квалитеты *IT01; IT0* и *IT1* предназначены для оценки точности плоскопараллельных концевых мер длины, *IT2, IT3* и *IT4* – для гладких калибров пробок и скоб; *IT5 ... IT17* – производственные квалитеты для металлических деталей, в которых *IT4...IT6* используются для высокоточных деталей; *IT7, IT8* применяются для деталей ответственных соединений в машиностроении и приборостроении, а *IT9, IT10* – для деталей неответственных соединений (сельскохозяйственное машиностроение, грузовой автомобиль, подъемно-транспортное оборудование и т.д.). Квалитеты *IT11, IT12* – используются также для неответственных соединений, в которых требуются большие зазоры, при значительных температурных перепадах, при работе в запыленных условиях; *IT12...IT17* назначаются для размеров металлических деталей с неуказанными допусками, т.е. для размеров не образующих соединения. *IT8…IT18* – для обозначения допусков изделий из пластмасс.

Допуски в квалитетах *IT5...IT17* вычисляются для каждого интервала номинальных размеров по зависимости: *ITn = аn i*, где *an* – безразмерный коэффициент (число единиц допуска), установленный для каждого *n*-го квалитета и являющийся постоянным числом для данного квалитета; n – номер квалитета; *i* – единица допуска, являющаяся функцией номинального размера (гиперболическая зависимость), (мкм).

Начиная с 5-го квалитета допуски при переходе к следующему более грубому квалитету возрастают по геометрической прогрессии со знаменателем 1,6, а, начиная с 6-го квалитета (для *IT6* *аn* =10), через каждые пять квалитетов – увеличиваются в 10 раз, например, IT6 = 10i, то *IT11=10IT6* = *100i*. Для полей допусков, у которых основным является верхнее отклонение, нижнее отклонение отрицательное вычисляется по формулам: для вала *ei = es – IT* (основные отклонения *a... h*), для отверстия *EI = ES – IT* (основные отклонения *J ... ZC*). Если основное отклонение – нижнее, то верхнее отклонение вычисляется по формулам: для вала *es = ei + IT* (основные отклонения *j... zc*); для отверстия *ES = EI + IT* (основные отклонения *А... Н*).

В Республике Беларусь действует единая система допусков и посадок (ЕСДП), разработанная в соответствии с рекомендациями Международной организации по стандартизации (ИСО) и оформленная в виде пяти стандартов, основными из которых являются ГОСТ 25346—89 и ГОСТ 25347—89. Единая система допусков и посадок призвана ввеси единообразие в методы и средства измерения с целью повышения качества продукции.

ЕСДП построена по принципу рекомендации наиболее рационально употребляемых допусков и посадок. Принципы построения ЕСПД можно проиллюстрировать на примере системы стандартов на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей с номинальными размерами до 10000 мм. (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Стандарты ЕСДП

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение стандарта  | Наименование  | Диапазоны размеров, мм  |
| ГОСТ 25346-89  | ЕСДП. Общее положение, ряды допусков основных отклонений  | 0-3150  |
| ГОСТ 25347-89  | ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки  | 0-3150  |
| ГОСТ 25348-82  | ЕСДП. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм  | 3150-10000  |
| … | … | … |
| ГОСТ 25349-88  | ЕСДП. Поля допусков деталей из пластмасс  | 1-500  |

*Основное отклонение* - это одно из двух предельных отклонений (верх­нее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии (линии номинального размера). Таким отклоне­нием является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Основные отклонения отверстий обозначают прописными буквами ла­тинского алфавита, валов - строчными; основное отверстие обозначают буквой *Н*, а основной вал - буквой *h*.

Отклонения от *А* до *Н* (*а - h*) предназначены для образования полей до­пусков в посадках с зазорами; отклонения *Js, К, М, N (js, k, m, п) -* в переход­ных посадках, отклонения от *Р* до *ZC (р-zc*) - в посадках с натягом.

Для валов с отклонениями *js* и отверстий с отклонениями *Js* основных отклонений не установлено. Оба предельных отклонения определяют исходя только из допуска *IT* соответствующего квалитета. Для *js* и *Js* поле допуска симметрично относительно нулевой линии, а предельные отклонения равны по значениям и противоположны по знакам:

*ES (es) = + IT*/2; *EI (ei) = -IT*/2 (2.1)

Значения основных отклонений валов и отверстий приведены в таблицах соответствующих стандартов.

*Поле допуска* образуется сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов. В соответствии с этим правилом поле допуска обозначают буквой (иногда двумя) основного отклонения и номером квалитета; например, для вала - *h6, d11, f9*; для отверстия - *Н6, D11, Js10*.



Рис. 2.1. Схема расположения основных отклонений отверстий и валов

Чтобы обеспечить минимально необходимое, но достаточное число по­садок, в соответствии с эксплуатационными требованиями разработана сис­тема допусков и посадок. Для образования *посадок* с различными зазорами и натягами в системе ЕСДП для размеров до 500 мм предусмотрено 27 вариантов основных отклонений валов и отверстий, образующих систему допусков (рис. 2.1).

**2.2. Рекомендации по выбору квалитета точности**

Определение оптимальной точности обработки и выбор квалитета точности часто представляют собой сложную задачу. При произвольном назначении необоснованно квалитета с малыми допусками увеличивается стоимость изготовления деталей. При выборе более грубого квалитета точности стоимость изготовления уменьшается, но снижаются надежность и долговечность работы деталей в узле. Для решения этой задачи необходимо учесть не только характер посадки конкретного соединения, условия его работы, но и рекомендации, учитывающие целесообразность назначения того или иного квалитета и возможность изготовления деталей необходимой точности.

Общее представление о применении квалитетов в соединениях машин и механизмов можно получить из следующих примеров.

Квалитеты 5 и 6 применяются в особо точных соединениях, таких как поршневой палец - втулка верхней головки шатуна двигателя автомобиля, шейка коленчатого вала - вкладыш подшипника и т. п.

Квалитеты 7 и 8 применяются для соединений зубчатых колес с валом, установки подшипников качения в корпус, фрез на оправки и т.п.

Квалитеты 9 и 10 применяются в соединениях, где требования к точно­сти понижены, но предъявляются сравнительно высокие требования к соос­ности и центрированию (например, поршневое кольцо - канавка поршня по высоте, посадка звездочек на вал и т.д.).

Квалитеты 11 и 12 распространены в подвижных соединениях сельско­хозяйственных машин, в посадках часто снимаемых деталей, не требующих высокой точности центрирования, в сварных соединениях.

**2.3. Области применения некоторых рекомендуемых посадок**

Посадки образуют систему и сведены в таблицы. Не все посадки рекомендуются к использованию. Наиболее рациональные посадки выделены в таблицах и целесообразны к применению (ГОСТ 25347-82).

**2.3.1. Посадки с зазором**

***Посадки типа H/h.*** Наименьший зазор в посадках равен нулю. Они установлены во всем диапазоне точностей сопрягаемых размеров ( с 4 по 12-й квалитеты). В квалитетах 4, 5 и 6 они применяются как центрирующие посадки, т. е. обеспечивают высокую степень совпадения центра вала с центром сопрягаемого с ним отверстия. Допускают медленное вращение и продольное перемещение, чаще всего используемое при настройках и регулировках.

Посадка *H7/h6* применяется в неподвижных соединениях при высоких требованиях к точно­сти центрирования часто разбираемых деталей: сменные зубчатые колеса на валах, фрезы на оправках, центрирующие корпуса под подшипники качения, сменные кондукторные втулки и т. д. Для подвижных соединений применяется посадка шпинделя в корпусе сверлильного станка.

Посадки *H8/h7* , *H8/h8* имеют примерно то же назначение, что и посадка *H7/h6*, но характе­ризуются более широкими допусками, облегчающими изготовление детали.

Посадки *H/h* в более грубых квалитетах (с 9-го по 12-й) предназначены для неподвижных и по­движных соединений малой точности. Применяются для посадки муфт, звездочек, шкивов на валы, для неответственных шарниров, роликов и т. п.

***Посадки типа Н/g, G/h.*** Обладают минимальным по сравнению с другими посадками гарантированным зазором. Установлены только в точных квалитетах с 4-го по 7-й. Применяются для плавных, чаще всего возвратно-поступательных перемещений, допускают медленное вращение при малых нагрузках.

В сопряжении образуются зазоры. На рис.2.2 приведена в сокращении схема расположения полей допусков посадок с зазором в системе отверстия для размеров до 500 *мм*.



Рис. 2.2. Расположение полей допусков посадок с зазором в системе отверстия

Посадки *Н6/g5, Н7/g6* применяются в плунжерных и золотниковых парах, в шпинделе дели­тельной головки и т. п.

***Посадки типа H/f, F/h.*** Характеризуются умеренным гарантированным зазором. Приме­няются для обеспечения свободного вращения в подшипниках скольжения общего назначения при легких и средних режимах работы со скоростями не более 150 *рад/с* и в опорах поступательного перемещения.

Посадки *Н7/i7 , H8/f8* применяются в подшипниках скольжения коробок передач различных станков, в сопряжениях поршня с цилиндром в компрессорах, в гидравлических прессах и т. п.

***Посадки типа Н/е, E/h.*** Обладают значительным гарантированным зазором, вдвое большим, чем у ходовых посадок. Применяются для свободного вращательного движения при по­вышенных режимах работы со скоростями более 150 *рад/с*, а также для компенсации погрешностей монтажа и деформаций, возникающих во время работы.

Посадки *Н7/d8 , Н8/е8* применяются для подшипников жидкостного трения турбогенераторов, больших электромашин, коренных шеек коленчатых валов.

***Посадки типа H/d, D/h*** - широкоходовые. Характеризуются большим гарантированным зазором, по­зволяющим компенсировать значительные отклонения расположения сопрягаемых поверхностей и температурные деформации и обеспечить свободное перемещение деталей или их регулировку и сборку.

Посадки *H8/d9* , *H9/d9* применяются для соединений при невысоких требованиях к точности, для подшипников трансмиссионных валов, для поршней в цилиндрах компрессоров.

Посадка *H11/d11* применяется для крышек подшипников и распорных втулок в корпусах, для шарниров и роликов на осях.

**2.3.2. Переходные посадки**

В сопряжении могут получаться как зазоры, так и натяги. На рис. 2.3 приведена в сокращении схема расположения полей допусков переходных посадок в системе отверстия для размеров до 500 *мм.* Переходные посадки применяются только в точных квалитетах с 4-го по 8-й, используются как центрирующие посадки и предназначены для неподвижных, но разъемных соединений, так как обеспечивают легкую сборку и разборку соединения.



Рис. 2.3. Расположение полей допусков переходных посадок в системе отверстия

Области применения некоторых рекомендуемых переходных посадок

***Посадки типа H/js; Js/h*** *-* плотные. Вероятность получения натяга *P(N) -* 0,5...5 %, и, следовательно, в сопряжении образуются преимущественно зазоры. Обеспечивают легкую собираемость.

Посадка *H7/js6* применяется для сопряжения стаканов подшипников с корпусами, небольших шкивов и ручных маховиков с валами.

***Посадки типа Н/к, K/h*** *-*напряженные. Вероятность получения натяга *P(N) -* 24...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, например при помощи ручных молотков.

Посадка *Н7/к6* широко применяется для сопряжения зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт с валами.

***Посадки типа Н/т; M/h*** *-*тугие. Вероятность получения натяга *P(N) -* 60...99,98 %. Обладают высокой степенью центрирования. Сборка и разборка осуществляется при значительных уси­лиях. Разбираются, как правило, только при ремонте.

Посадка *Н7/т6* применяется для сопряжения зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт с ва­лами, для установки тонкостенных втулок в корпуса, кулачков на распределительном валу.

***Посадки типа Н/п; N/h*** *-* глухие. Вероятность получения натяга *P(N) -*88...100 %. Обладают высокой степенью центрирования. Сборка и разборка осуществляется при значительных усилиях: применяются прессы. Разбираются, как правило, только при капитальном ремонте.

Посадка *Н7/п6* применяется для сопряжения тяжелонагруженных зубчатых колес, муфт, кривошипов с валами, для установки постоянных кондукторных втулок в корпусах кондукторов, штифтов и т. п.

**2.3.3. Посадк****и с натягом**

В сопряжении образуются только натяги. На рис. 2.4. приведена в сокращении схема расположе­ния полей допусков посадок с натягом в системе отверстия для размеров до 500 *мм*.



Рис. 2.4. Расположение полей допусков посадок с натягом в системе отверстия

***Посадки типа Н/р; P/h*** *-* легкопрессовые. Имеют минимальный гарантированный натяг. Обладают высокой степенью центрирования. Применяются, как правило, с дополнительным креплением. Посадка *Н7/р6–*применяется для сопряжения тяжело нагруженных зубчатых колес, втулок, установочных колец с валами, для установки тонкостенных втулок и колец в корпуса.

***Посадки типа H/r, H/s; H/t и R/h; S/h; T/h*** *-* прессовые средние. Имеют умеренный гарантирован­ный натяг в пределах *N* = (0,0002...0,0006) *D*. Применяются как с дополнительным креплением, так и без него. При сопряжении возникают, как правило, упругие деформации.

Посадки *H7/r6 , H7/s6* применяются для сопряжения зубчатых и червячных колес с валами в условиях тяжелых ударных нагрузок с дополнительным креплением (для стандартных втулок под­шипников скольжения предусмотрена посадка *Н7/s6).*

***Посадки типа Н/и; Н/х; H/z и U/h*** *-* прессовые тяжелые. Имеют большой гарантированный натяг в пределах *N* = (0,001...0,002) *D*. Предназначены для соединений, на которые воздействуют боль­шие, в том числе и динамические нагрузки. Применяются, как правило, без дополнительного крепления соединяемых деталей. В сопряжении возникают упругопластические деформации. Детали должны быть проверены на прочность.

Посадки *Н7/и7; Н8/и8* наиболее распространенные из числа тяжелых посадок. Примеры приме­нения: вагонные колеса на осях, бронзовые венцы червячных колес на стальных ступицах, пальцы эксцентриков и кривошипов с дисками.

**2.4. Контрольные вопросы и задания**

1. Объясните расшифровку аббревиатуры ЕСДП.
2. Изложите методику расчета допусков.
3. Сформуйте представление об обозначении в ЕСДП основных отклонений отверстий и валов.
4. Сформируйте представление об обозначении в ЕСДП полей допусков.
5. Охарактеризуйте рекомендации и сформулируйте представления по выбору квалитета точности.
6. Дайте понятие и определения посадок в системе отверстия и системе вала, их графическая интерпретация.
7. Объясните форму записи соединения с посадкой на чертеже узла.
8. Назовите и опишите различные предпочтительные посадки с зазором (скольжения, движения, ходовую, легкоходовую, широкоходовую).
9. Назовите и опишите различные предпочтительные переходные посадки (плотная, напряженная тугая, глухая).
10. Назовите и опишите различные предпочтительные посадки с натягом (легкопрессовая, прессовая).