

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»



В.И. Вешкурцев, Л.П. Вязкова, Л.В. Мальцев

ПОСАДКИ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРОВ

Учебное электронное текстовое издание
Подготовлено кафедрой «Детали машин»
Научный редактор: доц., канд. техн. наук С.В. Бутаков

Методические указания по курсам «Детали машин и основы конструирования» и «Механика» для студентов всех форм обучения

Приведены краткие сведения о системе допусков и посадок в машиностроении, предназначенные для студентов технологических специальностей, изучающих дисциплины по кафедре «Детали машин» и выполняющих курсовые проекты.

© ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2005

Екатеринбург
2005

Введение

Сборочный чертеж изделия содержит габаритные, установочные, присоединительные и посадочные размеры, определяющие характер сопряжений.

Выбор посадок производится при разработке конструкции и базируется на следующих основных принципах [1...5]:

1. Предусмотреть для производства достаточно большие (на сколько возможно) интервалы допусков (*IT*), т. к. точность стоит дорого.

2. Расточка отверстия более трудная операция, чем обработка вала. Поэтому часто принимают для посадок большую точность вала, чем отверстия.

Например: *H7/g6*.

3. Когда предусматривают большой зазор, бесполезно требовать высокой точности.

Например: *H7/e8*.

И, наоборот, слабый зазор или натяг требует точности достаточно большой.

Например: *H7/n6*; *H7/p6*.

В табл. 1...3 приведены посадки, характерные для цилиндрических сопряжений в редукторах и коробках скоростей.

Сводная таблица 4 дает целостное представление о рекомендуемых посадках, сборке и использовании.

О рекомендуемых посадках подшипников качения можно узнать из таблиц 5, 6.

В табл. 7, 8 представлены посадки, характерные для шпоночных и шлицевых прямобочных соединений.

Посадки резьбовых соединений приведены в таблицах 9...11.

1. Основные сведения о размерах и соединениях

Добиться полного единообразия в изготовлении деталей невозможно, погрешности обработки неизбежны. Многообразие соединений достигается за счет различной величины зазора (натяга) между валом и отверстием в соответствии с функциональным назначением сопряжения (соединения).

1.1. Основные определения

Рассмотрим на рис. 1 вал d с размером $\varnothing 40_{-0,025}^{-0,009}$ или по системе *ISO* $\varnothing 40 g6$.

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей (круглых), включая и нецилиндрические элементы (рис. 1, б).

Рассмотрим отверстие D размерами $\varnothing 40_{0,000}^{+0,025}$ или по системе *ISO* $\varnothing 40 H7$.

Отверстие – термин, условный для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы (рис. 1, б).

Величина из нормального ряда линейных размеров (40 мм) называется номинальным размером D , являющимся общим для вала и отверстия.

Конструктор устанавливает два предельных размера для вала d_{\max} , d_{\min} и два предельных размера для отверстия D_{\max} , D_{\min} , внутри которых находятся действительные размеры вала и отверстия.

Размер действительный – реальный размер после обработки (например, 39,080 мм для вала и 40,010 мм для отверстия).

Верхнее предельное отклонение (ES – для отверстия, es – для вала) – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами ($es = -9$ мкм или 0,009 мм, $ES = +25$ мкм или 0,025 мм).

Нижнее предельное отклонение (EI – для отверстия, ei – для вала) – алгебраическая разность между наименьшим и номинальным размерами ($ei = -25$ мкм или 0,025 мм, $EI = 0$).

Допуск размера (T) – разность между максимальным и минимальным предельными размерами ($T_d = 0,016$ мм, $T_D = 0,025$ мм). Допуск размера определяет величину поля допуска. Положение полей допусков относительно нулевой линии используется для графического изображения различных посадок.

На рис. 1 представлено соединение с размерами, которые соответствуют в системе *ISO* обозначению $\varnothing 40 H7/g6$. Графическое изображение соответствующих полей допусков представлено на рис. 2.

Номинальный диаметр для вала служит только для отсчета отклонений и в данном примере совпадает с наименьшим размером отверстия ($D_{\min} = D_{\text{ном}}$).

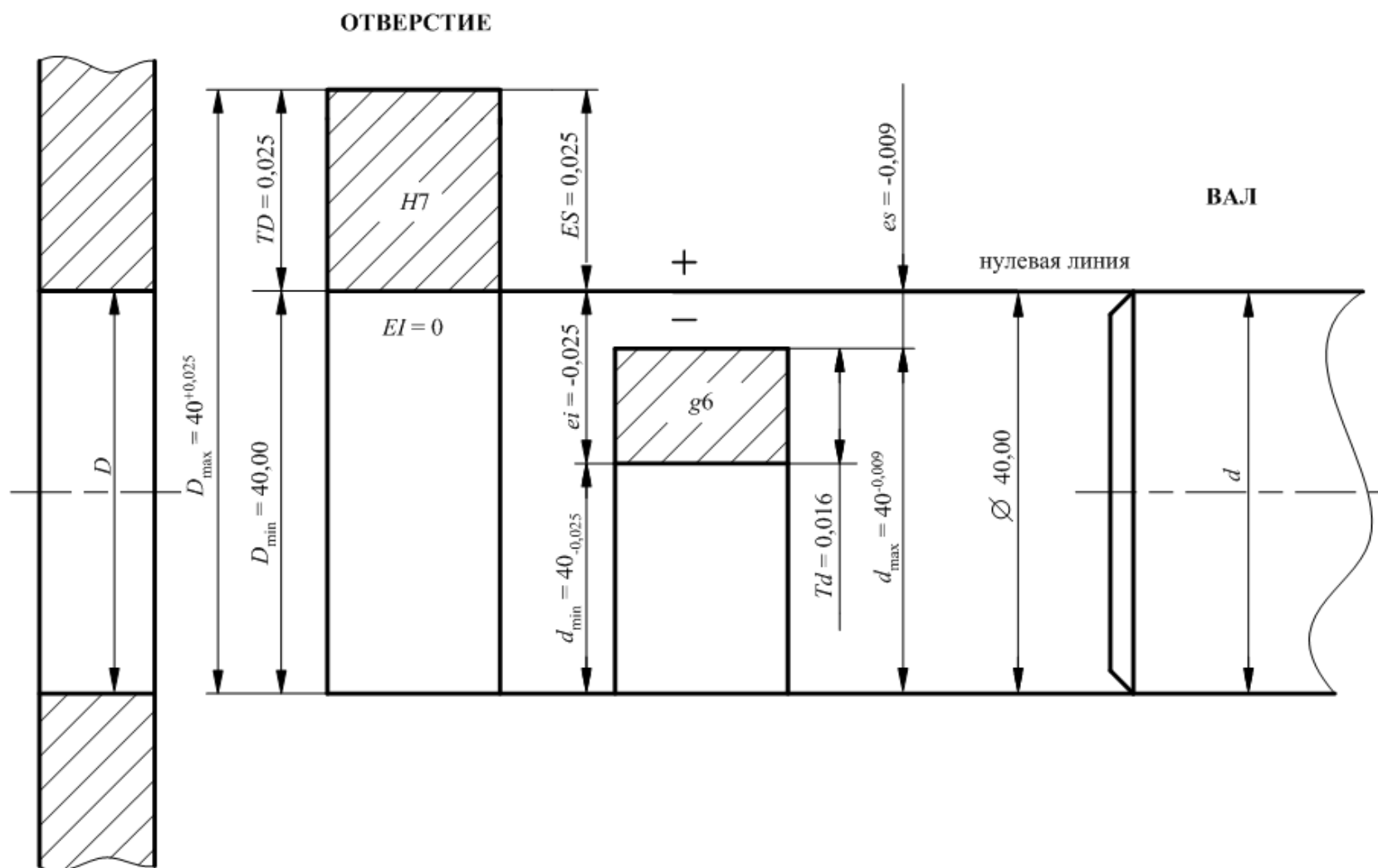


Рис. 1. Соединение с зазором

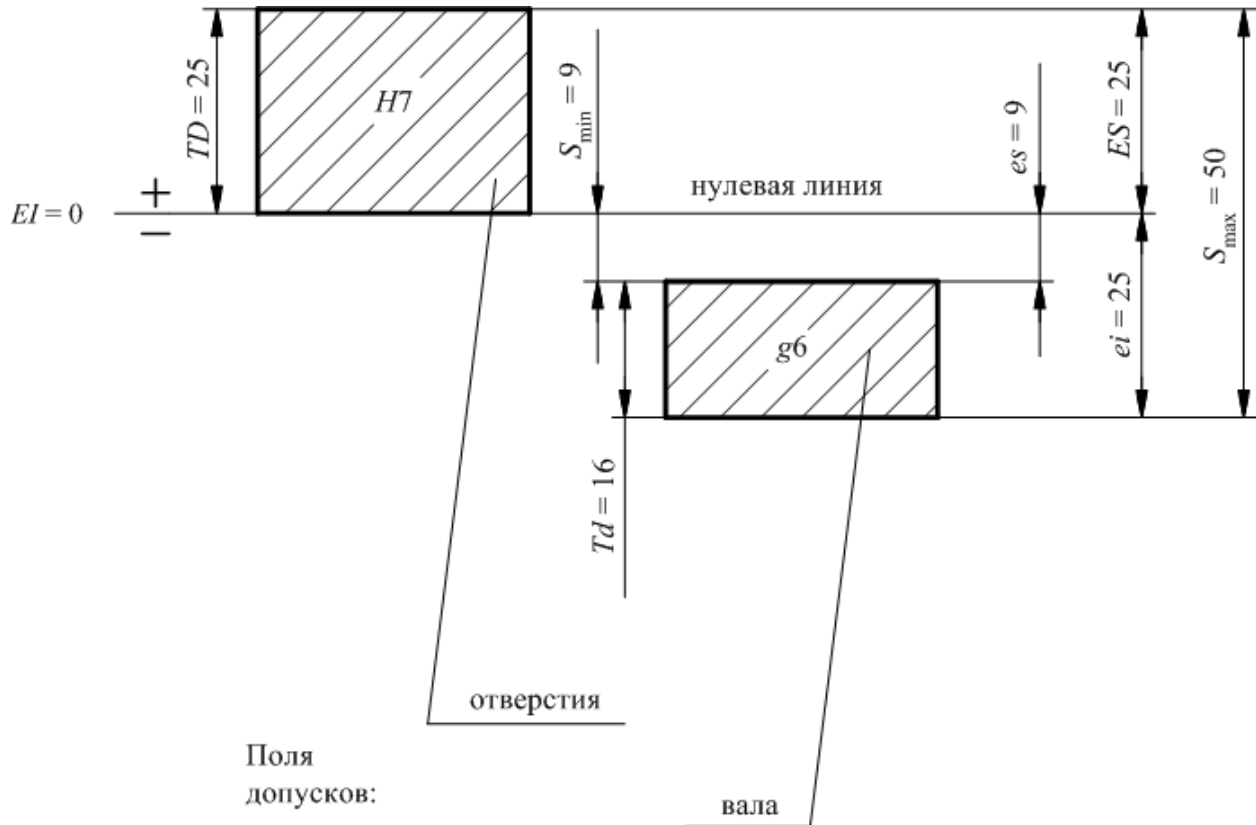


Рис. 2. Схема посадки с зазором в системе отверстия.
Поля допусков в мкм.

Отклонения отверстия:
 $ES = 25$ мкм,
 $EI = 0$.

Отклонения вала:
 $es = -9$ мкм,
 $ei = -25$ мкм.

Наибольший зазор $S_{\max} = ES - ei = +25 - (-25) = 50$ мкм.

Наименьший зазор $S_{\min} = EI - es = 0 - (-9) = 9$ мкм.

1. 2. Система отверстия

Эта система, обозначаемая H , отличается важной особенностью: отверстие имеет ES в зависимости от точности, а значение EI всегда равно нулю. Тогда размер номинальный не имеет отклонений и равен минимальному, а максимальный размер отверстия больше размера номинального на величину допуска.

Отверстие:

$$D_{\min} = D_{\text{ном.}}$$

$$D_{\max} = D_{\text{ном.}} + T_D.$$

Пример посадок в системе отверстия представлен на рис. 3, а.

Здесь различные посадки (зазоры и натяги) достигаются изменением предельных отклонений или изменением полей допусков (Td) валов (поз. 1...3) в сочетании с полем допуска основного отверстия (H).

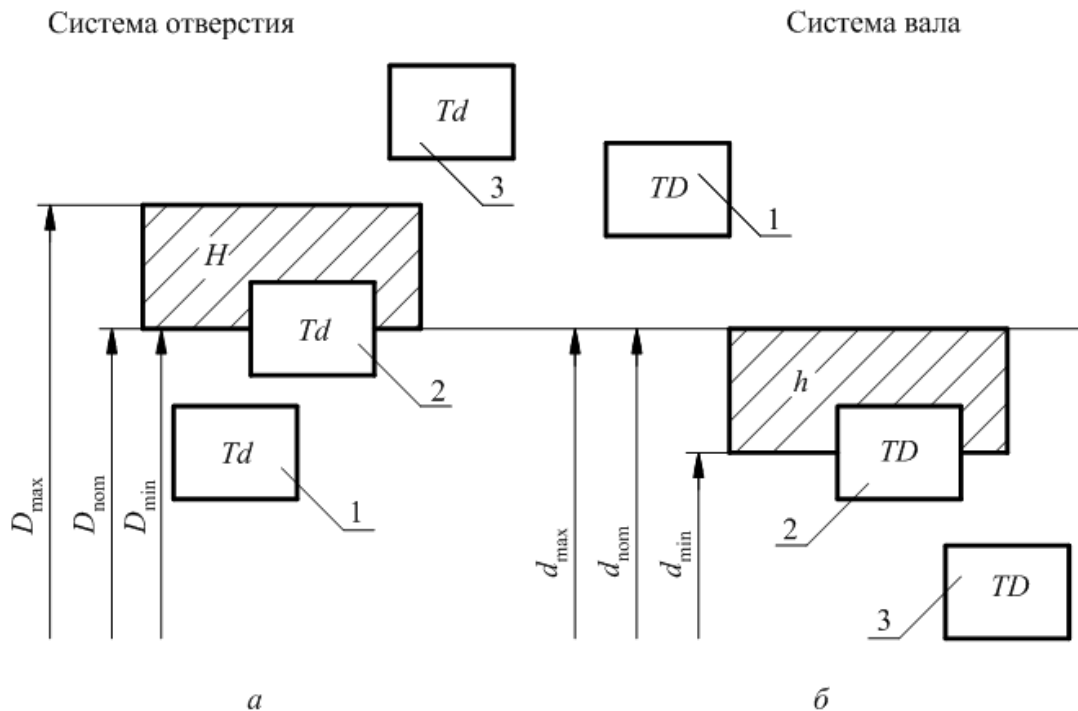


Рис. 3. Схемы посадок:

- 1 – посадка с зазором
- 2 – переходная посадка
- 3 – посадка с натягом

1. 3. Система вала

Система вала – система, обратная предыдущей, то есть поле допуска вала (h) фиксировано, а посадки (зазоры и натяги) достигаются изменением поля допуска отверстия (TD). На рис. 3, б представлены схемы посадок в системе вала.

Предпочтение отдается системе отверстия (рис. 4), что связано с обработкой отверстий точным дорогостоящим инструментом, применяемым преимущественно для обработки отверстий одного размера с определенным полем допуска.

Практически величины зазоров и натягов рассчитываются по формулам:

Зазор (S)

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

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

Натяг (N)

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

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

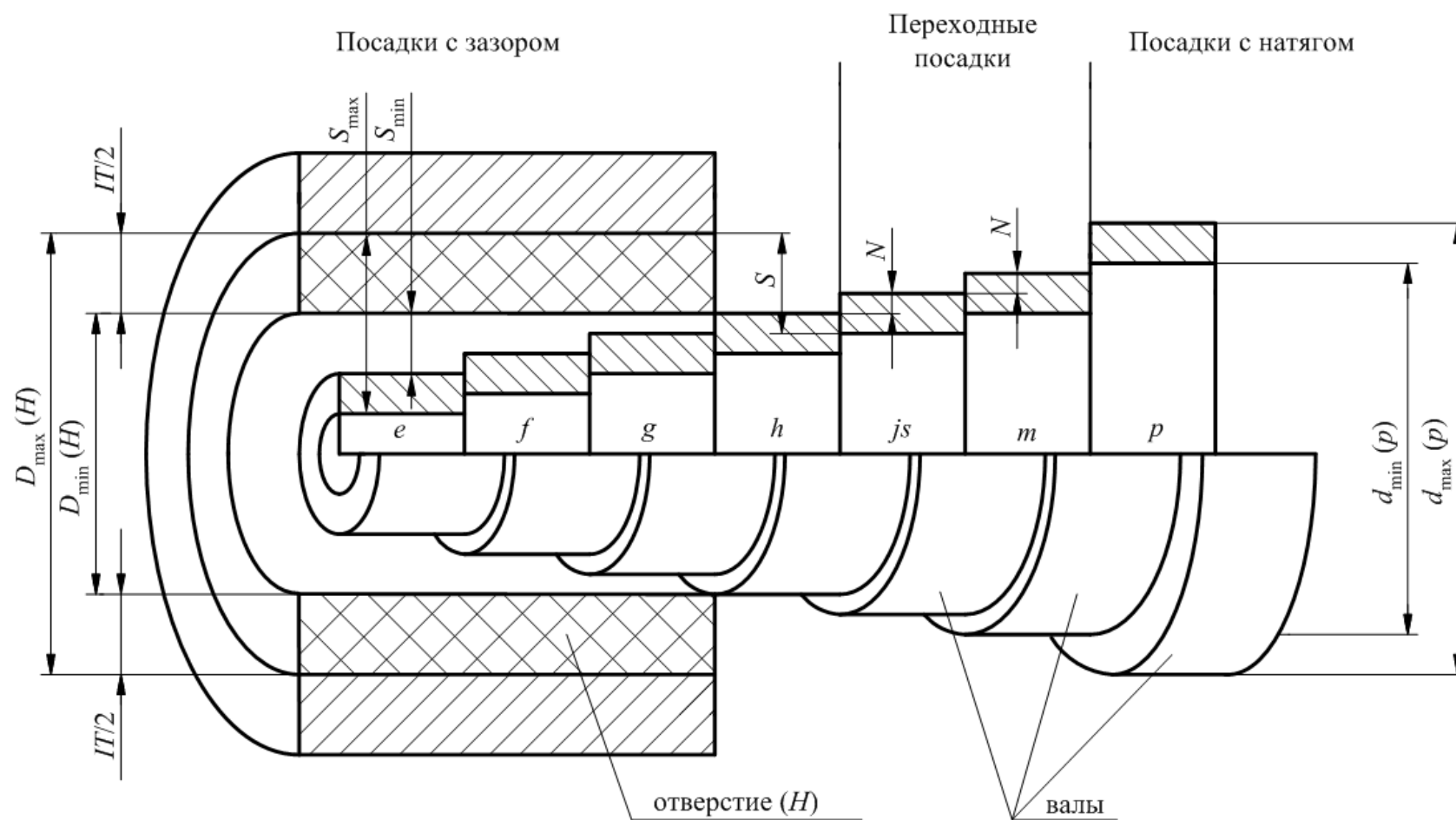


Рис. 4. Графическое представление в системе отверстия наиболее «ходовых» в машиностроении посадок

Переходные посадки имеют и натяг и зазор.

Посадки с натягом имеют поля допусков поз. 3 рис. 3 и образуют сопряжения только с натягом.

2. Сведения по применению посадок

Таблица 1

Примеры посадок с зазором

| Случаи использования | Вал | Отверстие | | | | |
|--|----------|-----------|----|-------------|-------------|----|
| | | H5 | H6 | H7 | H8 | H9 |
| Точное центрирование. Стаканы под подшипники качения: в станках, в редукторах. Распорные кольца. Сменные колеса при слабом центрировании. | <i>h</i> | | 5* | 6 7 8 | 7 7 8 | 9 |
| Гарантированный небольшой зазор. Например, шпиндели сверлильных станков, подвижные колеса коробок скоростей. | <i>g</i> | 4 | 5 | 6 | | |
| Подшипники скольжения малых и больших машин, коробки скоростей и двигатели внутреннего сгорания. Подшипники скольжения с увеличенной длиной скольжения. | <i>f</i> | | | 7 | 8 9 | 9 |
| Легкоподвижные соединения при жидкостном трении или хорошей смазке. Центрирование больших крышек. | <i>e</i> | | | 8 7 | 8 | 9 |
| Большие скорости вращения и малые давления. Валы под уплотнения. | <i>d</i> | | | | 9 | 9 |
| Большие гарантированные зазоры. Точность центрирования низкая, при уменьшении зазоров в случаях теплового расширения | <i>c</i> | | | | 8 | 8 |

Примечания: 1. Легкость сборки и разборки, возможность вращательного движения и поступательного перемещения сопряженных деталей.

2. Посадки: *H/h* – скользящие; *H/g* – движения; *H/f* – ходовые; *H/e* – легкоходовые; *H/d*, *H/c* – широкоходовые.

*) Цифры под отверстием относятся к букве, обозначающей посадку на вал. Например, в станках *H7/h6*.

Таблица 2

Примеры переходных посадок

| Случаи использования | Вал | Отверстие | | |
|--|-----------|------------------|----|------------------|
| | | H6 | H7 | H8 |
| Близки к соединениям с зазором. Заменяют H6/h5 для стабильности центрирования. | <i>js</i> | Не рекомендуется | 6 | Не рекомендуется |
| Зазоры близки к нулю. Центрирование хорошее. Посадки шкивов, зубчатых колес, муфт с применением шпонок, штифтов. | <i>k</i> | | 6 | |
| Статистические и малые динамические нагрузки. Разборка редкая, только при ремонте. | <i>m</i> | | 6 | |
| Значительные усилия, вибрации, удары. Только капитальный ремонт. Соединение с помощью прессы. Большая гарантия натяга. | <i>n</i> | | 6 | |

Примечания: 1. Усилия сборки малы; применение дополнительных креплений обязательно (рис. 9); выполнение условий сборки возможно лишь при точном соблюдении натяга (*N*) или зазора (*S*), поэтому посадки рекомендуются около 7 квалитета.

2. Посадки: *H/k* – напряженные; *H/m* – тугие; *H/n* – глухие.

Таблица 3

Примеры посадок с натягом

| Случаи использования | Вал | Отверстие | | |
|---|----------------------|-----------|----|----|
| | | H6 | H7 | H8 |
| Тонкостенные детали, небольшие нагрузки, втулки скольжения. | <i>p</i> | | 6 | |
| Без дополнительного крепления (концы валов) при небольших нагрузках. Венцы зубчатых и червячных колес с дополнительным креплением. | <i>r</i> | | 6 | |
| Средние и ударные нагрузки. Без дополнительных креплений. Блоки колес со шпонкой. | <i>s</i> | | 6 | 7 |
| Тяжелые и ударные нагрузки. Ступицы колес с зубчатым ободком. | <i>u</i> | | 7 | 7 |
| Самые большие гарантированные натяги. | <i>x</i> <i>z</i> | | | 8 |
| Знакопеременные режимы при наличии ударов и вибраций. Уругопластические деформации при сборке. Детали должны быть проверены на прочность. | | | | 8 |

Примечания: 1. Относительная неподвижность соединения обеспечивается силами трения вследствие упругих деформаций контактирующих поверхностей.

2. Посадки: *H/u*, *H/x*, *H/z* – прессые тяжелые.

3. Подшипники качения

Посадку соединения наружного кольца подшипника с корпусом назначают в системе вала (D_m – диаметр основного вала), а посадку соединения внутреннего кольца с валом – в системе отверстия (d_m – диаметр основного отверстия). Поле допуска внутреннего кольца подшипника расположено не в «плюс» («в тело»), как у обычного основного отверстия, а в «минус».

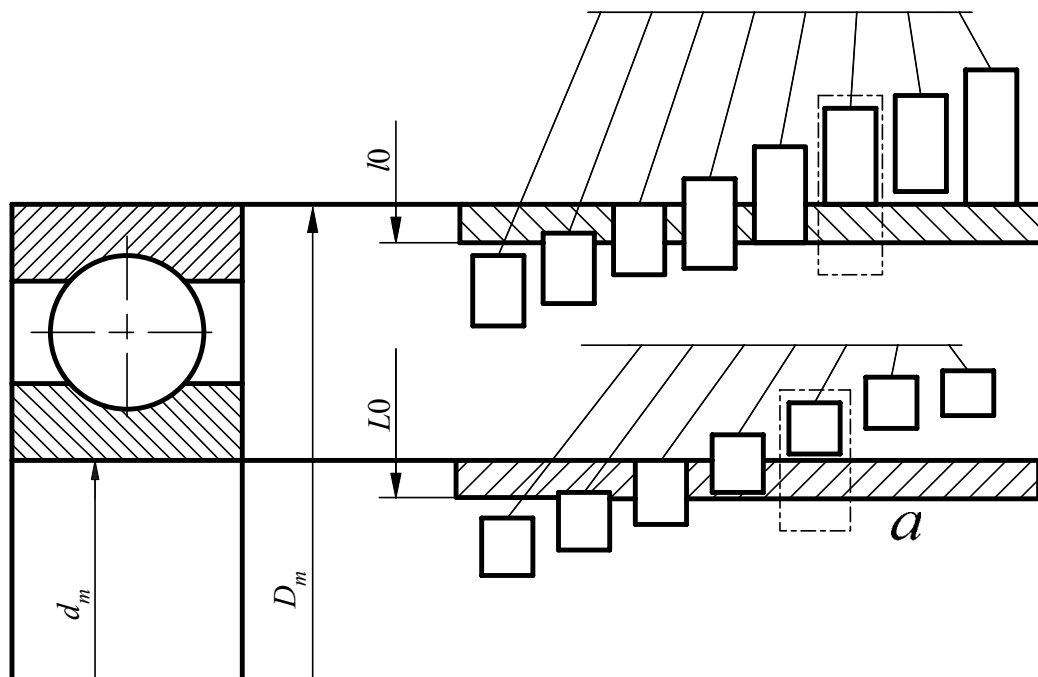


Рис. 5. Расположение полей допусков подшипника

Поля допусков:

- а) при посадке наружного кольца в корпус;
- б) вала и внутреннего кольца.

Такое расположение полей допусков меняет характер посадок на вал. Например: если вал изготовлен с допуском по $g6$, то соединение внутреннего кольца с валом происходит не по посадке с гарантированным зазором H/g , а по переходной, для валов с допуском по $k6$, $t6$ или $n6$ характерно соединение по насадкам с небольшим натягом, а не по переходным.

В зависимости от класса точности подшипника установлено обозначение полей допусков:

- для среднего диаметра d_m внутреннего кольца подшипника: $L0$, $L6$, $L5$, $L4$, $L2$;
- для среднего диаметра D_m наружного кольца подшипника: 10, 16, 15, 14, 12.

Выбор посадок колец подшипников определяется характером их нагружения.

Таблица 5

**Рекомендуемые посадки шариковых и роликовых
подшипников на вал (класс точности 0)**

| Вид на- груже- ния | Режим работы | Диаметр отверстия подшипника, мм | Рекомендуе- мые посадки | Примеры приме- нения в машинах и подшипниковых узлах | |
|--|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--|
| Цирку- ляцион- ное (вал вращает- ся) | Легкий или нор- мальный | До 100 | <i>L0/k6; L0/js6</i> | Редукторы. | |
| | | | <i>L5/k5; L6/k6; L6/js6</i> | Коробки скоростей станков, коробки передач автомобилей. | |
| | Нормаль- ный или тяжелый | До 250 | <i>L0/m6</i> | Редукторы сельхоз- машин, коробки пе- редач тракторов. | |
| | | | Шариковые до 100 Роликовые до 40 | <i>L0/k6; L0/js6</i> | Турбины, кривошип- но-шатунные меха- низмы, крупные ре- дукторы, электродви- гатели мощностью до 100 кВт. |
| | | | Шариковые до 100 Роликовые до 100 | <i>L0/m6</i> | |
| | | | Роликовые до 250 | <i>L0/n6; L0/p6</i> | Шпиндели металло- режущих станков. |
| Местное (вал не вращает- ся) | Легкий или нор- мальный | Все диаметры | <i>L0/g6</i> | Ролики ленточных транспортеров, кон- вейеров, подвесных дорог для неболь- ших грузов, бараба- ны самописцев. | |
| | Нор- мальный или тя- желый | | <i>L0/f6; L0/g6; L0/h6</i> | Колеса автомобилей, тракторов, вагонет- ток, самолетов и т. п. Блоки грузоподъем- ных машин, валки прокатных станов. | |

Таблица 6

**Рекомендуемые посадки радиальных шариковых и
роликовых подшипников в корпус**

| Вид нагружения | Режим работы | Рекомендуемая посадка | Примеры применения в машинах и подшипниковых узлах |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Местное (вращается тело «вал») | Нормальный или легкий | <i>H7/l0; Gs7/l0</i> | Редукторы, электродвигатели, трансмиссионные валы, машины бумажной промышленности, оборудования бытовой техники. |
| | Нормальный или тяжелый | <i>M7/l0; K7/l0; Js7/l0</i> | Коробки передач, задние мосты автомобилей, тракторов. |
| | | <i>M6/l5; M6/l4</i> <i>K6/l5; K6/l4</i> | Шпиндели металлорежущих станков |
| | Нормальный | <i>Js6/l5; Js7/l0</i> | Шпиндели быстроходных станков. |
| Циркуляционное (вращается корпус) | Тяжелый при тонкостенных корпусах | <i>P7/l0</i> | Колеса самолетов, башенных кранов, ведущие барабаны гусеничных машин. |
| | Нормальный или тяжелый | <i>N7/l0</i> | Передние колеса автомашин или тягачей, ходовые колеса мостовых кранов, опорно-поворотные устройства кранов, ролики рольгангов. |
| | | <i>M7/l0</i> | Передача крутящего момента на концы вала через разгрузочные устройства. |
| | Нормальный | <i>Js7/l0; K7/l0</i> | Ролики ленточных транспортеров, барабанов комбайнов. |

4. Шпоночное соединение

Применяют три типа шпоночных соединений (рис 6):

- а) свободное – направляющие шпонки;
- б) нормальное – серийное и массовое производство;
- в) плотное – единичное и серийное производство.

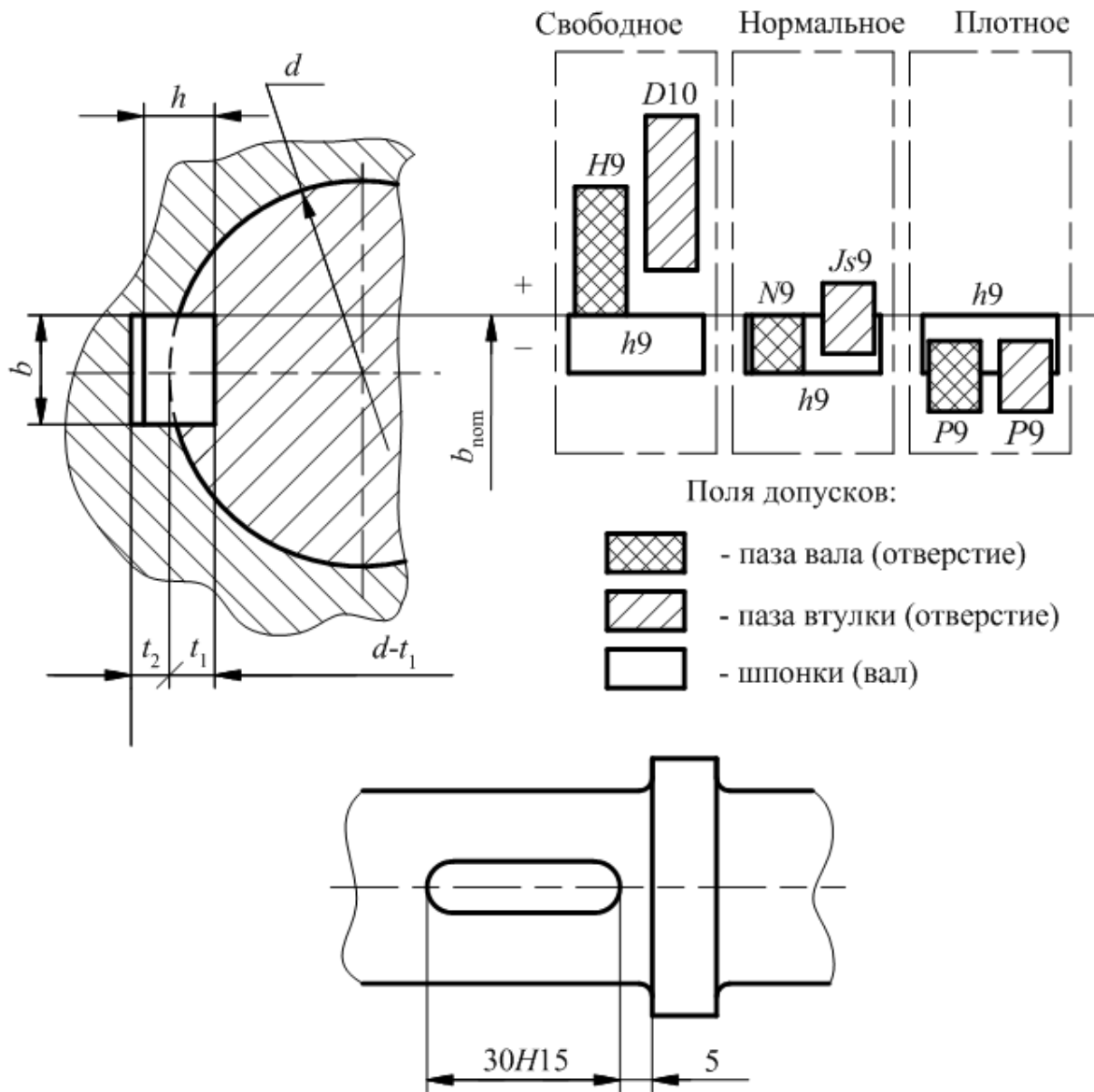


Рис. 6. Виды шпоночных соединений

Таблица 7

Допуски на непосадочные размеры

| Наименование | Обозначение | Допуск | | Высота шпона (h), мм | Предельные отклонения размеров, мм | |
|------------------------------|-------------|--------|---------|----------------------|------------------------------------|-----------|
| | | 2–6 мм | Св. 6мм | | $d - t_1$ | $d + t_2$ |
| Высота призматической шпонки | h | $h9$ | $h11$ | От 2 до 6 | - 0,1 | + 0,2 |
| Длина шпонки | шпонка | $H14$ | | Св. 6 до 18 | - 0,2 | + 0,2 |
| | паз втулки | $H15$ | | Св. 18 до 50 | - 0,3 | + 0,3 |

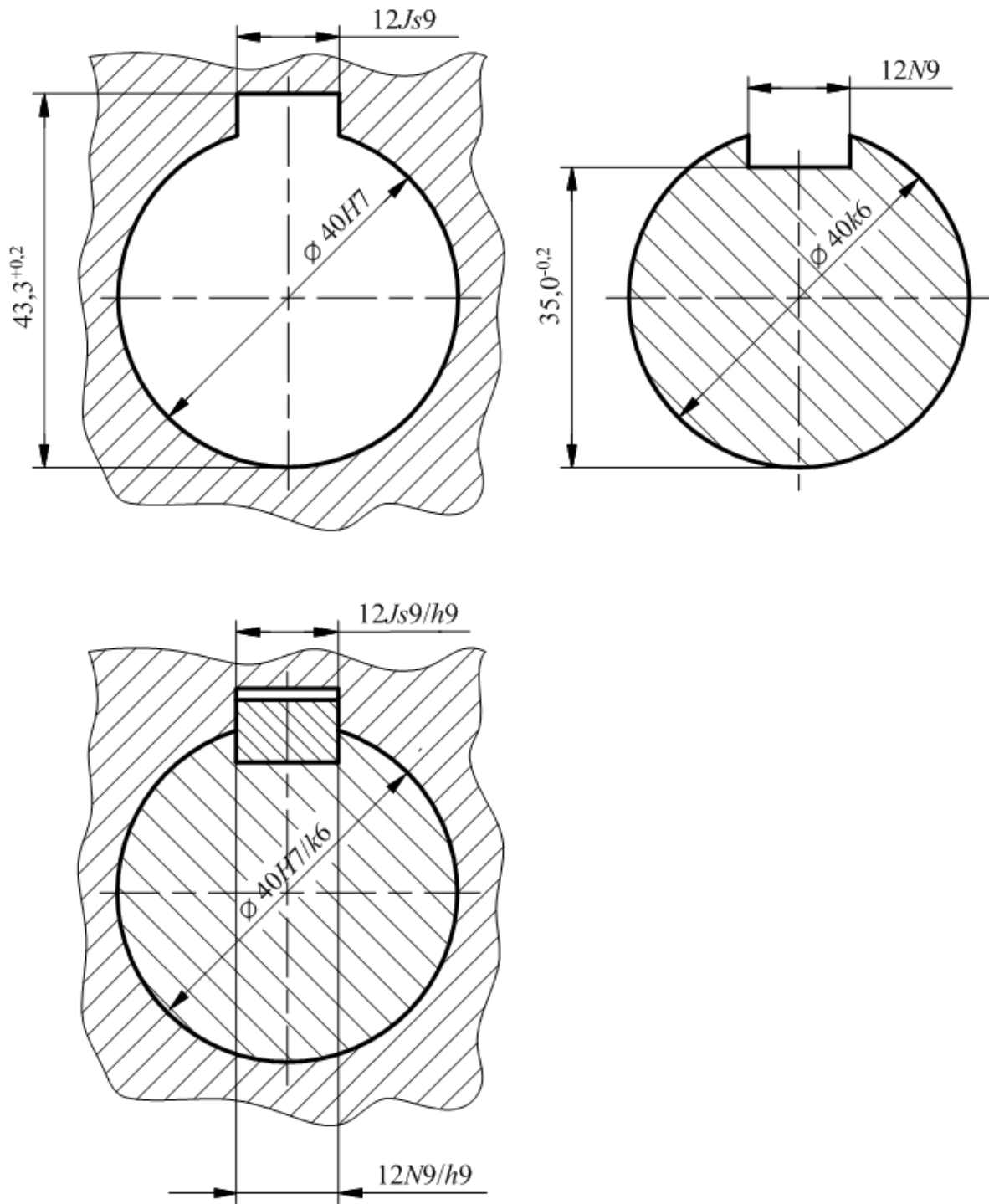


Рис. 7. Пример простановки размеров на чертеже

5. Соединения шлицевые прямобочные

Шлицевые соединения имеют три вида посадок, представленных на рис. 8.

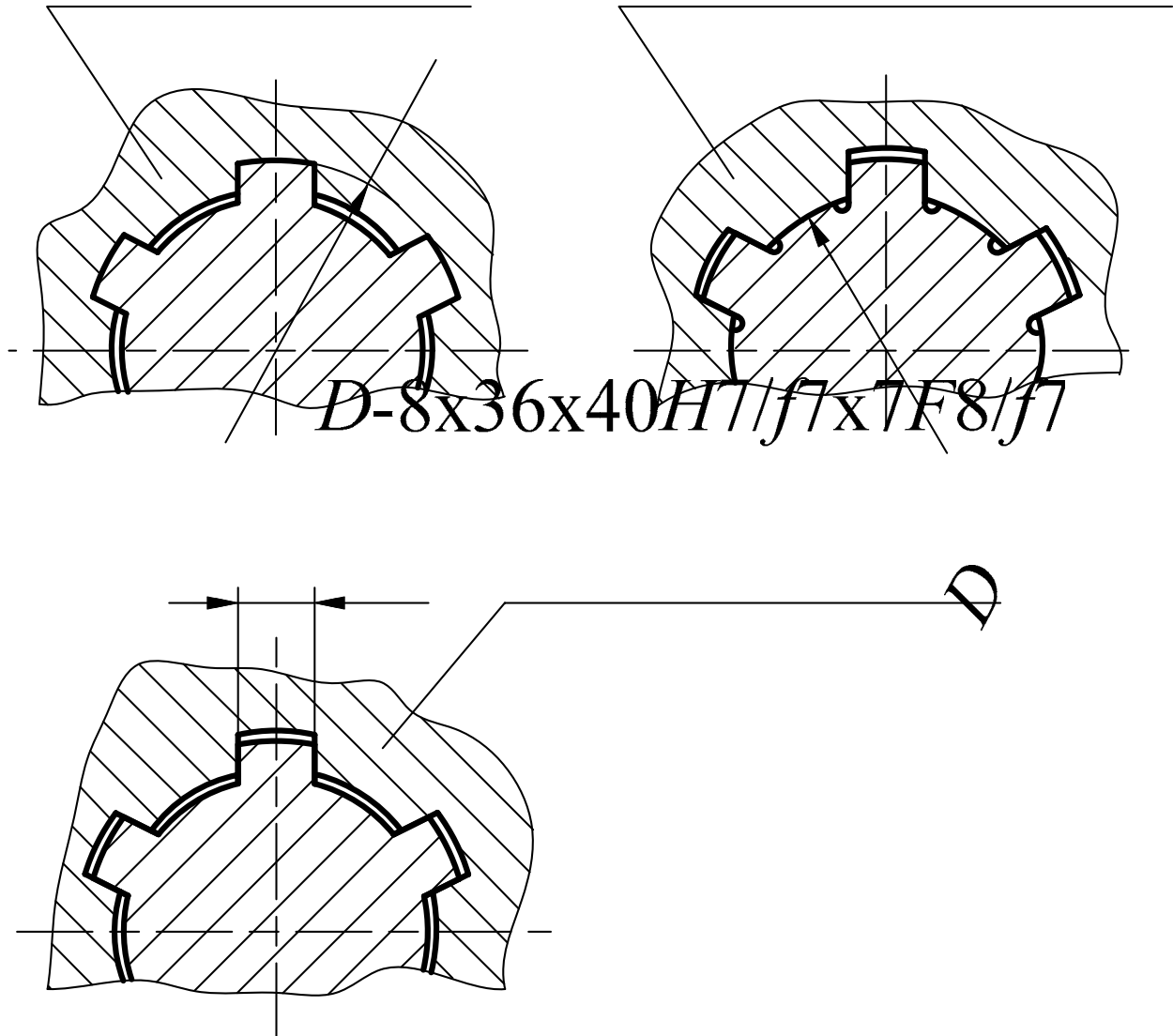


Рис. 8. Примеры простановки условных обозначений
a – центрирование по наружному диаметру D ; *b* – центрирование по внутреннему диаметру d ; *в* – центрирование по боковым сторонам b

Допускается не указывать посадку на нецентрирующий диаметр.

Таблица 8

Рекомендуемые посадки для различных способов центрирования

| Центрирование | Посадки | | |
|---------------|---|--|---|
| | по <i>D</i> | по <i>d</i> | по <i>b</i> |
| по <i>D</i> | $H7/f7$; $H7/g6$; $H7/h6$; $H7/js6$; $H8/e8$; $H7/n6$ | | $F8/f7$; $F8/f8$; $F8/js7$; $F8/e8$; $F8/h8$ |
| по <i>d</i> | $H12/a11$ | $H7/e8$; $H7/f7$; $H7/g6$; $H7/h7$; $H7/js6$; $H7/n6$ | $D9/d9$; $D9/e8$; $F10/f8$ $D9/h9$; $D/g7$; $D9/k7$; $F10/g7$; $F10/k7$ |
| по <i>b</i> | $H12/a11$ | | $F10/k7$; $F10/h8$; $F8/js7$; $F10/d9$; $D9/e8$; $D8/f8$; $F10/f8$ |

Примечания: 1. В рамках заключены предпочтительные посадки.

2. Допуск на нецентрирующий размер «*d*» при центрировании по «*D*» или «*b*» по *H11* (для втулки).

6. Резьбовые соединения

Погрешности линейных размеров и профиля резьбы неизбежны. Конструктор предусматривает вид резьбового соединения, назначает класс точности и поля допусков гайки и болта.

В редукторах и коробках скоростей наиболее распространены посадки с зазором среднего класса точности с нормальной длиной (табл. 9). Информация о резьбовом соединении дается в обозначении.

Примеры обозначения

Пример 1.

M12 – 5H/6g

Резьба метрическая (*M*); наружный (номинальный) диаметр резьбы 12 мм; шаг резьбы крупный, равен 1,75 мм (не обозначается). Класс точности гайки 5, болта – 6; *H* – поле допуска гайки, *g* – поле допуска болта.

M12 – 5H – обозначение на чертеже для гайки.

M12 – 6g - обозначение на чертеже для болта.

Пример 2.

M12 x 1 - 5H/6g

Аналогично предыдущему примеру с шагом 1 мм.

Пример 3.

M12 x 1 – 4H5H/7g6g

Отличие в обозначении двух полей допусков: среднего диаметра и второго диаметра (внутреннего или наружного).

Таблица 9

Основные отклонения полей допусков

| Класс точности | Болт (наружная резьба) | Гайка (внутренняя резьба) |
|----------------|--|--|
| Точный | 4g, 4h | 4H5H, 5H |
| Средний | 6f, 6g | 6G, 6H |

Примечание. В рамках заключены наиболее используемые поля допусков.

Информация по двойной записи 4H5H/7g6g относится к допуску по среднему диаметру. Информация по второму диаметру, имеющему другой допуск, приведена в табл. 10.

Таблица 10

Обозначения полей допусков

| Допуски диаметров D_2 , d_2 и D_1 , d | |
|---|----------------------------------|
| Гайка (наружная резьба) | Болт (внутренняя резьба) |
| 4H – для среднего диаметра D_2 | 7g – для среднего диаметра d_2 |
| 5H – для внутреннего диаметра D_1 | 6g – для наружного диаметра d |

Для уменьшения самопроизвольного развинчивания используют переходные посадки резьб (табл. 11).

Таблица 11

Посадки переходные

| Материал корпуса | Номинальный диаметр резьбы, мм | |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| | От 5 до 16 | От 18 до 30 |
| | Посадки | |
| Алюминиевые сплавы, чугун | $5H6H/4jk$ $3H6H/2m$ | $5H6H/4j$ $3H6H/2m$ |

Пример обозначения и применения переходных посадок показан на рис. 9.

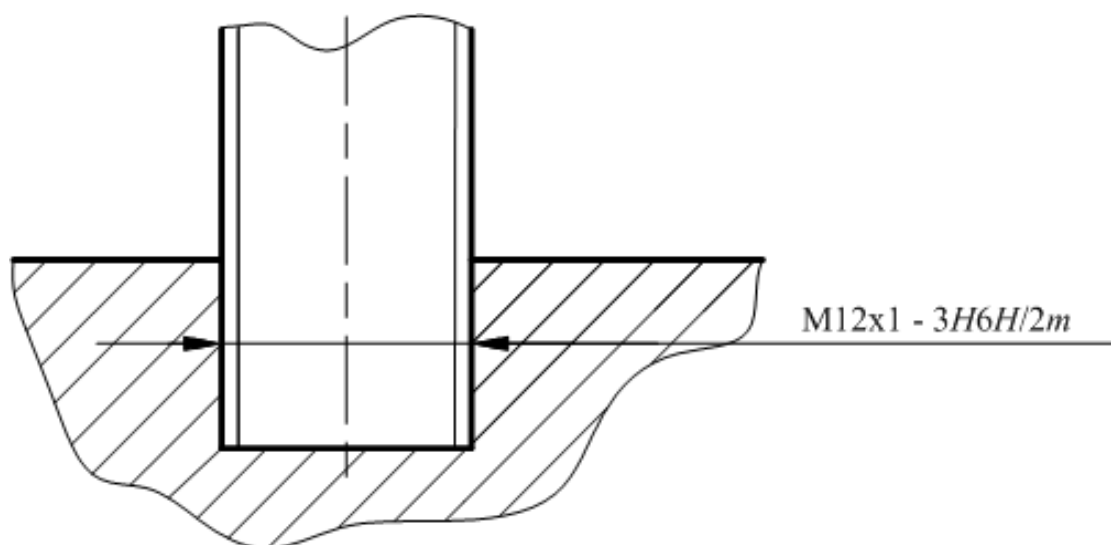


Рис. 9. Обозначение переходных посадок

Шаг резьбы 1 мм, поля допусков гайки резьбы гайки разные, поле допуска среднего диаметра болта в зоне переходной посадки обеспечивает плотное соединение шпильки в чугунном корпусе.

Примеры простановки допусков на чертеже показаны на рис. 10.

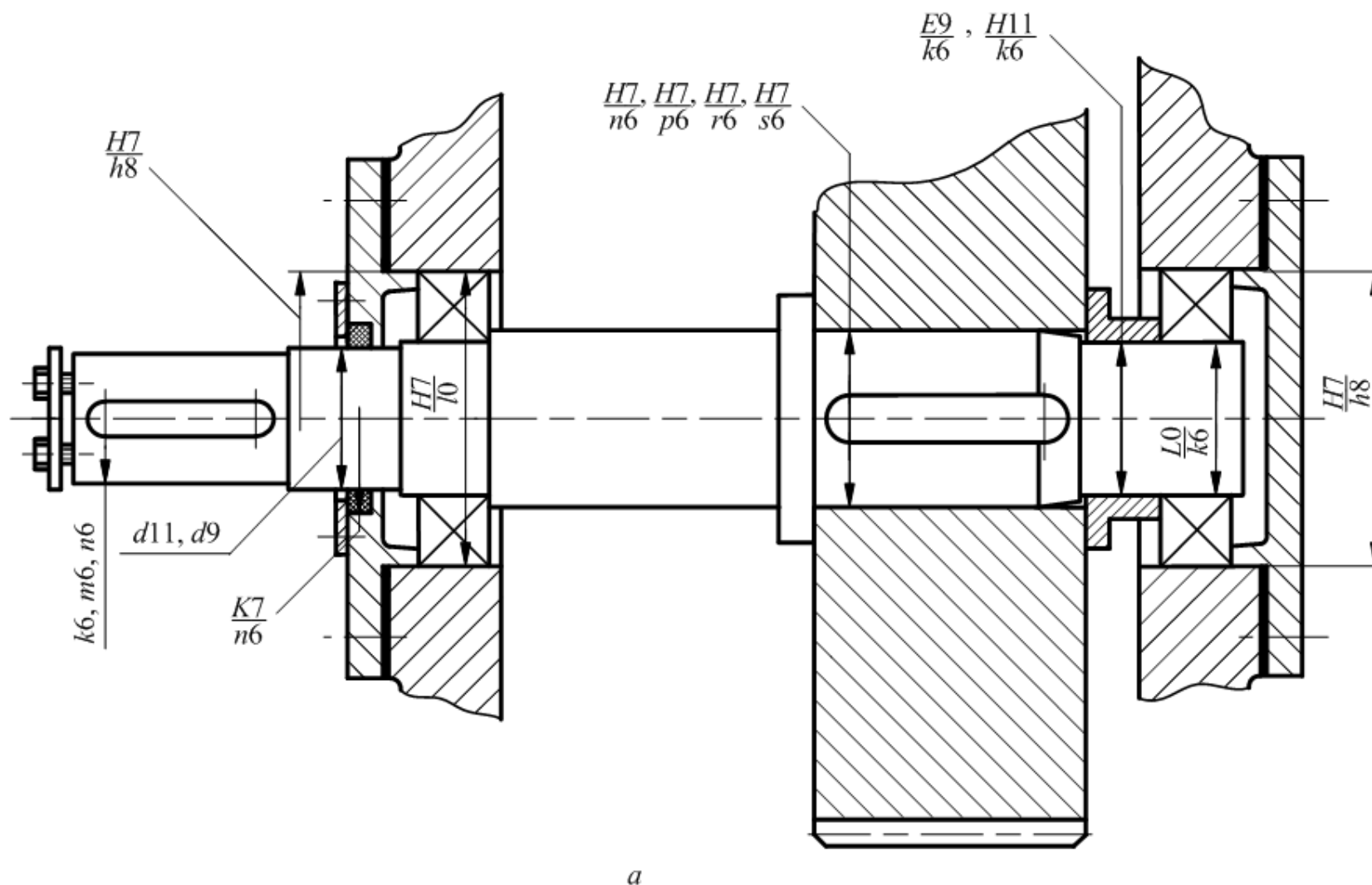


Рис. 10. Примеры простановки допусков на чертеже

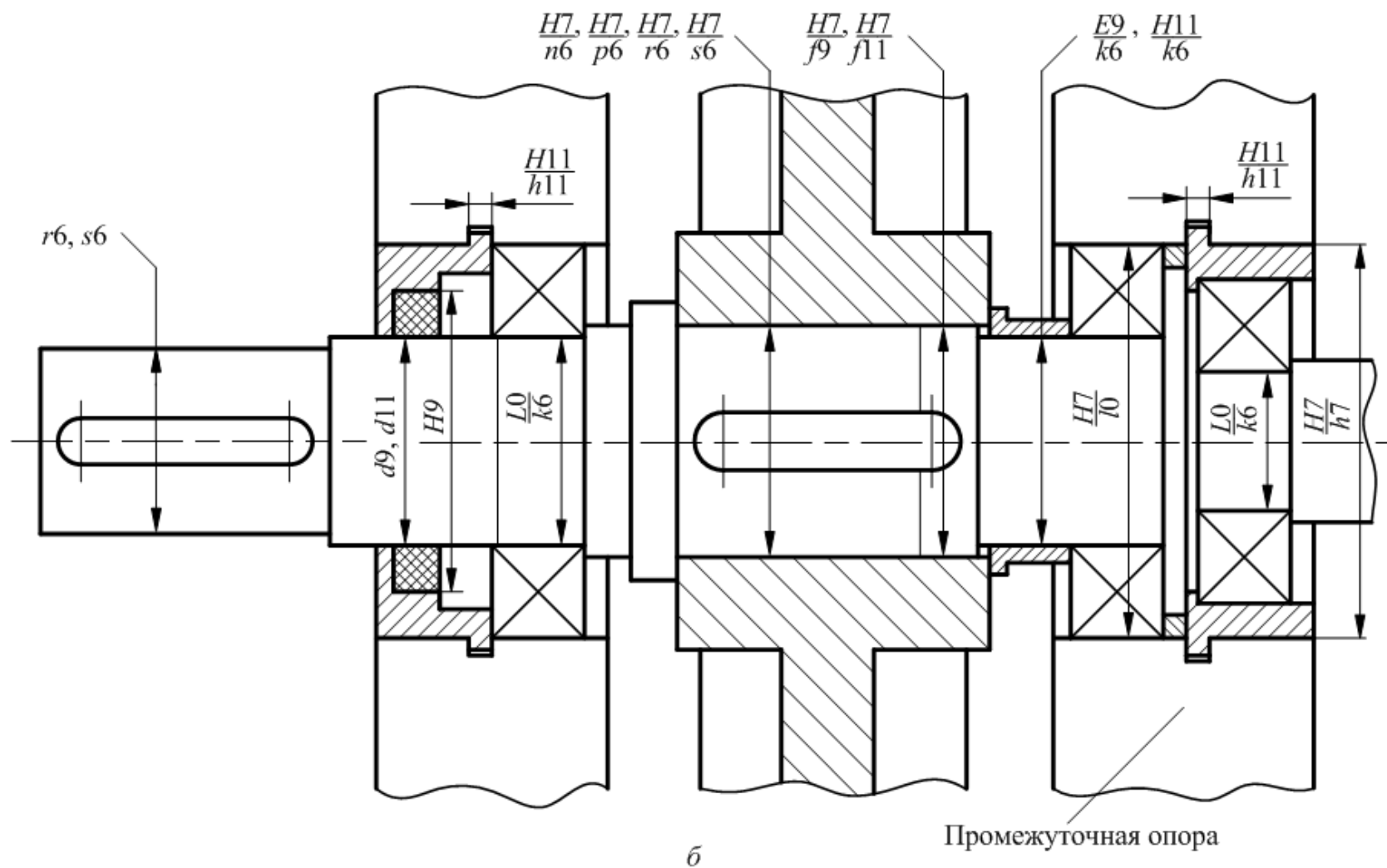


Рис. 10. Примеры простановки допусков на чертеже (продолжение)

Библиографический список

1. Допуски и посадки. Учебное пособие. 3-е издание. / В.И. Анухин. – СПб.: Питер, 2004. – 207 с.; ил. – (серия «Учебное пособие»).
2. Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки: Справ.: В 2 т. 7-е изд. Л.: Политехника, 1991. 1184 с.
3. Посадки основных деталей редукторов: Методические указания по курсам «Детали машин» и «Прикладная механика» / В.И. Вешкурцев. Екатеринбург: УПИ, 1992. 19 с.
4. Дунаев, П.Ф., Леликов, О.П., Варламова, Л.П. Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов. – М.: Высш. шк., 1984. – 112 с., ил.
5. Дунаев, П.Ф., Леликов, О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования. – 4-е издание, исправл. – М.: Машиностроение, 2003. – 536 с., ил.

Учебное электронное текстовое издание

Вешкурцев Владимир Иванович
Вязкова Людмила Павловна
Мальцев Лев Витальевич

ПОСАДКИ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРОВ

Редактор *О.Ю. Петрова*
Компьютерная верстка *О.Ю. Петрова*

Рекомендовано РИС ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
Разрешен к публикации 10.12.05.
Электронный формат – PDF
Формат 60x84 1/16

Издательство ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: sh@uchdep.ustu.ru

Информационный портал
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
<http://www.ustu.ru>