

Лекция 3. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Учебные вопросы:

- 1. Допуски и посадки подшипников качения.**
- 2. Нормирование точности шпоночных и шлицевых соединений.**
- 3. Нормирование точности метрической резьбы.**
- 4. Контроль резьбовых соединений.**

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.

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.

1. Допуски и посадки подшипников качения

- **Подшипник качения** – это узел механизма, являющийся опорой для вращающихся валов.

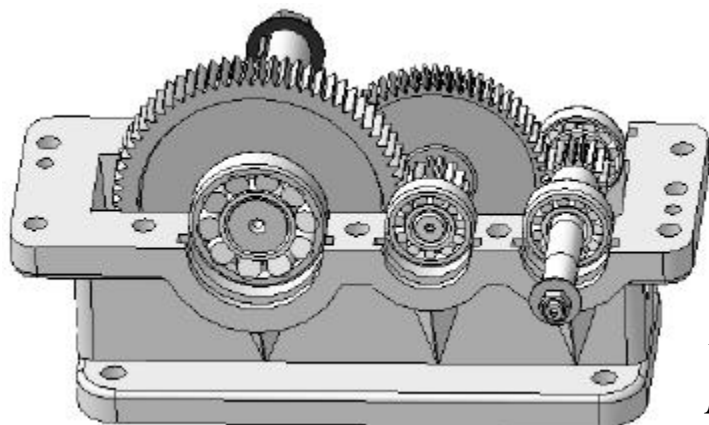


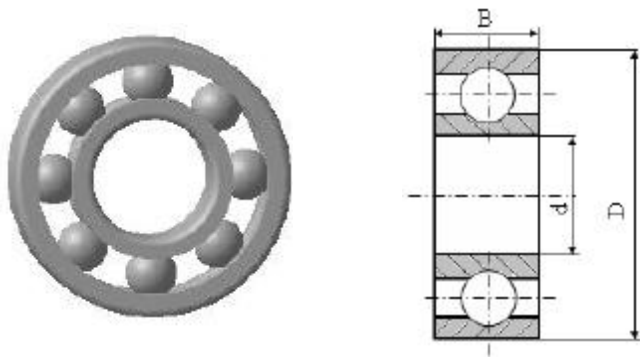
Рис. 4.1. Валы, установленные в корпусе редуктора на подшипниках качения



*Рис. 4.2. Роликовый двухрядный подшипник качения,
1– наружное кольцо подшипника;
2– внутреннее кольцо подшипника;
3– сепаратор;
4– тела качения (ролики)*

Продолжение 1 вопроса

- **По направлению воспринимаемой нагрузки** подшипники разделяются на радиальные, радиально-упорные, упорные.
- **По форме тел качения** разделяют шариковые, роликовые цилиндрические, роликовые конические и др.
- **По числу рядов тел качения** разделяют однорядные, двухрядные и многорядные подшипники.



*Рис. 4.3. Шариковый однорядный подшипник качения,
 B – ширина подшипника; d – посадочный диаметр внутреннего кольца; D – посадочный диаметр наружного кольца*

- Подшипник качения – это стандартный узел, обладающий внешней взаимозаменяемостью своими присоединительными поверхностями.
- Установлено несколько классов точности подшипников (ГОСТ 520-2002) в зависимости от используемых тел качения и от направления воспринимаемой нагрузки:

Продолжение 1 вопроса

- **Классы 0, 6, 5, 4, 2, T** – для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников.
- **Классы 0, 6, 6X, 5, 4, 2** – для роликовых конических подшипников.
- **Классы 0, 6, 4, 2** – для упорных и упорно-радиальных подшипников.
- Наиболее грубым является класс **0**, а наиболее точным – классы **2** и **T**.
- *Кольцо подшипника* имеет погрешность формы. Вследствие этого, допуск назначается и на номинальный диаметр, и на средний диаметр кольца, который определяется расчетом как среднее арифметическое наибольшего и наименьшего диаметров, измеренных в двух крайних сечениях кольца в одной радиальной плоскости перпендикулярной к оси (рис. 4.4)

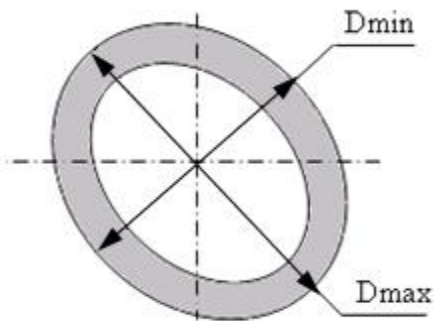


Рис. 4.4. Наружное кольцо подшипника

$$D_m = (D_{\max} + D_{\min}) / 2$$

- D_{\max} – наибольший измеренный размер;
- D_{\min} – наименьший измеренный размер.
- D_m – средний диаметр кольца.

Продолжение 1 Вопроса

- Некоторые поля допусков на диаметры колец подшипников качения, отверстий в корпусах и валов представлены на рис. 4.5.

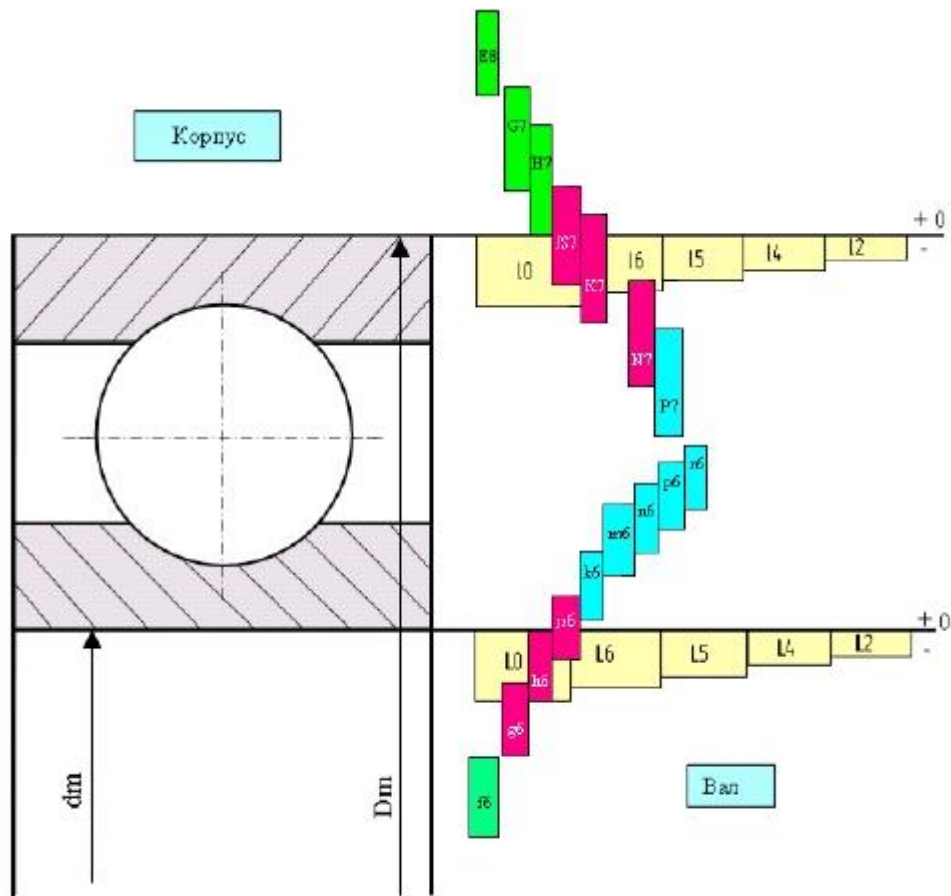


Рис. 4.5. Схема расположения полей допусков для подшипников качения (выборочно)

- Посадку соединения наружного кольца с корпусом назначают в **системе вала**, а посадку внутреннего кольца с валом – **в системе отверстия**.

Продолжение 1 вопроса

- Значения допусков на размеры колец подшипников *не совпадают* со значениями допусков для гладких цилиндрических соединений, из соответствующих интервалов размеров и приводятся в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Нижние предельные отклонения размеров колец подшипников, мкм (верхние отклонения равны нулю)

Виды подшипников			Подшипники шариковые и роликовые радиальные и				Подшипники роликовые			
			шариковые радиально-упорные				конические			
Классы подшипников			4	5	6	0	4	5	6	0
Номинальные диаметры, мм	Кольца внутренние (L)	св.2,5до10	-4	-5	-7	-8	-	-	-	-
		св.10до18	-4	-5	-7	-8	-5	-7	-7	-8
		св.18до30	-5	-6	-8	-10	-6	-8	-8	-10
		св.30до50	-6	-8	-10	-12	-7	-10	-10	-12
		св.50до80	-7	-9	-12	-15	-8	-12	-12	-15
		св.80до120	-8	-10	-15	-20	-10	-15	-15	-20
		св.120до180	-10	-13	-18	-25	-13	-18	-18	-25
		св.180до250	-12	-15	-22	-30	-15	-22	-22	-30
		св.250до315	-	-18	-25	-35	-	-25	-25	-35
		св.315до400	-	-23	-30	-40	-	-30	-30	-40
	св.400до500	-	-	-35	-45	-	-	-	-	
	Кольца	св.6до18	-4	-5	-7	-8	-	-	-	-
		св.18до30	-5	-6	-8	-9	-6	-8	-8	-9
		св.30до50	-6	-7	-9	-11	-9	-9	-9	-11
		св.50до80	-7	-9	-11	-13	-9	-11	-11	-13
		св.80до120	-8	-10	-13	-15	-10	-13	-13	-15
		св.120до150	-9	-11	-15	-18	-11	-15	-15	-18
		св.150до180	-10	-13	-18	-25	-13	-18	-18	-25
		св.180до250	-11	-15	-20	-30	-15	-20	-20	-30
св.250до315		-13	-18	-25	-35	-18	-25	-25	-35	
св.315до400	-15	-20	-28	-40	-20	-28	-28	-40		

Продолжение 1 вопроса

- К посадочным поверхностям под подшипники качения предъявляют повышенные требования к *точности формы и качеству поверхности*. Отклонения формы поверхностей корпусов и валов не должны превышать для подшипников **0 и 6 классов** значений, равных **IT/4**, а для подшипников **5 и 4 классов** – **IT/8**.

Таблица 4.1. Шероховатость по параметру Ra (мкм) для посадочных мест и опорных торцевых поверхностей

Посадочная поверхность	Класс точности подшипника	Диаметр подшипника	
		До 80 мм	св.80 до 500 мм
Вал	0	1,25	2,5
	6 и 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
	2	0,16	0,32
Отверстие в корпусе	0	1,25	2,5
	6,5,4	0,63	1,25
	2	0,32	0,63
Опорные торцы заплечиков валов и корпусов	0	2,5	2,5
	6,5,4	1,25	2,5
	2	0,63	0,63

Продолжение 1 вопроса

Выбор посадок для колец подшипников

- 1. Нельзя устанавливать с *большим натягом* наружное и внутреннее кольца подшипников.
- 2. Кольцо подшипника, которое соединяется с вращающимся элементом конструкции (валом или корпусом) должно устанавливаться с *гарантированным натягом*.
- 3. При двухопорном вале (два подшипника на концах вала) посадка одного из не вращающихся колец должна быть с *гарантированным зазором*.
- 4. Для классов точности **0** и **6** рекомендуется для валов назначить квалитет **IT6**, а для *отверстий* – **IT7**. Для классов точности **2**, **4** и **5** для валов рекомендуется назначить квалитет **IT5**, а для *отверстий* – **IT6**.
- 5. Более точный расчет при выборе посадок должен выполняться с учетом степени и вида нагрузки каждого из колец.
- По ГОСТ 3325-85 различают следующие *виды нагружений колец подшипников*:
 - 1. Местное.
 - 2. Циркуляционное.
 - 3. Колебательное.

Продолжение 1 вопроса

- Кольца, которые подвергаются **местному нагружению**, должны устанавливаться с гарантированным зазором или по переходной посадке при минимальном натяге.

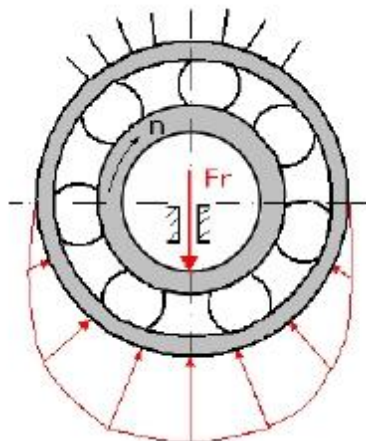


Рис. 4.6. Местное нагружение у наружного и циркуляционное у внутреннего кольца

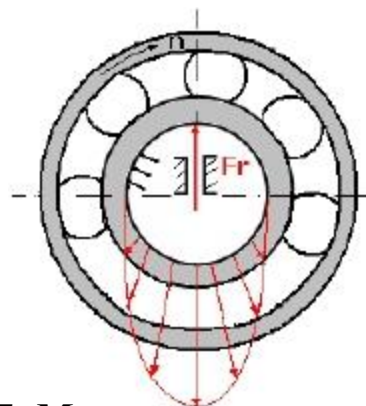


Рис. 4.7. Местное нагружение у внутреннего и циркуляционное у наружного кольца

- При циркуляционном нагружении** кольцо должно устанавливаться по посадке с натягом.
- При колебательном нагружении** кольцо должно устанавливаться по переходной посадке.
- Полный перечень полей допусков для образования посадок с подшипниками качения приведен в ГОСТ 3325-85 и в приложении к СТ СЭВ 773-77, в котором также рассмотрены случаи их использования.

Продолжение 1 вопроса

- **Обозначение на сборочном чертеже посадок подшипников качения на валы и в отверстия корпусов**

- Обозначение посадок такое же, как принято в ЕСДП, т. е. в виде дроби, когда в числителе указывают поле допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала.
- Обозначения посадки подшипника на вал (в системе отверстия):
 - **$\varnothing 50 L0/js6$ или $\varnothing 50 L0 - js6$.**
- Обозначение посадки подшипника в отверстие корпуса (в системе вала):
 - **$\varnothing 90 H7/I0$ или $\varnothing 90 H7 - I0$.**

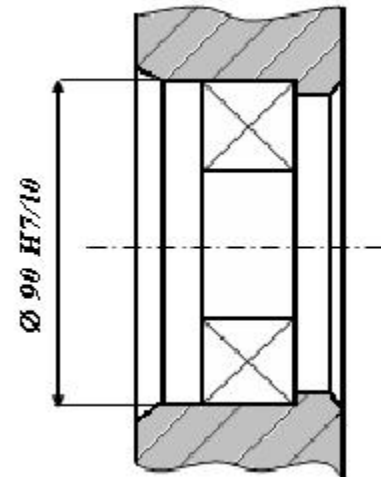
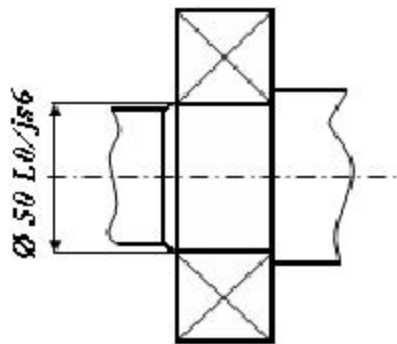


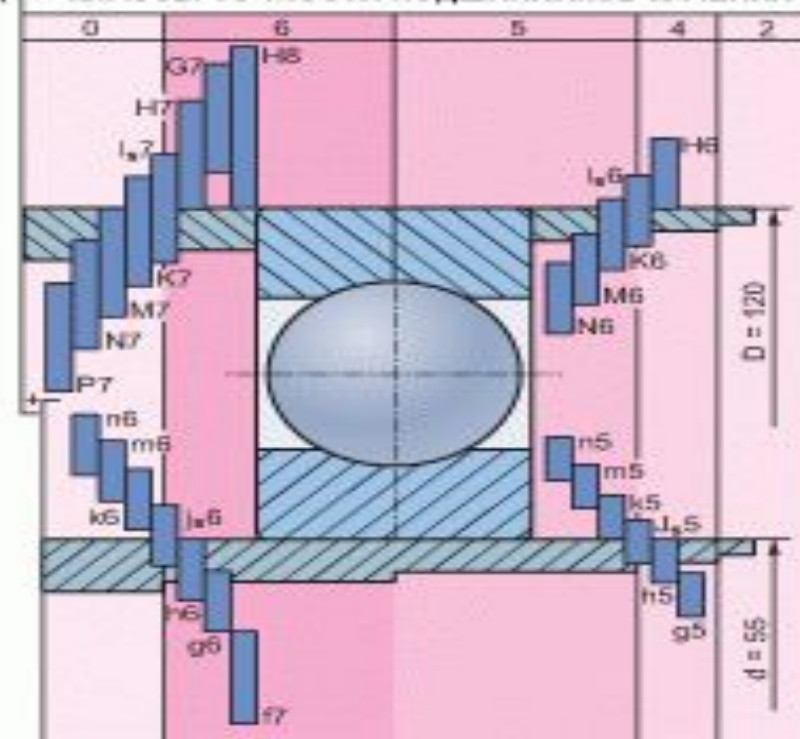
Рис. 4.8 Обозначение посадки внутреннего кольца подшипника на вал

Рис. 4.9. Обозначение посадки наружного кольца подшипника в корпус

- **Стандартом допускается не указывать поле допуска кольца подшипника.**

ПОСАДКИ И ВИДЫ НАГРУЖЕНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКА

КЛАССЫ ТОЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ



Поля допусков:

H8... – отверстий в корпусах;

h8... – посадочных поверхностей валов;

— внутренних колец подшипников;

— наружных колец подшипников

Обозначение подшипников

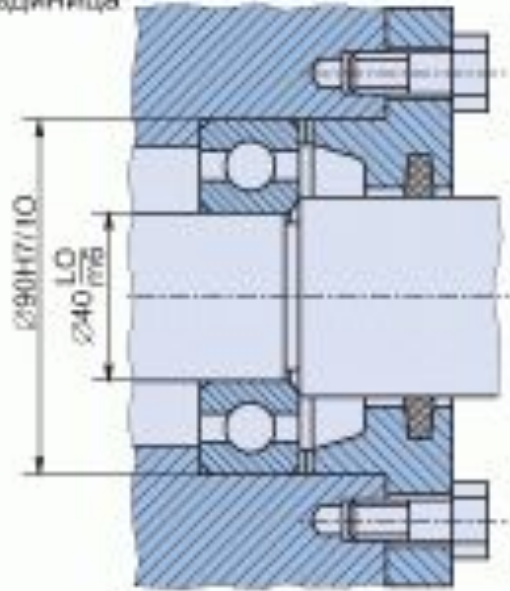


ВИДЫ НАГРУЖЕНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКА

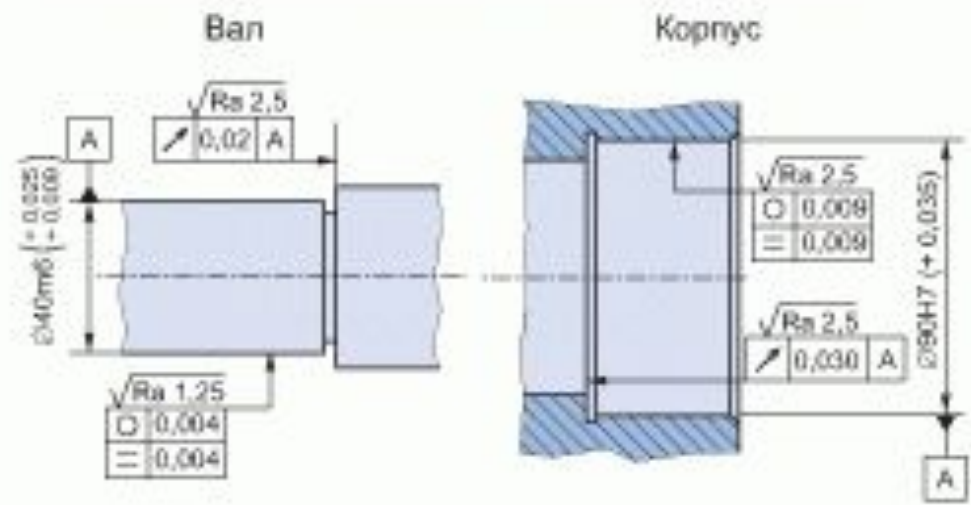


СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

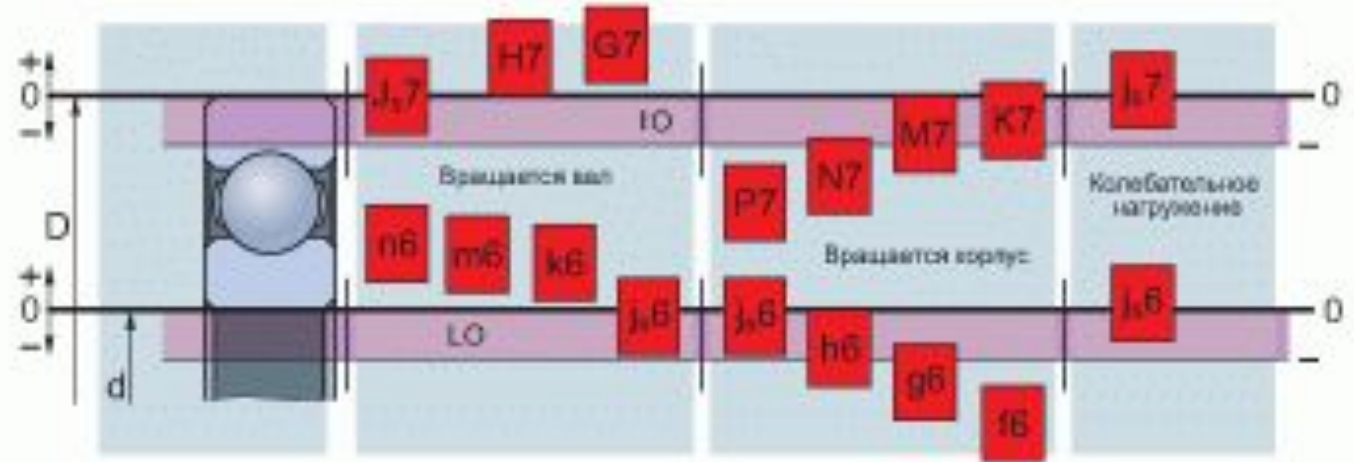
Сборочная единица



ОБОЗНАЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ВАЛАМ И КОРПУСАМ



Поля допусков валов и отверстий для соединения с подшипниками качения



2. Нормирование точности шпоночных и шлицевых соединений

Шпоночные соединения

- **Шпоночным соединением** называют соединение вала с установленной на нем втулкой посредством шпонки, т. е. детали, представляющей собой призматический, клинообразный или сегментный брусок.
- Различают соединения с *призматическими, сегментными и клиновыми шпонками* (рис. 4.12, 4.14, 4.15).

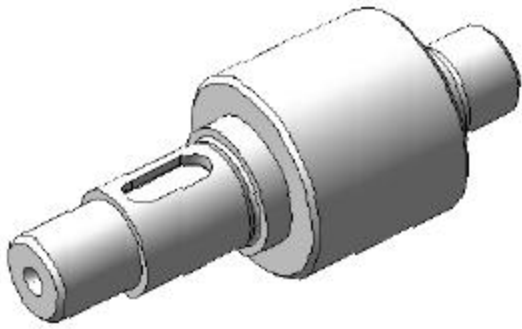


Рис. 4.10. Вал со шпоночным пазом



Рис. 4.11. Шестерня со шпоночным пазом

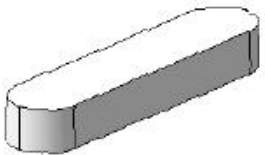


Рис. 4.12. Шпонка призматическая

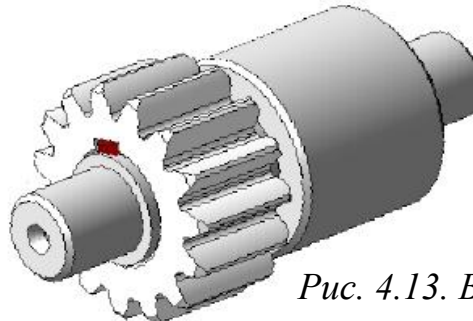


Рис. 4.13. Вал и шестерня, соединенные шпонкой

Продолжение 2 вопроса



Рис. 4.14. Шпонка сегментная

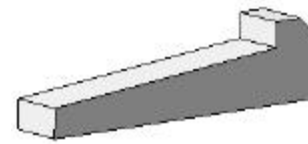


Рис. 4.15. Шпонка клиновая

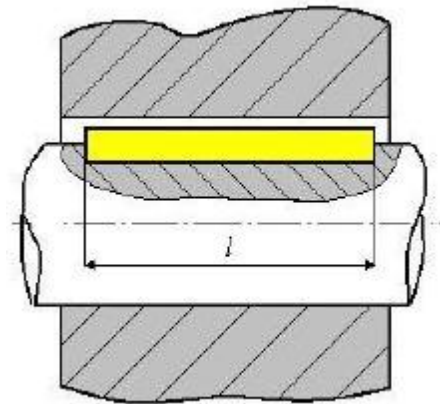
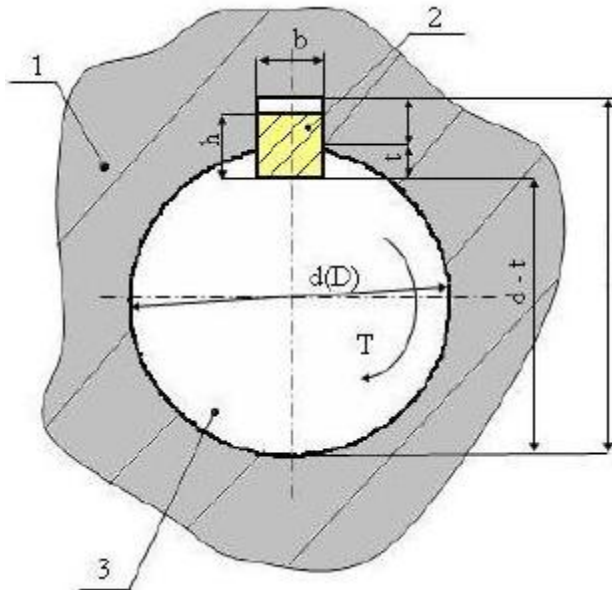


Рис. 4.16. Соединение призматической шпонкой,
1– втулка; 2– шпонка; 3– вал; t – глубина шпоночного паза на валу; t_1 – глубина шпоночного паза во втулке; l – длина шпонки; T – крутящий момент; d – диаметр вала; D – диаметр отверстия втулки

- Условное обозначение шпонки: **$b \times h \times l$** ;
- **b** – ширина шпонки; **h** – высота шпонки; **l** – длина шпонки.
- **Например:** 18x11x100 ГОСТ 23360-78.

Продолжение 2 вопроса

- **Нормирование точности шпонок** производится в зависимости от их габаритных размеров. Для ширины шпонки (b) нормируется одно поле допуска $h9$. Для высоты (h) – обычно поле допуска $h11$ и $h9$ (для шпонок высотой 2...6мм поле допуска $h9$) и для длины (l) – поле допуска $h14$.
- **Нормирование точности шпоночных пазов** на валу и во втулке задаются в зависимости от вида сопряжений, которые разделяются на три группы с различными требованиями к точности ширины пазов:
 - 1. Свободное.
 - 2. Нормальное.
 - 3. Плотное.
- **Свободное соединение** – это соединение с гарантированным зазором.
- **Нормальное соединение** – это соединение с переходной посадкой с большей вероятностью получения зазора.
- **Плотное соединение** – это соединение с переходной посадкой и с приблизительно равной вероятностью зазоров и натягов.

Продолжение 2 вопроса

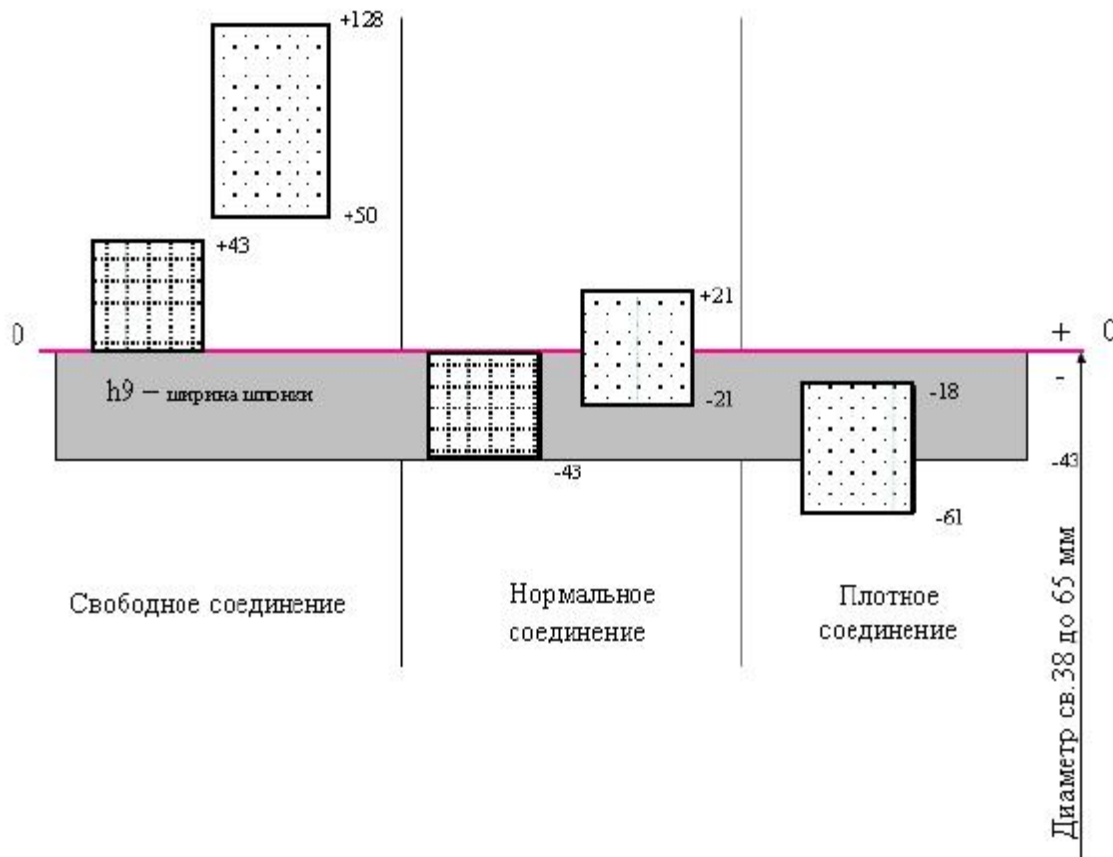


Рис. 4.17. Поля допусков соединения призматическими шпонками для валов от 38 до 65мм и сечения шпонки ($h \times b$): 12x8; 14x9; 16x10; 18x11

- Требования к точности *глубины пазов* установлены в пределах от $-0,1$ до $-0,3$ мм на валу и от $+0,1$ до $+0,3$ мм во втулке, в зависимости от номинального размера. На длину паза установлено одно поле допуска **H15**.
- Сопряжение шпонок с валом и втулкой производится в *системе вала*, т. е. дается одно поле допуска для ширины шпонки (вала) (h9) и пять полей допусков для ширины паза у втулок и валов (см. рис. 4.17).

Продолжение 2 вопроса

- На чертеже точность изготовления шпоночных пазов на валу и во втулке нормируют так, как показано на рис. 4.18, 4.19

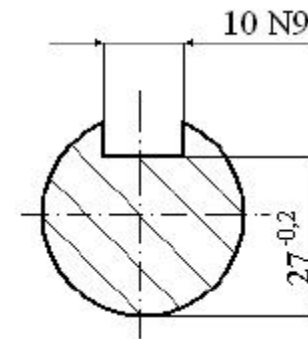
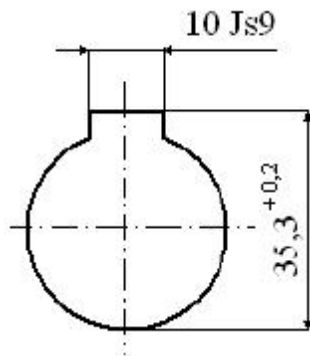
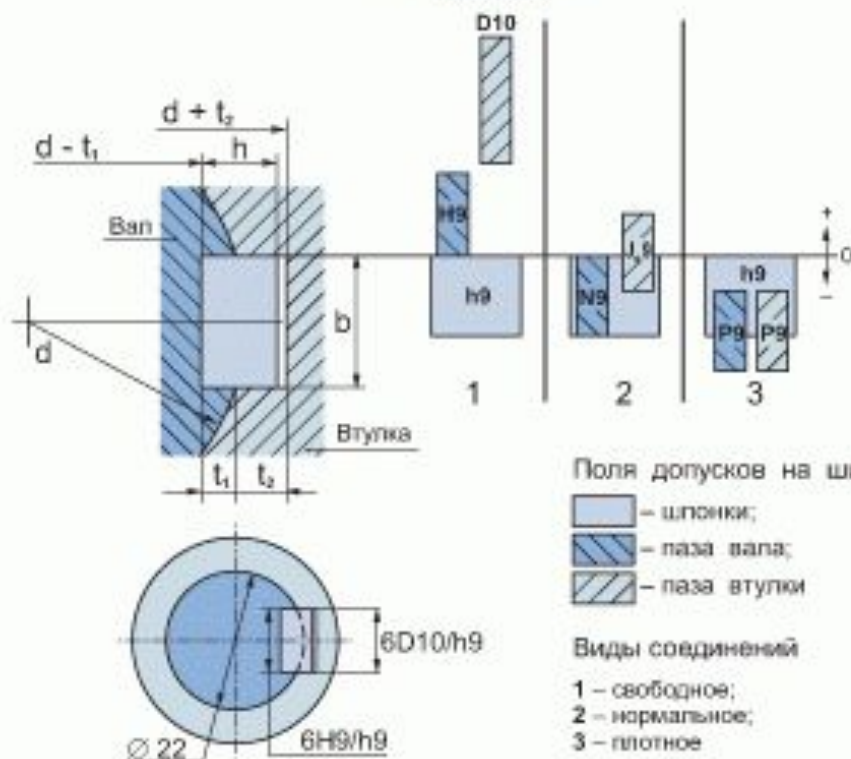
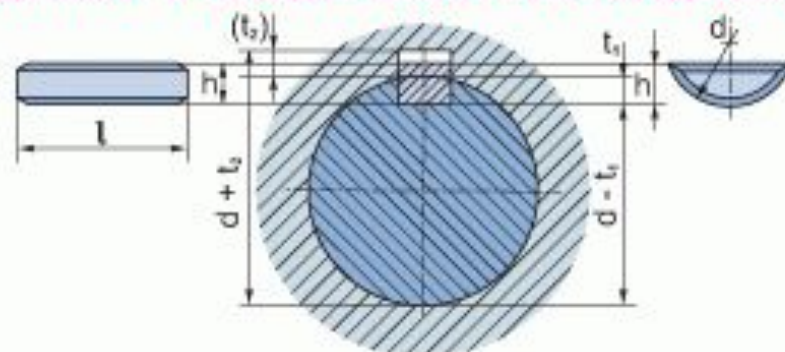


Рис. 4.18. Нормирование точности шпоночного паза во втулке

Рис. 4.19. Нормирование точности шпоночного паза на валу

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



КАЛИБРЫ ДЛЯ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

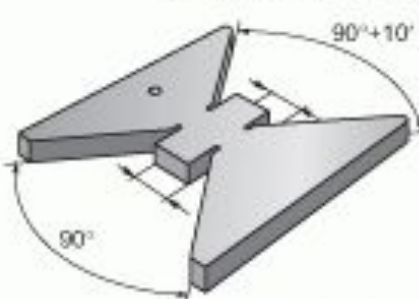
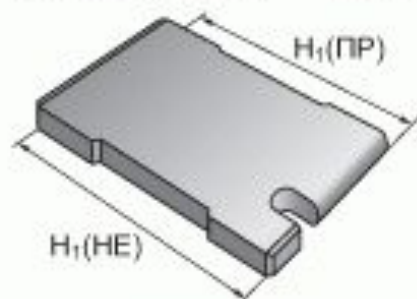
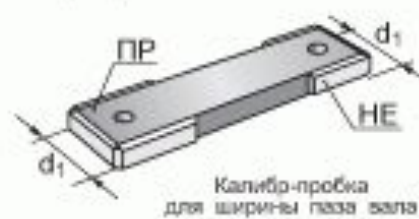
Калибры для контроля
втулок с пазами



Калибры для контроля
валов с пазами



Позлементные калибры-пробки



Шлицевые соединения

- Шлицевым соединением (Ш.С.) называется разъемное соединение вала с втулкой, когда на валу имеются зубья (выступы), а во втулке – соответствующие впадины (шлицы) (рис. 4.20, 4.21, 4.22).

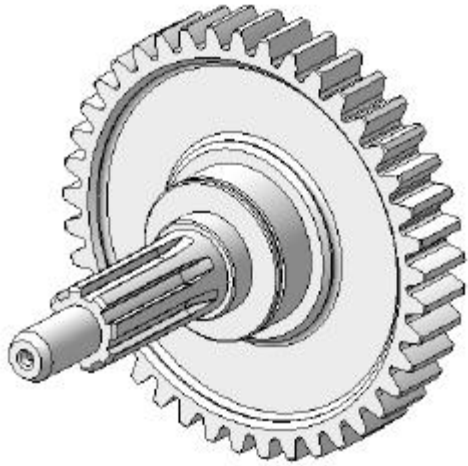


Рис. 4.20. Вал шестерня со шлицами

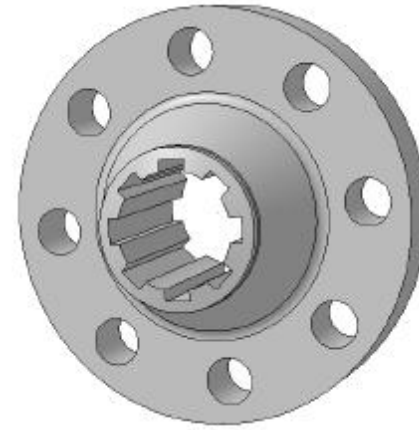


Рис. 4.21. Втулка со шлицами

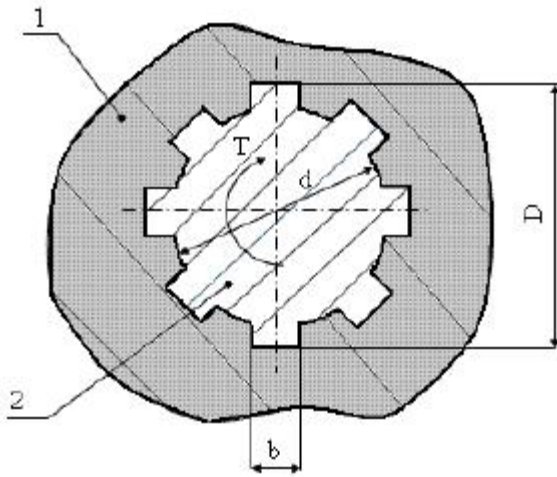


Рис. 4.22. Шлицевое соединение,
 1 – втулка; 2 – вал; D – наружный диаметр;
 d – внутренний диаметр; b – ширина шлицев;
 T – крутящий момент

Продолжение 2 вопроса

- **Основное назначение Ш.С.** – это передача крутящего момента. Охватывающую поверхность внутреннего цилиндра обычно в этих соединениях называют *втулкой*.
- Различают *прямобоочные, эвольвентные и треугольные* шлицевые соединения.
- При выборе размеров шлицевых соединений (ГОСТ 1139-80), выделяют *легкие, средние и тяжелые* серии, которые отличаются, в основном, разными сочетаниями чисел зубьев (шлицев – z), размерами внутреннего (d) и наружного (D) диаметров и шириной (b) зуба (паза).

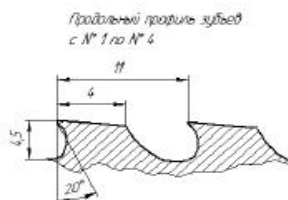
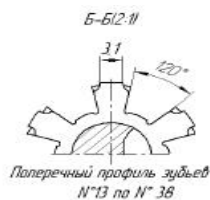
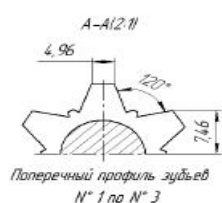
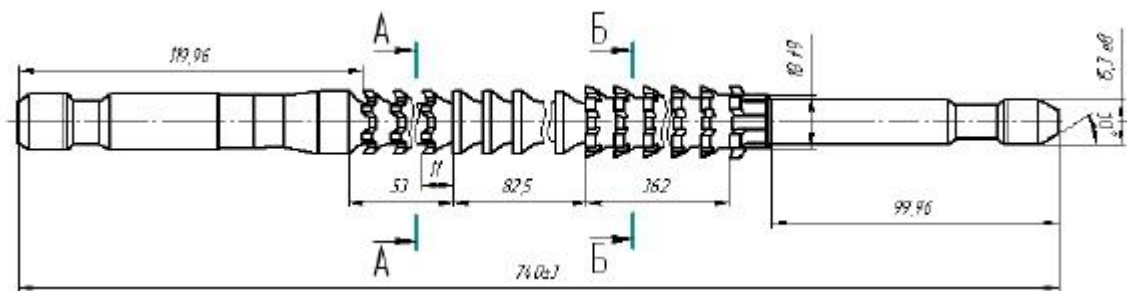
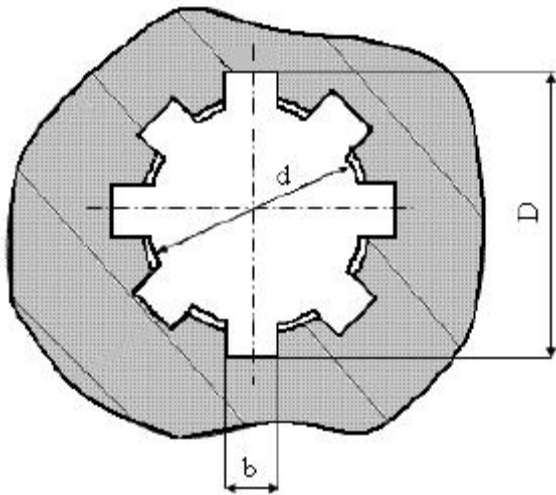


Рис. 4.23. Шлицевая протяжка

Продолжение 2 вопроса

- *Особенностью Ш.С. является то, что посадка деталей осуществляется одновременно по трем поверхностям: по наружной поверхности, по внутренней и по боковым сторонам шлицев.*
- *Центрирование при образовании шлицевого соединения обеспечивается совмещением осей вала и втулки. Различают три вида центрирования: по наружному диаметру (D), по внутреннему диаметру (d), по боковым сторонам шлицев (b).*
- **Центрирование по (D)** используется для подвижных и неподвижных соединений, при передаче небольших крутящих моментов и в других соединениях, подвергаемых малому износу. Этот способ центрирования наиболее простой и экономичный (рис.4.24).



с. 4.24. Центрирование по наружному диаметру

Продолжение 2 вопроса

- *Подвижное соединение:* наружный диаметр втулки (D) – **H7**; наружный диаметр вала (D) – **f7, g6, h7**; ширина шлицев втулок (b) – **D9, F8, F10**; ширина шлицев на валу (b) – **d9, h9, f7, f8**.
- **Пример:** H7/f7; H7/g6; H8/h7 для **D** и D9/d9; F8/f8; F10/h9 для **b**.
- *Неподвижное соединение:* наружный диаметр втулки (D) – **H7**; наружный диаметр вала (D) – **js6**; ширина шлицев втулок (b) – **F8**; ширина шлицев на валу (b) – **js7**.
- **Пример:** H7/js6 для **D** и F8/js7 для **b**.
- **Центрирование по (d)** используется для получения высокой точности совмещения осей вала и втулки. Этот способ центрирования дорогой, но наиболее точный (рис.4.25).

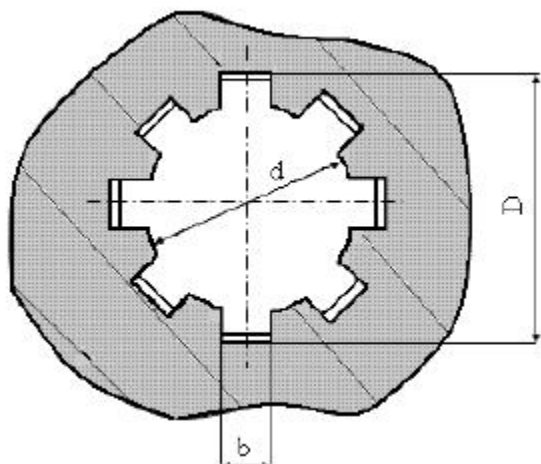


Рис. 4.25. Центрирование по внутреннему диаметру

Продолжение 2 вопроса

- *Подвижное соединение:* внутренний диаметр (d) втулки – **H8, H7**; внутренний диаметр (d) вала – **e8, f7, g6, h7**. Ширина шлицев втулок (b) – **D9, F10**;
- ширина шлицев на валу (b) – **d9, f9**.
- **Пример:** H8/e8; H7/g6; H7/f7 для **d** и D9/d9; D9/f9; F10/f9 для **b**.
- *Неподвижное соединение:* внутренний диаметр (d) втулки – **H8, H7**; внутренний диаметр (d) вала – **h7, js7, n6**; ширина шлицев втулок (b) – **H8, F10**; ширина шлицев на валу (b) – **h8, h9**.
- **Пример:** H7/h7; H7/js7; H7/n7 для **d** и H8/h8; F10/h9 для **b**.
- **Центрирование по (b)** используется, когда необходимо передать большие крутящие моменты, особенно при знакопеременной нагрузке, тем более с реверсированием. Применяется значительно реже.

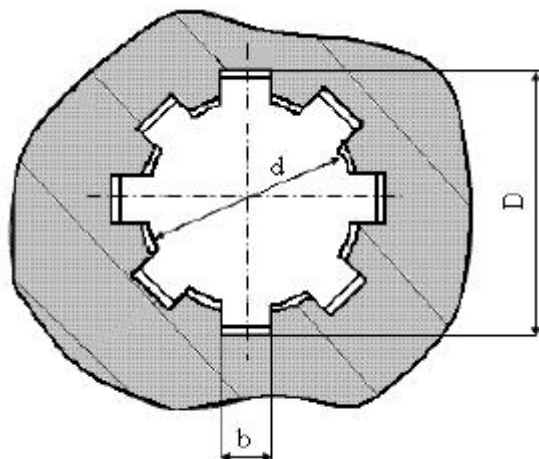


Рис. 4.26. Центрирование по боковым сторонам шлицев

Продолжение 2 вопроса

- *Подвижное соединение*: ширина шлицев втулок (b) – **D9, F10**; ширина шлицев на валу (b) – **d9, e8, f8**.
- **Пример**: D9/e8; D9/f8; F10/d9 для **b**.
- *Неподвижное соединение*: ширина шлицев втулок (b) – **F8**; ширина шлицев на валу (b) – **js7**. **Пример**: F8/js7 для **b**.
- **Поля допусков на размеры не центрирующих поверхностей:**
-
- *При центрировании по наружному диаметру (D) или по боковым сторонам шлицев (b)*: внутренний диаметр (d) втулки – **H11** (подвижное и неподвижное соединение). Внутренний диаметр (d) вала не нормируется
- *При центрировании по внутреннему диаметру (d) или по боковым сторонам шлицев (b)*: наружный диаметр вала (D) – **a11, f9, h10** (подвижное и неподвижное соединение). Наружный диаметр втулки (D) – **H11, H12** (подвижное и неподвижное соединение).
- **Пример**: **H12/a11** для **D** при центрировании по **d** или **b**.

Продолжение 2 вопроса

• Условное обозначение прямобочных шлицевых соединений валов и втулок

- При условном обозначении прямобочного шлицевого соединения на первом месте указывается центрирующая поверхность, затем число шлицев, после этого внутренний диаметр соединения и посадка по этому диаметру, затем наружный диаметр и посадка по этому диаметру и в последнюю очередь указывается ширина шлицев и посадка шлицев вала в соответствующие пазы втулки.
 - Центрирование по внутреннему диаметру (d):

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{js7} \times 40 \times 7 \frac{F10}{h9}$$

- Это обозначение указывает, что Ш.С. образовано при центрировании по внутреннему диаметру (d), имеет число зубьев **z=8**, значение внутреннего диаметра **d=36мм** и посадка по внутреннему диаметру **H7/js7**, значение наружного диаметра **D=40мм** и посадка по этому диаметру **H12/a11**, значение ширины шлицев **b=7мм** и посадка по шлицам **F10/h9**.
- Допускается *сокращенное обозначение*, при котором посадка на нецентрирующую поверхность может не указываться. При этом посадка по ширине шлицев указывается всегда.

Продолжение 2 вопроса

- На рис. 4.27, 4.28, 4.29 приводятся примеры обозначения шлицевых соединений и их элементов на чертежах.

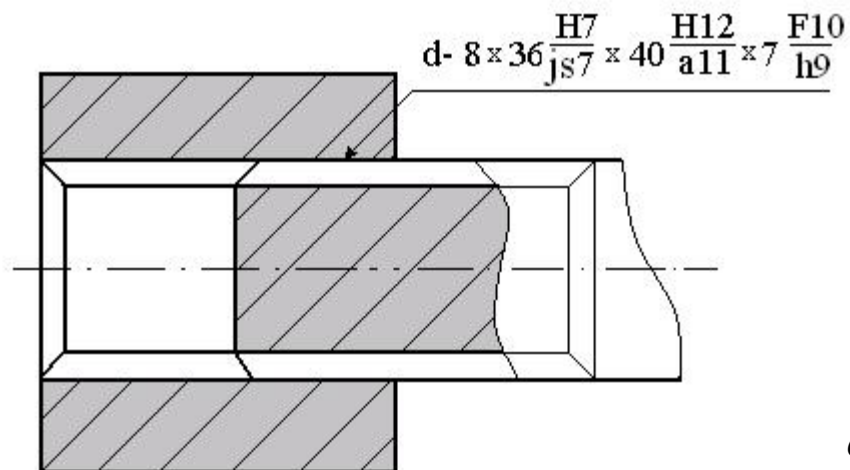


Рис. 4.27. Условное обозначение прямоугольного шлицевого соединения на сборочном чертеже

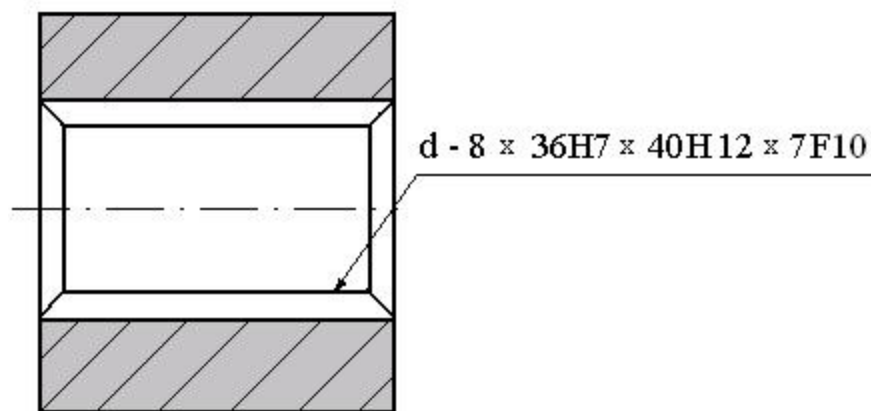


Рис. 4.28. Условное обозначение шлицев во втулке

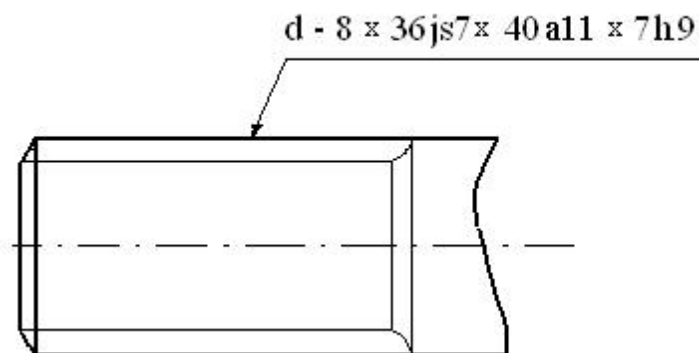
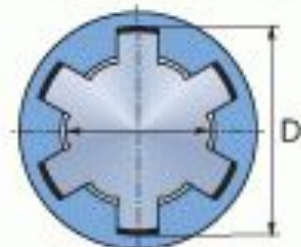


Рис. 4.29. Условное обозначение шлицев на валу

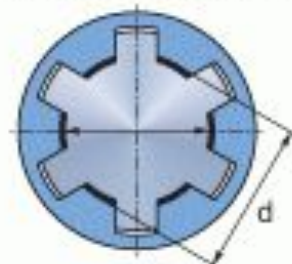
ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Вид центрирования: по D



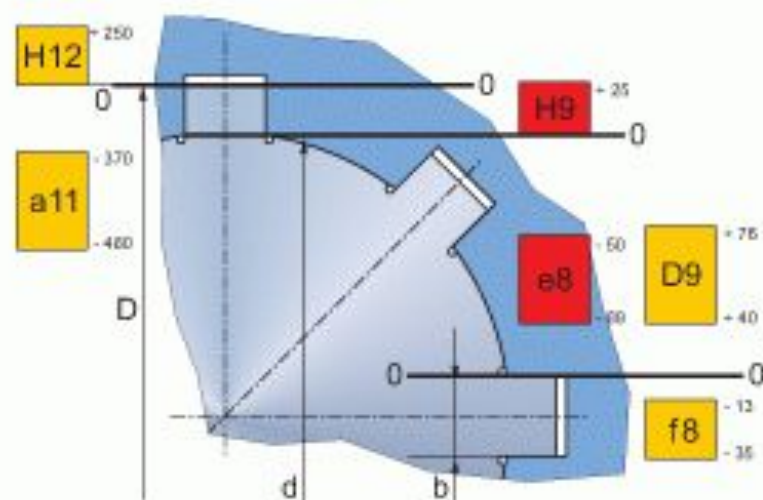
$D - 8 \times 36 \times 40 H7/h7 \times 7 D9/f8$

Вид центрирования: по d



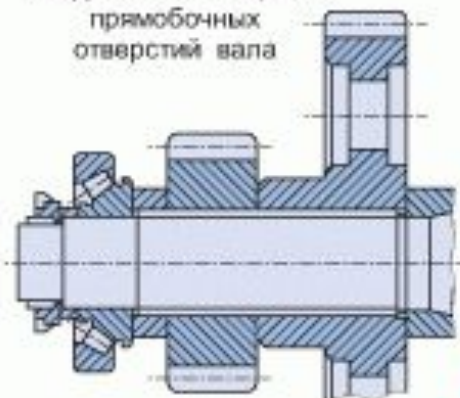
$d - 8 \times 36 H8/e8 \times 40 H12/a11 \times 7 D9/f8$

Поля допусков элементов деталей и обозначение допусков:
при центрировании по d

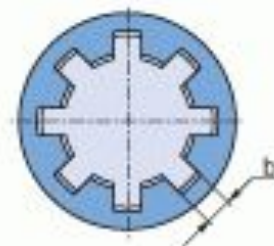


ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Соединения шлицевых
прямобоочных
отверстий вала

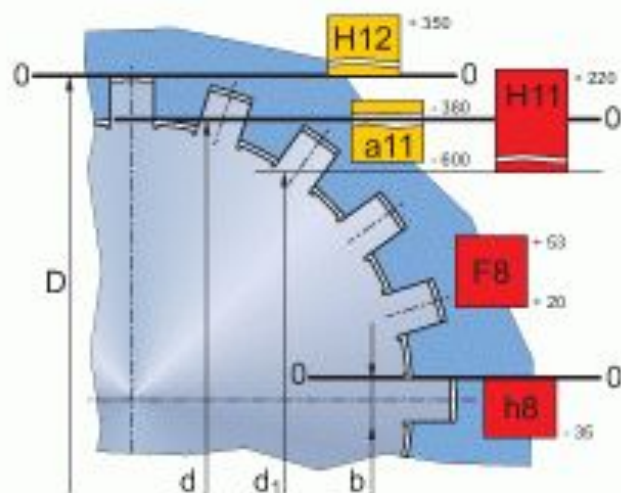


Вид центрирования: по **b**



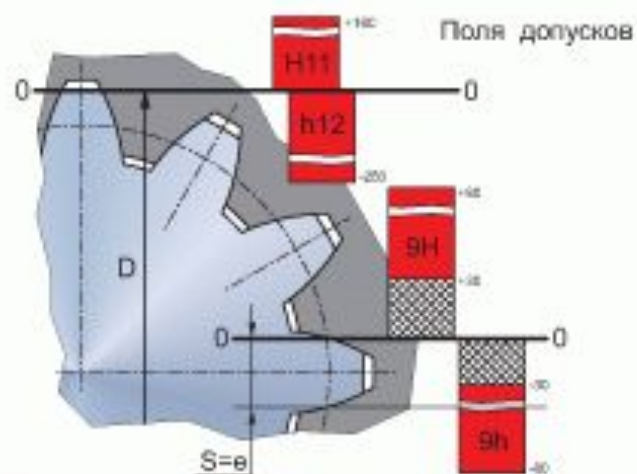
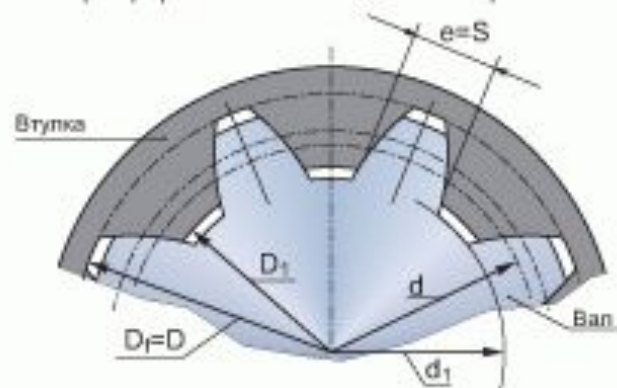
$b - 8 \times 36 \times 40H12/a11 \times 7D9/f8$

Поля допусков элементов деталей и обозначение допусков:
при центрировании по **b**



ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

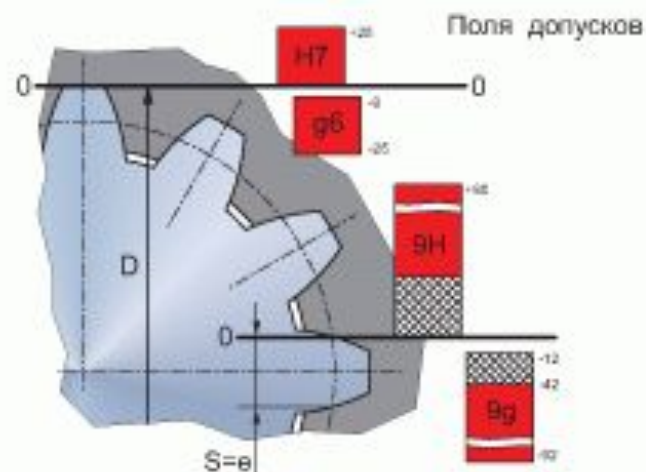
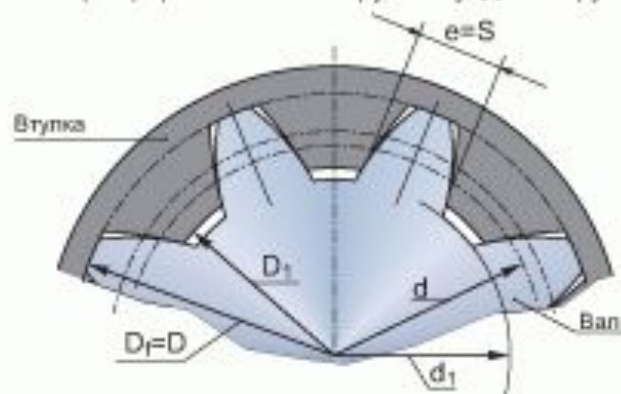
Центрирование по боковым сторонам



35×2,5×9H/9g ГОСТ 6033-80

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Центрирование по наружному диаметру



50×H7/g6×2 ГОСТ 6033-80

3. Нормирование точности метрической резьбы

Резьбовые соединения, используемые в машиностроении

- **Резьбовым соединением** называется соединение двух деталей с помощью резьбы, т. е. элементов деталей, имеющих один или несколько равномерно расположенных винтовых выступов постоянного сечения, образованных на боковой поверхности цилиндра или конуса.
- Наружную резьбу для краткости называют *болтом (винтом)* (рис. 4.30), а внутреннюю – *гайкой* (рис. 4.31).

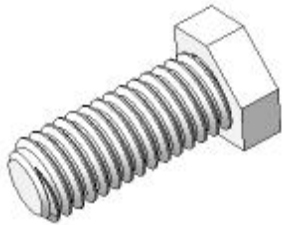


Рис. 4.30. Болт (винт)



Рис. 4.31. Гайка

- **Профилем резьбы** называется общий для наружной и внутренней резьбы контур сечения канавок и выступов в продольной плоскости, проходящей через ось резьбы.
- *В зависимости от профиля*, т. е. от вида фигуры в сечении, резьба бывает треугольной, трапециидальной, упорной (пилообразной), круглой, прямоугольной и трубной (рис. 4.32).

Продолжение 3 вопроса

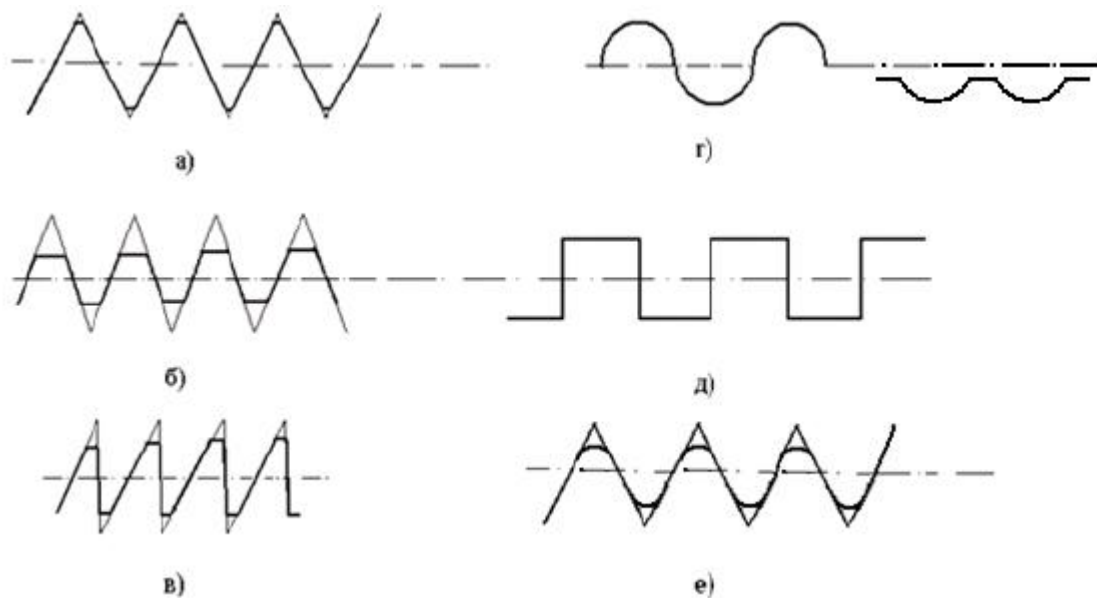


Рис. 4.32. Профили резьбы
а) треугольная;
б) трапециидальная;
в) упорная (пилообразная);
г) круглая;
д) прямоугольная;
е) трубная

- По назначению различают резьбы общего применения и специальные. В зависимости от вида поверхности, на которой она получена, резьба разделяется на цилиндрическую и коническую. Кроме того резьбы разделяют на наружные и внутренние.
- По числу заходов резьбы бывают однозаходные и многозаходные.
- В зависимости от направления вращения контура осевого сечения: резьбы делятся на правые и левые.
- По принятой единице измерения линейных размеров: резьбы делятся на метрические и дюймовые.

Продолжение 3 вопроса

- По области применения резьбы бывают следующих видов:
- **1. Крепежная резьба:** используется для обеспечения разъемного соединения.
- **2. Кинематическая резьба:** используется для преобразования вращательных движений в поступательные в винтовых механизмах.
- **3. Трубная и арматурная резьба:** трубная цилиндрическая и коническая используются для соединения труб в нефтеперерабатывающей промышленности, сантехническом оборудовании и т.п. Эти резьбы обычно имеют треугольный профиль ($\alpha=55^\circ$) со скругленными вершинами и впадинами. Редко применяется в машиностроении.

Номинальный профиль метрической резьбы и ее основные параметры

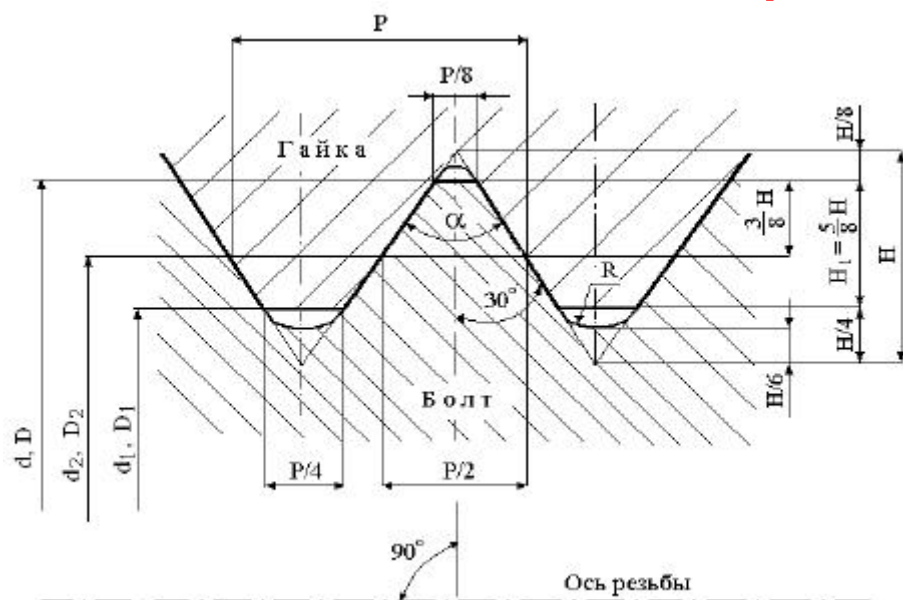


Рис. 4.33. Профиль метрической резьбы и ее основные параметры

- H – высота исходного профиля, H_1 – рабочая высота профиля,
- P – шаг резьбы, $\alpha = 60^\circ$ – угол профиля резьбы,
- d, D – наружный диаметр резьбы болта и гайки,
- d_1, D_1 – внутренний диаметр резьбы болта и гайки,
- d_2, D_2 – средний диаметр резьбы болта и гайки,
- R – номинальный радиус закругления впадины болта.
- Исходная высота профиля H установлена в зависимости от шага резьбы и равна **$0,8660254 P$** .

Продолжение 3 вопроса

Кроме того элементами резьбы являются:

- **Угол подъема резьбы (Ψ)** – это угол, образованный касательной к винтовой линии резьбы и плоскостью перпендикулярной к оси резьбы (рис.4.34).

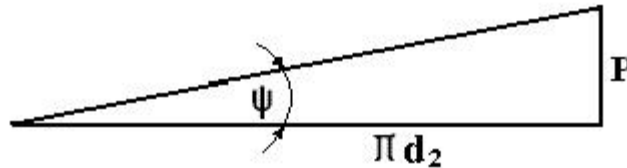


Рис. 4.34. Угол подъема резьбы

- Угол подъема резьбы (Ψ) измеряется по среднему диаметру резьбы (d_2) и от него зависит шаг резьбы (P).

$$\operatorname{tg} \Psi = P n / \pi d_2, \quad n - \text{число заходов резьбы}$$

- **Длина свинчивания (l)** – это длина взаимного соприкосновения наружной и внутренней резьбы в осевом направлении. Часто этот элемент называют *высотой гайки*.
- Стандартом (СЭВ 640–77) установлены **три группы свинчивания**:
- S – короткие ($< 2,24 \cdot P \cdot d^{0,2}$),
- N – нормальные ($2,24 \cdot P \cdot d^{0,2} \dots 6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$),
- L – длинные ($> 6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$).
- Резьбовые соединения по характеру соединения образуют посадки с натягом, с зазором и переходные. Однако подавляющее распространение имеют *посадки с зазором*.

Продолжение 3 вопроса

Используются при нормировании точности резьбы элементы:

- **Наружный диаметр резьбы** (d, D) (номинальный диаметр резьбы) – это диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы (болта) или по впадинам внутренней резьбы (гайки).
- **Внутренний диаметр резьбы** (d_1, D_1) – это диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы (болта) или в вершины внутренней резьбы (гайки).
- **Средний диаметр резьбы** (d_2, D_2) – это диаметр воображаемого цилиндра, соосного с резьбой, каждая образующая которого пересекает профиль таким образом, что отрезок между точками профилей соседних витков, образованный при пересечении с канавкой, равен половине номинального шага.
- **Шаг резьбы** (P) – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля, лежащих в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы. Шаги резьбы условно разделяют на *крупные* и *мелкие*.
- **Угол профиля резьбы** (α) – это угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения.

Продолжение 3 вопроса

- **Нормируемые параметры метрической резьбы для посадок с зазором**

- Взаимозаменяемость резьбы достигается тем, что ограничивают предельные контуры профиля резьбы болта и гайки на длине свинчивания (рис. 4.35).

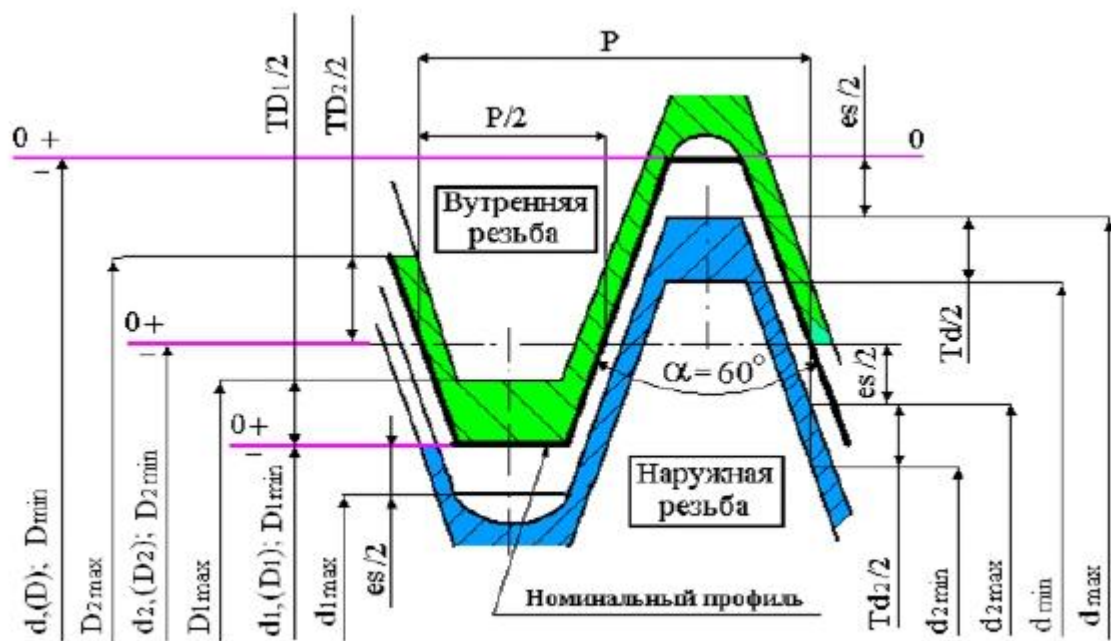


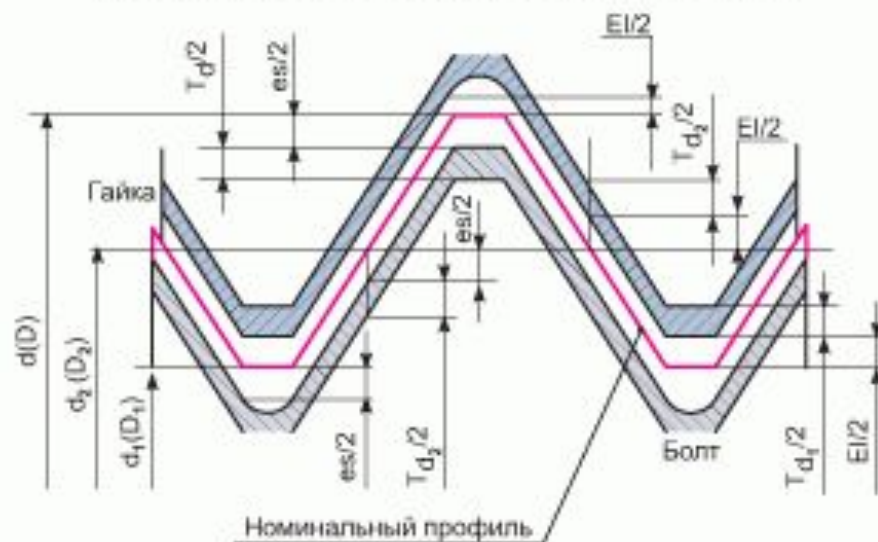
Рис. 4.35. Расположение полей допусков метрической резьбы при посадке с зазором

- Нормируется точность :

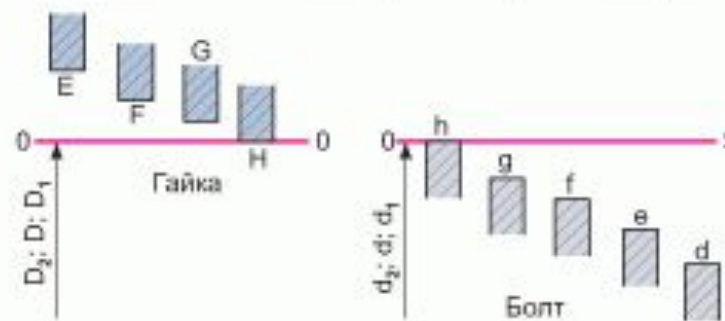
- *наружного диаметра болта (Td),*
- *внутреннего диаметра гайки (TD_1),*
- *среднего диаметра болта и гайки (Td_2 , TD_2).*

МЕТРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА

Расположение полей допусков болта и гайки



Основные отклонения при посадке с зазором



Продолжение 3 вопроса

• Компенсация ошибок шага

- Погрешность шага у резьбы бывает двух видов: *местная погрешность* (внутришаговая) и *прогрессирующая погрешность* (растяжка шага). Компенсация погрешности осуществляется для прогрессирующей погрешности.
- Сущность компенсации ошибок шага заключается в увеличении (для болта) и уменьшении (для гайки) среднего диаметра резьбы на величину компенсации.

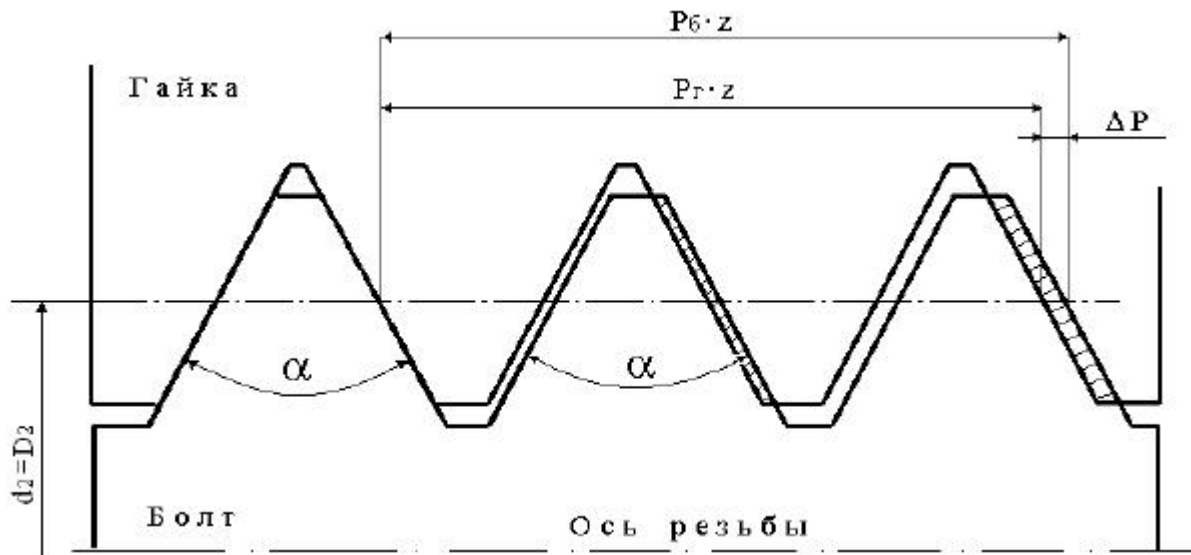


Рис. 4.35. Расположение полей допусков метрической резьбы при посадке с зазором

Продолжение 3 вопроса

- **Компенсация ошибок шага**

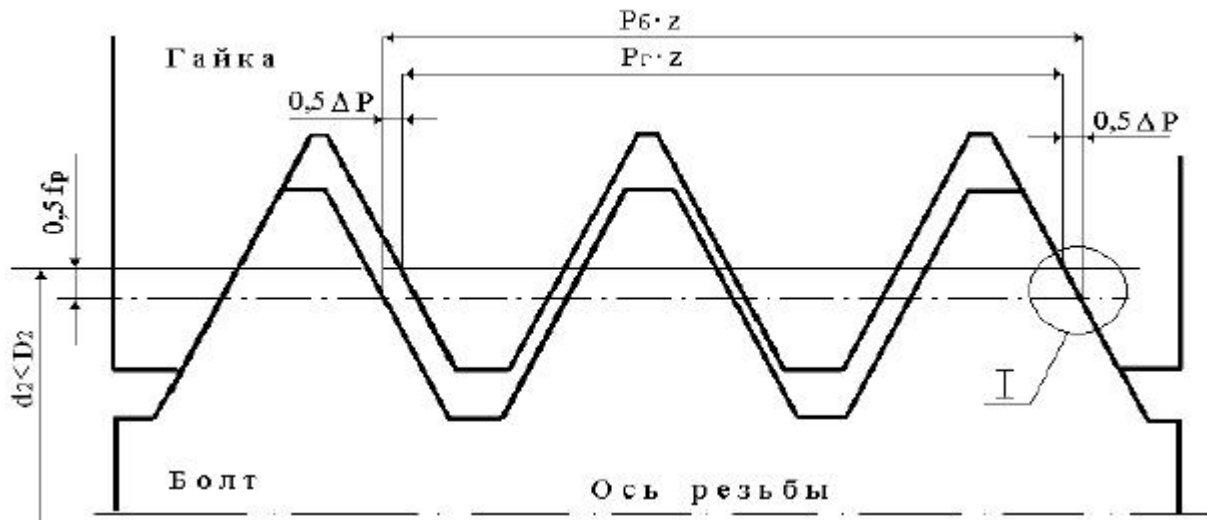


Рис. 4.35. Расположение полей допусков метрической резьбы при посадке с зазором

- Для определения величины компенсации f_p рассмотрим схему на рис. 4.38

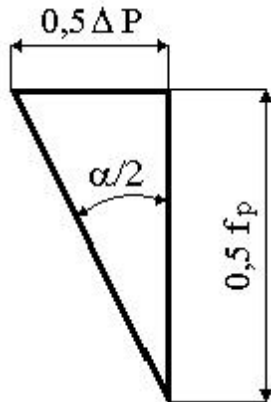


Рис. 4.37. Схема для определения величины компенсации погрешности шага (f_p)

- $\text{ctg}(\alpha / 2) = 0,5 f_p / 0,5 \cdot \Delta P,$
 - $f_p = \Delta P \cdot \text{ctg}(\alpha / 2),$
 - $f_p = 1,732 \cdot \Delta P.$

Продолжение 3 вопроса

• Компенсация погрешности угла профиля

- *Погрешность угла профиля* или угла наклона боковой стороны возникает, обычно, от погрешности профиля режущего инструмента или погрешности его установки на станке относительно заготовки.
- *Компенсация* погрешности профиля резьбы производится также изменением значения среднего диаметра, т. е. увеличением среднего диаметра гайки или уменьшением среднего диаметра болта.
- Величина $f\alpha$ для метрической резьбы:
 - $f\alpha \approx 0,36 \cdot P \cdot \Delta / 2$, мкм, где $\Delta / 2$, мин.
- Значение приведенного диаметра для *внутренней резьбы гайки* определяют по формуле: $D_{2пр} = D_{2д} - f_p - f\alpha$,
- $D_{2д}$ – действительное (измеренное) значение среднего диаметра гайки, мм
- Значение приведенного диаметра для *наружной резьбы болта* определяют по формуле: $d_{2пр} = d_{2д} + f_p + f\alpha$,
- $d_{2д}$ – действительное (измеренное) значение среднего диаметра болта, мм
- *Зазор* в резьбовом соединении определяется по формуле:
 - $S = D_{2пр} - d_{2пр}$.

ОТКЛОНЕНИЕ ШАГА P И ДИАМЕТРАЛЬНАЯ ЕГО КОМПЕНСАЦИЯ (p)



ОТКЛОНЕНИЕ ПОЛОВИНЫ УГЛА ПРОФИЛЯ И ДИАМЕТРАЛЬНАЯ ЕГО КОМПЕНСАЦИЯ



Продолжение 3 вопроса

- Суммарный допуск среднего диаметра резьбы

- $Td_2 (TD_2) = T'd_2 (T'D_2) + fp + f\alpha,$

- $T'd_2 (T'D_2)$ – допуск только на средний диаметр.

- **Поля допусков элементов метрической резьбы**

- Для резьбовых соединений основные отклонения обозначаются таким же образом, как и для гладких элементов детали: *прописные* латинские буквы для *гайки* (E, F, G, H) и *строчные* для *болтов* (d, e, f, g, h). Хотя величины этих отклонений не совпадают для резьбовых и гладких деталей (рис. 4.40, 4.41).

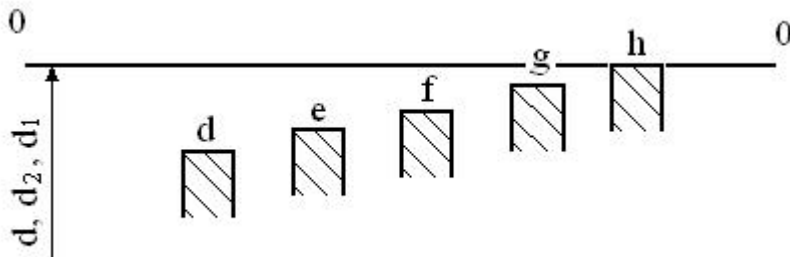


Рис. 4.40. Основные отклонения для резьбы болта (посадка с зазором)

- Ряды точности для резьбовых соединений получили название *степени точности* (у гладких сопряжений – *квалитеты*).

Продолжение 3 вопроса

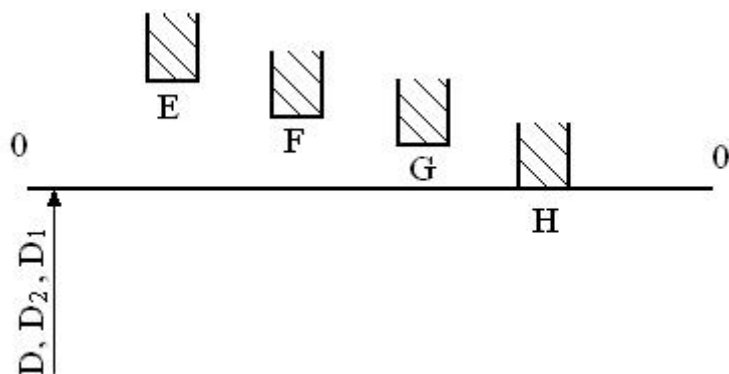


Рис. 4.41. Основные отклонения для резьбы гайки (посадка с зазором)

- Ряды точности – *степени точности* нормируются в значительно меньшем объеме, чем для гладких элементов.
- Для *наружного диаметра болта (d)* нормируется 4-я, 6-я и 8-я степень точности, а для *среднего диаметра (d_2)* – с 3-й по 10-ю степени.
- Для *внутреннего диаметра гайки (D_1)* нормируется с 4-й по 8-ю степени, а для *среднего диаметра (D_2)* с 4-ой по 9-ю степени.
- *Степень точности* в резьбовых соединениях указывается перед основным отклонением поля допуска: **6H; 7f**.

Таблица 4.5. Поля допусков резьбовых соединений (часто используемые)

Классы точности	Длина свинчивания	Наружная резьба	Внутренняя резьба
Точный	S		4H
	N	4g; 4h	4H5H; 5H
	L		6H
Средний	S	5g6g	5H
	N	6d; 6e; 6f; 6g ; 6h;	6G; 6H ;
	L	7g6g	7H

Продолжение 3 вопроса

• Обозначение резьбовых элементов

- **Пример** полного обозначения резьбового элемента по ГОСТ 16093-2004: для болта (наружная резьба): **M20 x 0,75 LH – 7g6g – 15**,
- для гайки (внутренняя резьба): **M30 x 0,5 LH – 4H5H – 10**.
- Расшифруем обозначение для болта (наружная резьба): резьба метрическая (M) с наружным (номинальным) диаметром **20 мм** и мелким шагом **0,75 мм** (крупный шаг не указывается), резьба левая (LH), поле допуска на средний диаметр болта **7g** (седьмая степень точности и основное отклонение **g**), поле допуска на наружный диаметр болта **6g**, длина свинчивания **15 мм** (нормальная длина свинчивания не указывается)..
- На практике часто используется самое короткое обозначение резьбового элемента:
- для болта (наружная резьба): **M40 – 6g**,
- для гайки (внутренняя резьба): **M30 – 5H**.
- Расшифровывается это обозначение следующим образом: резьба метрическая с номинальным наружным диаметром **40 мм**, резьба правая, шаг крупный. Для болта поле допуска на приведенный средний диаметр и на наружный диаметр одинаковое **6g**, длина свинчивания нормальная.

Продолжение 3 вопроса

- **Обозначение резьбы на рабочих чертежах**

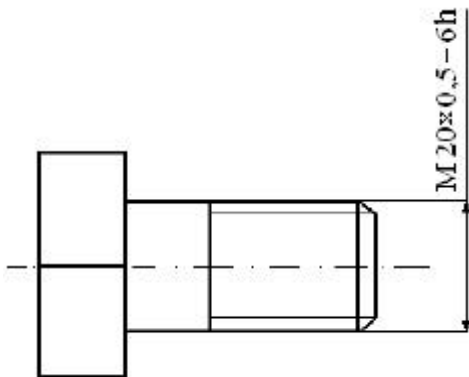


Рис. 4.42. Обозначение наружной резьбы на чертеже

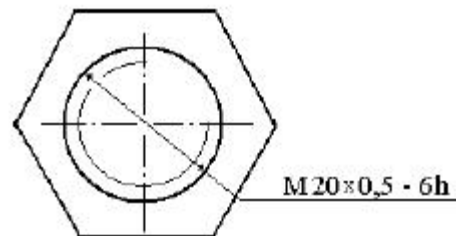


Рис. 4.43. Обозначение наружной резьбы на чертеже (вид справа)

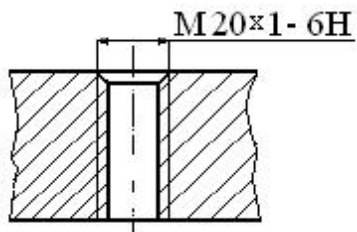


Рис. 4.44. Обозначение внутренней резьбы на чертеже

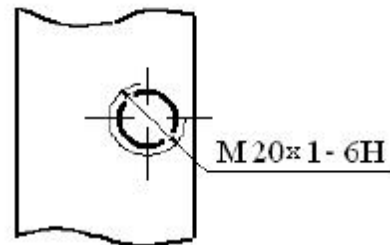


Рис. 4.45. Обозначение внутренней резьбы на чертеже (вид сверху)

Продолжение 3 вопроса

- **Обозначение резьбовых соединений**

- **Пример** полного обозначения резьбового сопряжения:
- **M20 x 0,75 LH – 4H5H/4g4h – 15.**
- Самое короткое обозначение:
- **M20 –7H/6g.**
- В числителе указываются поля допусков на средний диаметр и на внутренний диаметр для *гайки*, а в знаменателе нормируются поля допусков на средний и наружный диаметры, но для *болта* (рис. 4.46).

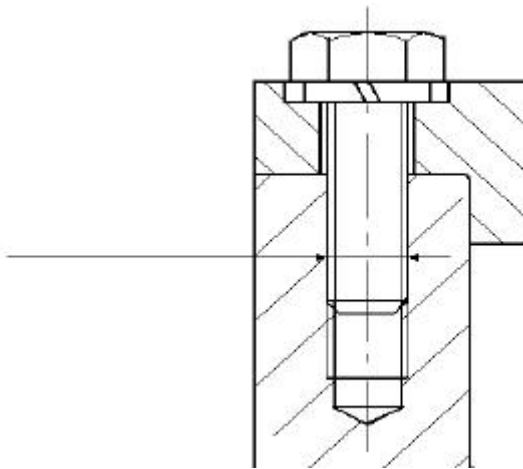


Рис. 4.46. Обозначение резьбового соединения на чертеже

4. Контроль резьбовых соединений

- Точность резьбы контролируют *дифференцированным и комплексным* методами.
- При *дифференцированном* методе производят контроль каждого параметра в отдельности (наружного, внутреннего и среднего диаметров, шага и угла профиля).
- Все параметры можно контролировать при помощи универсальных или специализированных средств контроля.
- Измерение среднего диаметра резьбы можно проводить на инструментальном микроскопе.
- При замерах на оптиметрах пользуются проволочками, а при измерениях микрометром – вставками

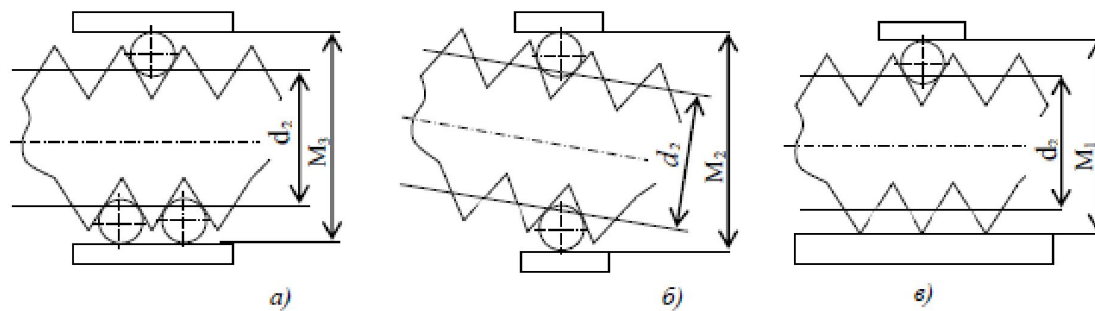


Рис.4.47. Схемы измерения среднего диаметра резьбы методом: а) трех проволочек; б) двух проволочек; в) одной проволочки

Продолжение 4 Вопроса

- *Комплексный* контроль резьб выполняют либо с помощью предельных калибров, либо с помощью проекторов и шаблонов с предельными контурами.
- В систему калибров входят рабочие резьбовые проходные и непроходные калибры, а также контракалибры для проверки и регулирования рабочих резьбовых скоб (рис.4.48) и колец (рис.4.49).



Рис.4.48. Резьбовые калибры скобы



Рис.4.49. Резьбовые калибры кольца:
а) проходной калибр кольцо;
б) непроходной калибр кольцо

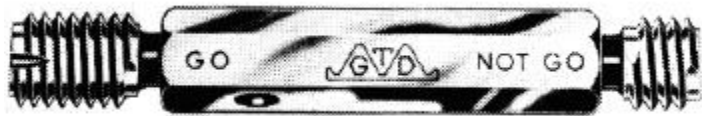
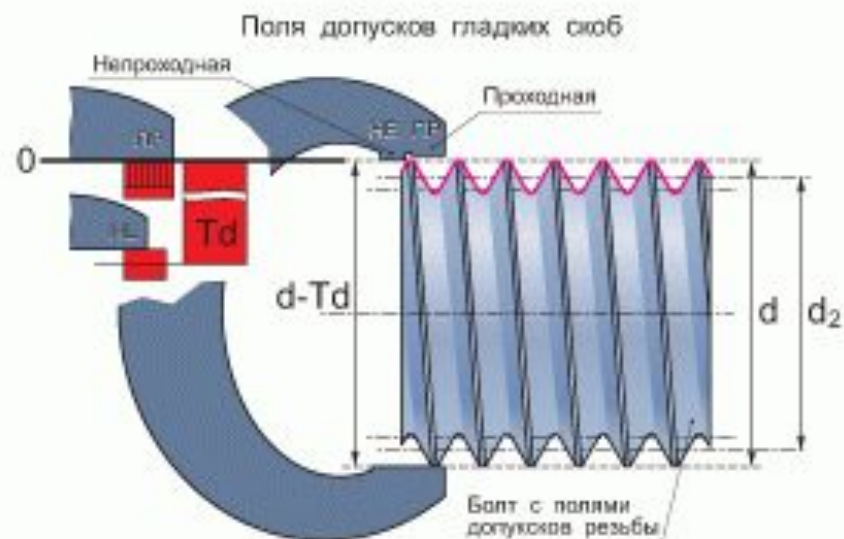


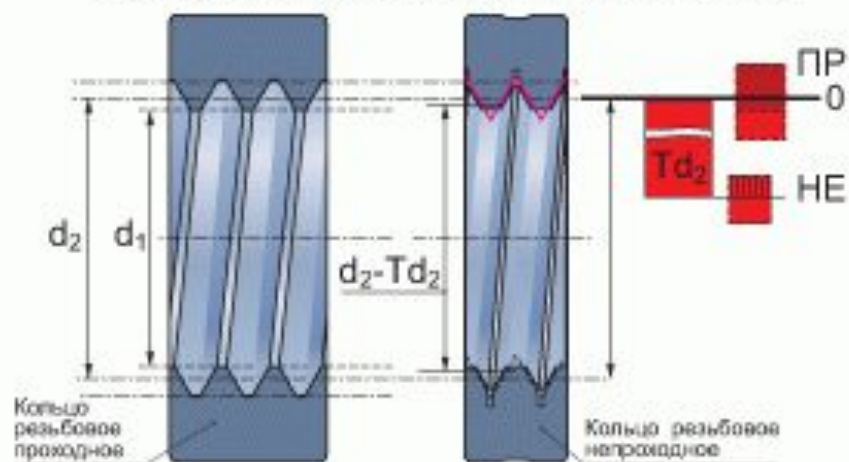
Рис.4.50. Резьбовой калибр пробка

КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБЫ

КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ БОЛТА

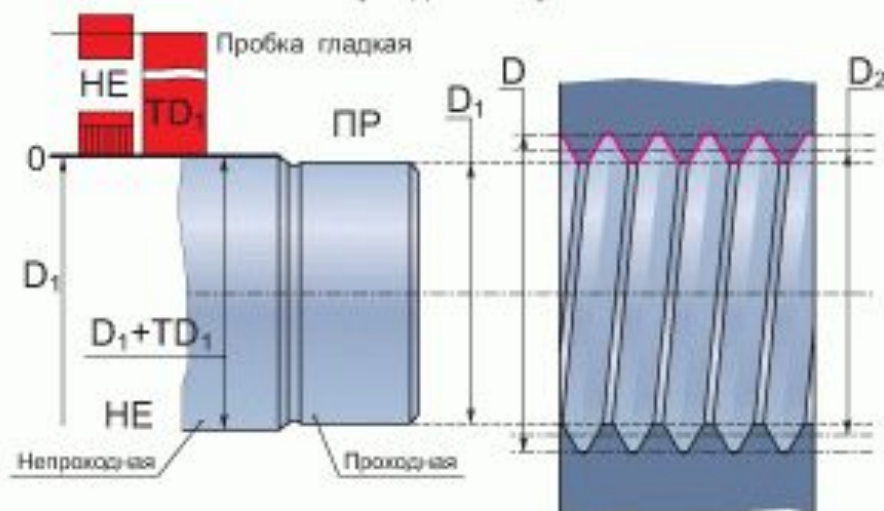


Поля допусков среднего диаметра резьбовых колец

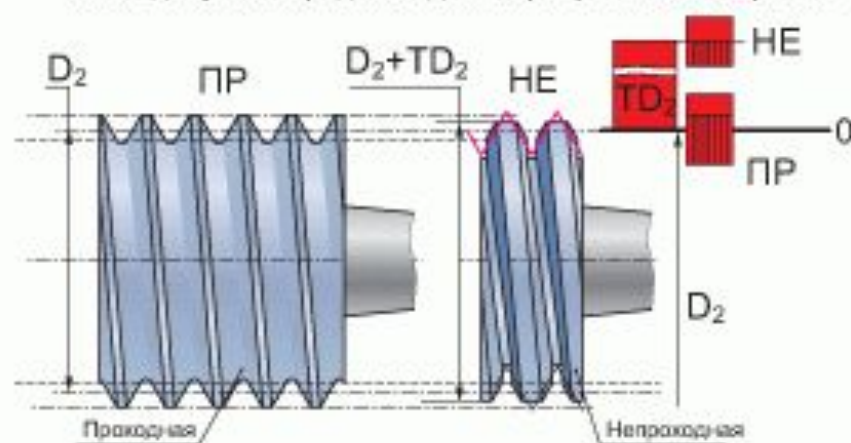


КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБЫ

Калибры для контроля гайки

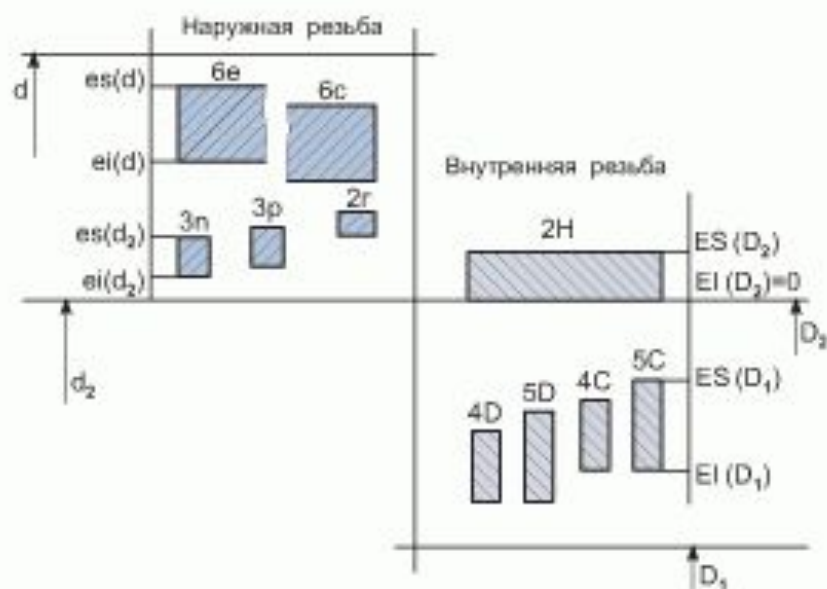
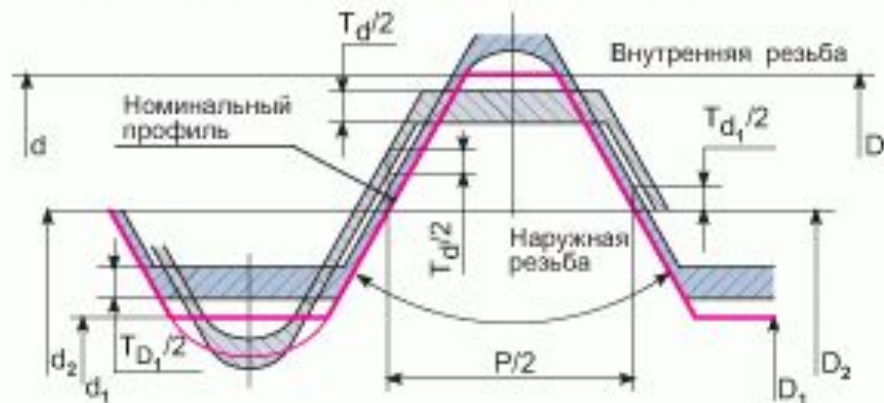


Поля допусков среднего диаметра резьбовых пробок



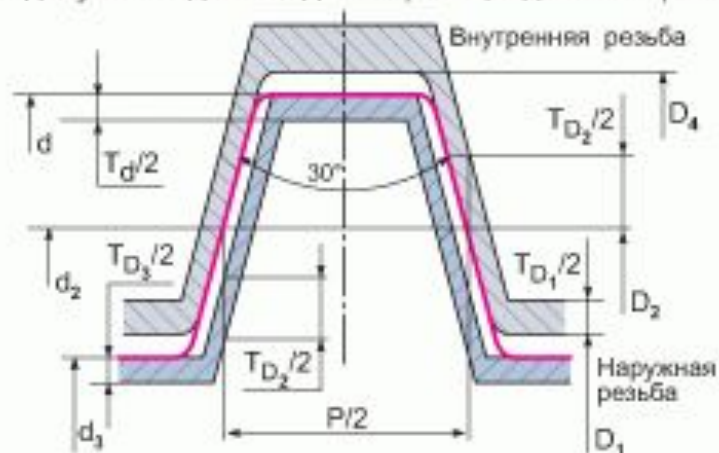
МЕТРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА

Расположение полей допусков резьбы с натягом



ХАРАКТЕРИСТИКА И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ КИНЕМАТИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

Поля допусков однозаходной трапецеидальной резьбы

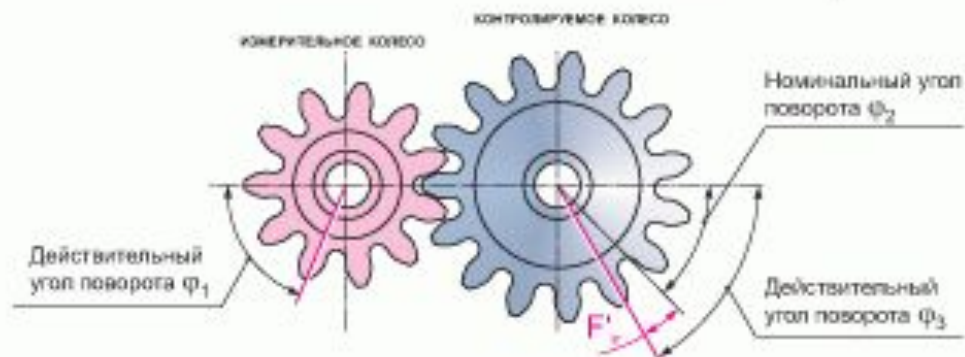


Поля допусков упорной резьбы

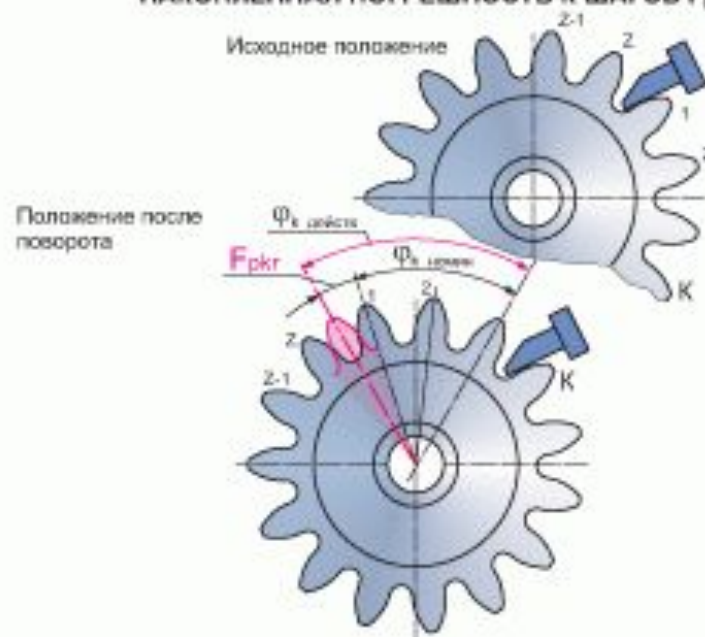


ПАРАМЕТРЫ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ КОЛЕСА F'_z



НАКОПЛЕННАЯ ПОГРЕШНОСТЬ К ШАГАМ F_{pkr}



ПАРАМЕТРЫ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

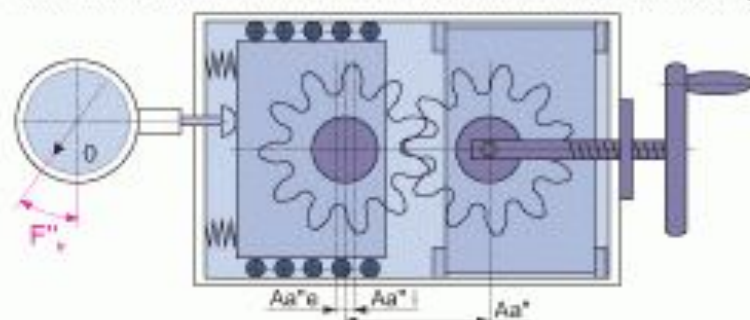
РАДИАЛЬНОЕ БИЕНИЕ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА F_r



КОЛЕБАНИЕ ДЛИНЫ ОБЩЕЙ НОРМАЛИ F_{vnt}

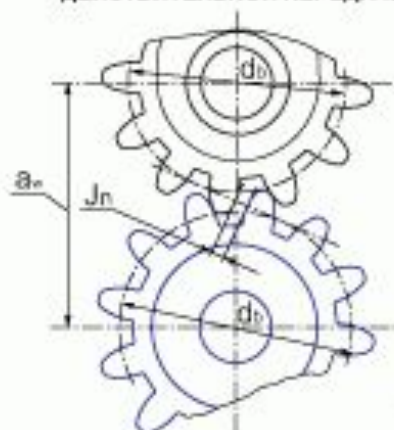


КОЛЕБАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МЕЖОСЕВОГО РАССТОЯНИЯ F''

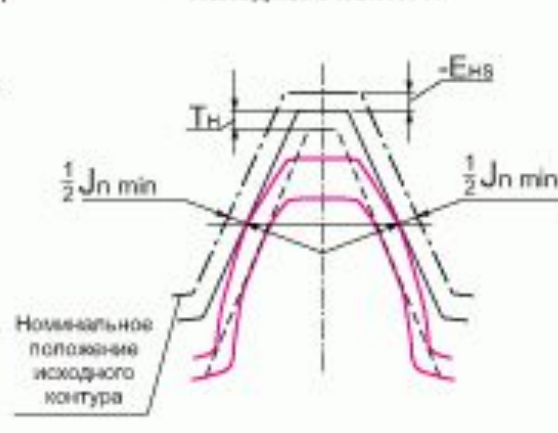


ПАРАМЕТРЫ БОКОВОГО ЗАЗОРА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

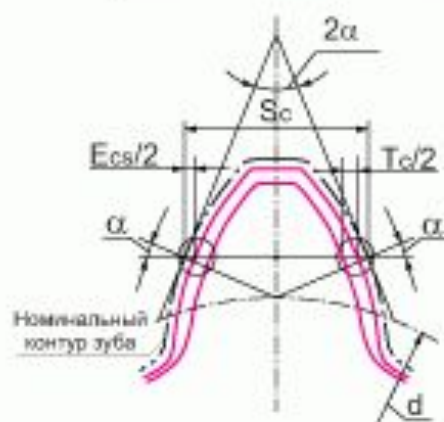
БОКОВОЙ ЗАЗОР
ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ



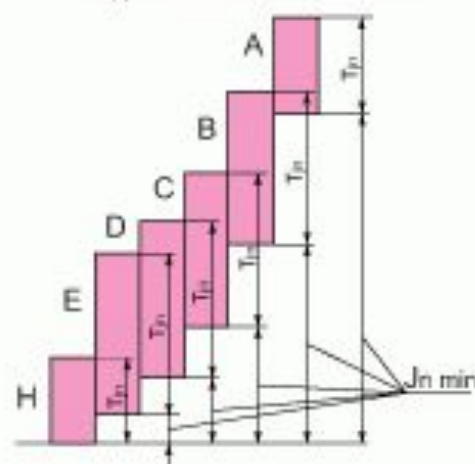
ПОЛЕ ДОПУСКА СМЕЩЕНИЯ
ИСХОДНОГО КОНТУРА



ТОЛЩИНА ЗУБА И ЕЕ ОТКЛОНЕНИЯ

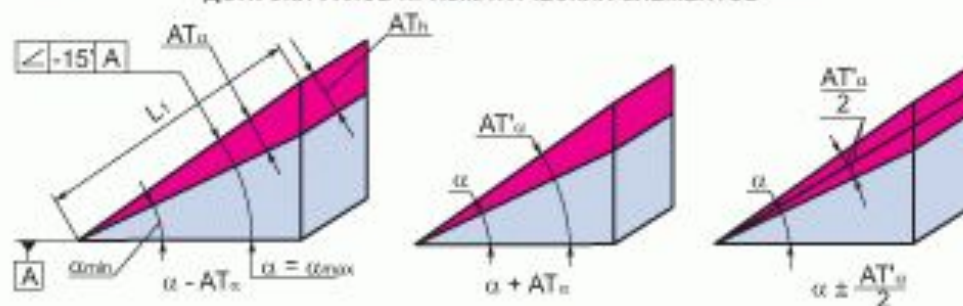


ПОЛЯ ДОПУСКА БОКОВОГО ЗАЗОРА

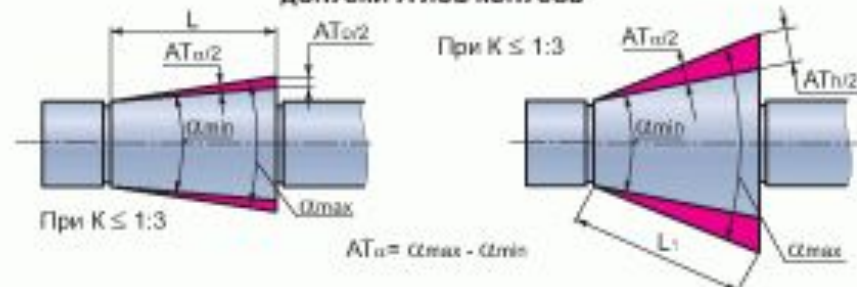


ДОПУСКИ УГЛОВ И ПОСАДКИ КОНУСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

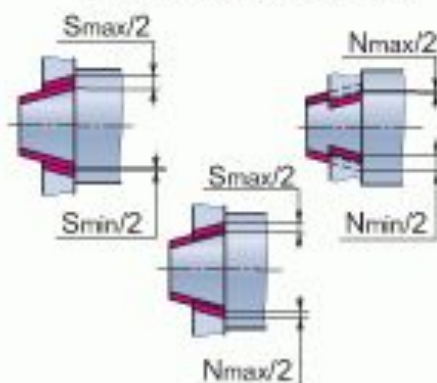
ДОПУСКИ УГЛОВ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ



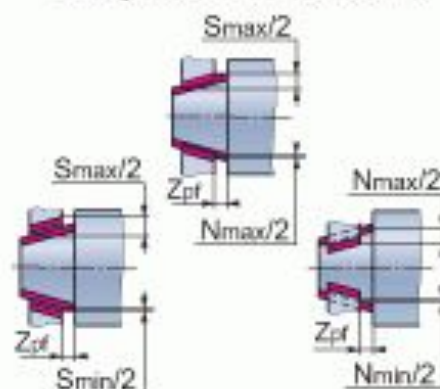
ДОПУСКИ УГЛОВ КОНУСОВ



Посадки конусов совмещением конструктивных элементов

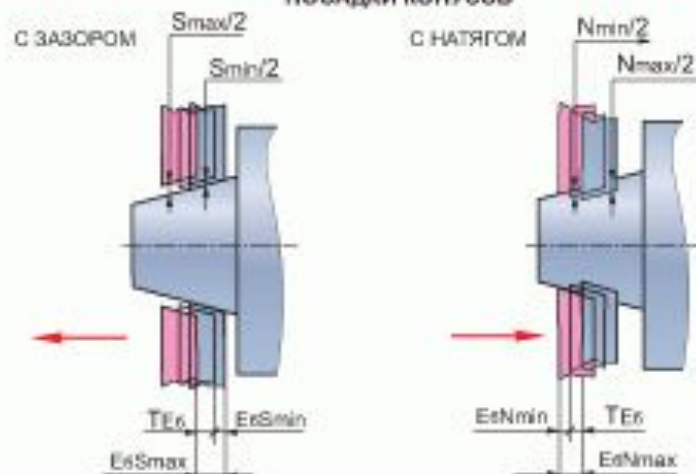


Посадки конусов фиксацией заданного осевого расстояния между базовыми плоскостями



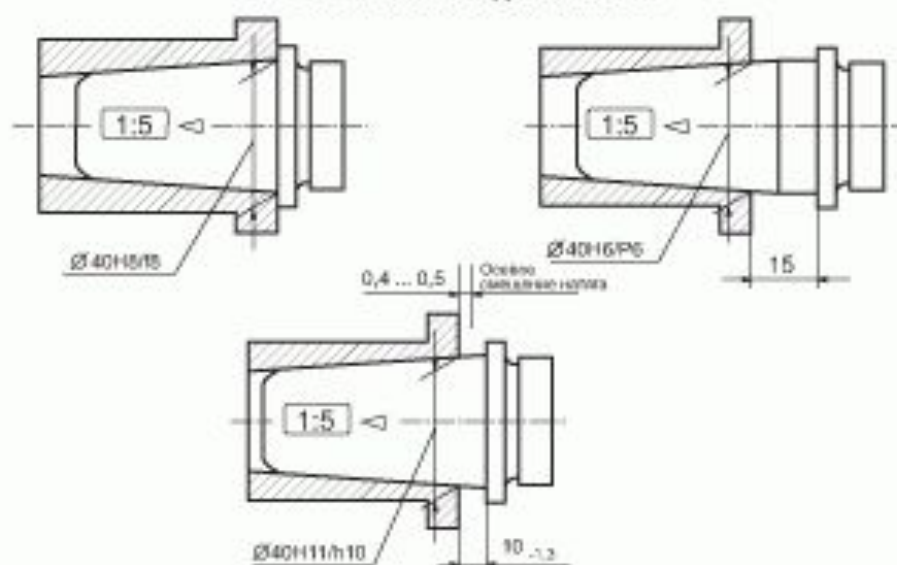
ДОПУСКИ УГЛОВ И ПОСАДКИ КОНУСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ПОСАДКИ КОНУСОВ



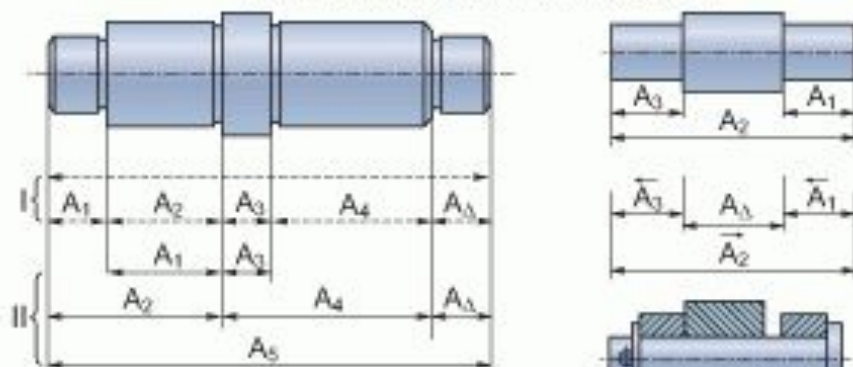
Фиксацией заданного взаимного осевого смещения от начального положения

ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК КОНУСОВ

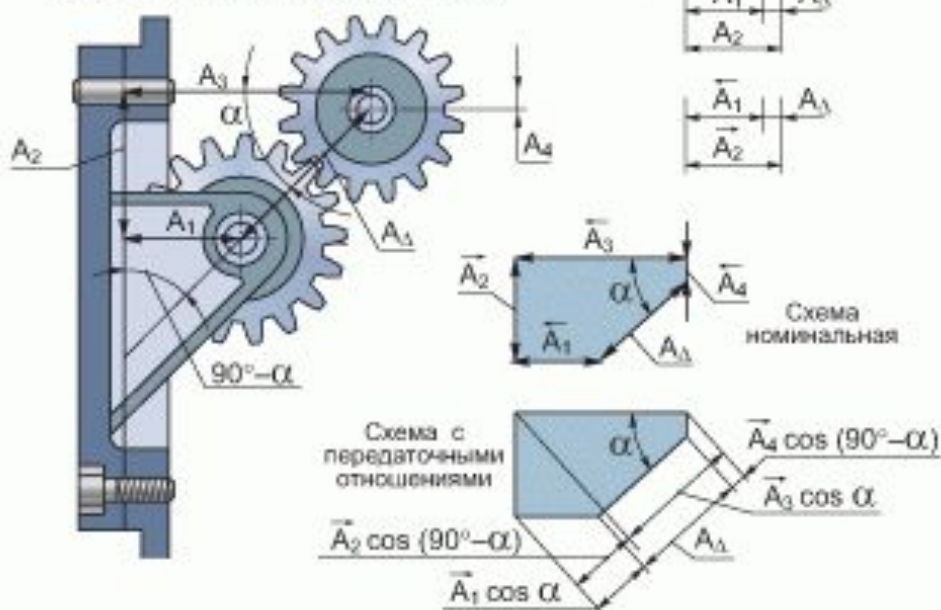


СХЕМЫ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Схемы линейных размерных цепей



Схемы плоской размерной цепи



МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ НАКОПЛЕННЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

