

# Валы и оси.

Валы служат для поддержания вращающихся деталей (зубчатые колеса, шкивы, звездочки, барабаны и другие) и передают крутящий момент. Оси крутящего момента не передают. Вал вращается всегда, а ось может быть вращающейся или невращающейся.

## **Классификация валов:**

### 1. По назначению:

- а) коренные валы (вал электродвигателя, вал турбины и т.д.)
- б) передаточные валы (все остальные)

### 2. По форме оси вращения:

а) прямые валы



б) коленчатые валы



в) гибкие валы

Наибольшее распространение имеют прямые валы.

Коленчатые валы применяются в поршневых машинах.

Гибкие валы допускают передачу вращения при больших перегибах оси вращения (в зубо-врачебных бормашинах).

Коленчатые и гибкие валы относятся к специальным деталям и не изучаются в курсе деталей машин.

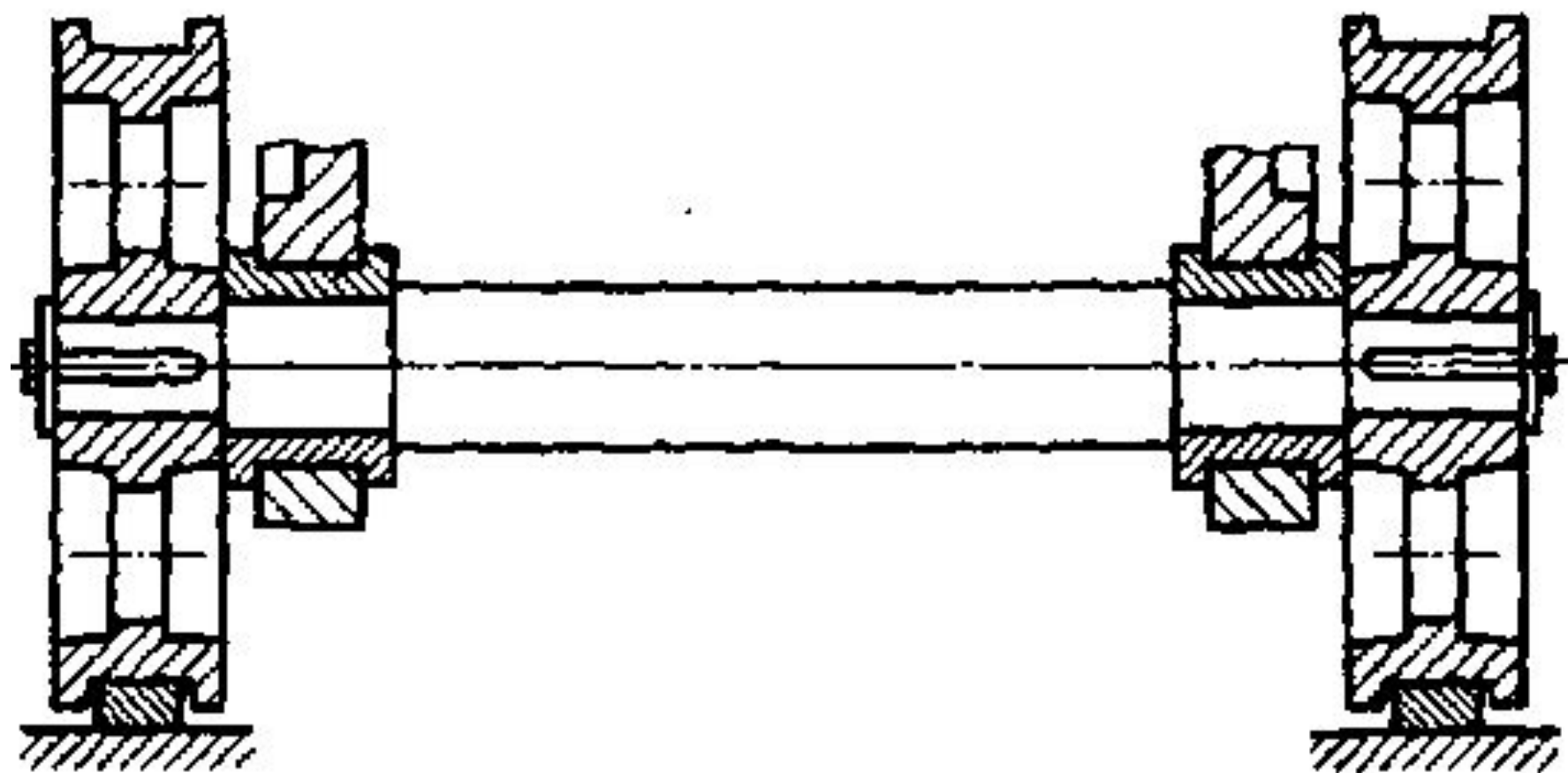


Рис. Ось тележки

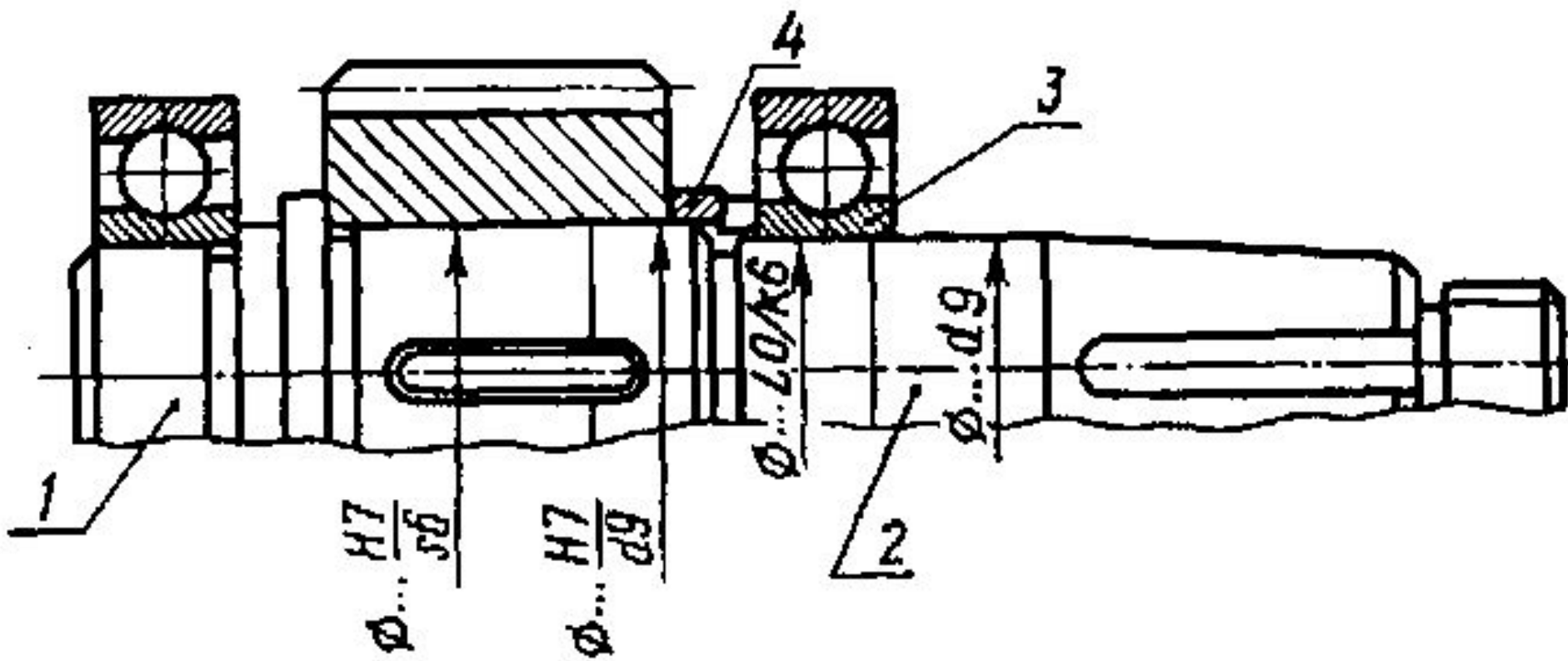


Рис. Прямой ступенчатый вал:

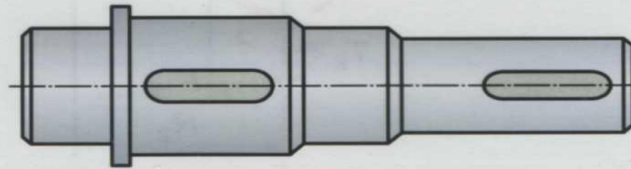
1 — шип; 2 — шейка; 3 — подшипник; 4 — кольца с поперечным пазом

# КОНСТРУКЦИИ ВАЛОВ

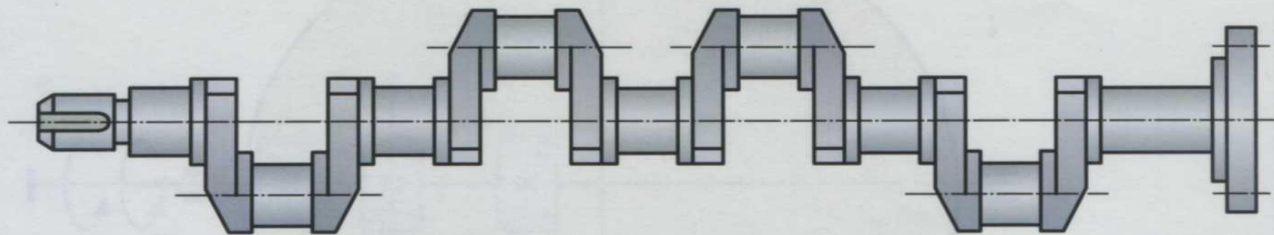
Гладкий



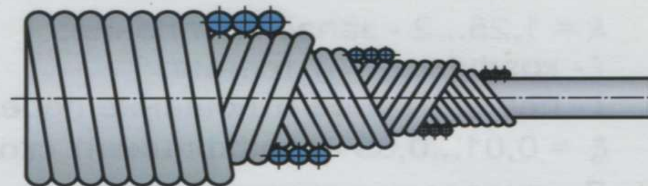
Ступенчатый



Коленчатый

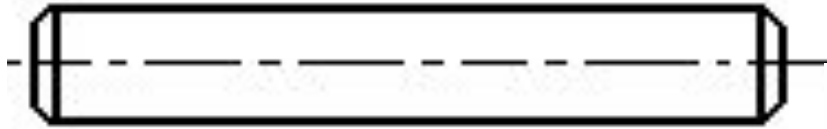


Гибкий

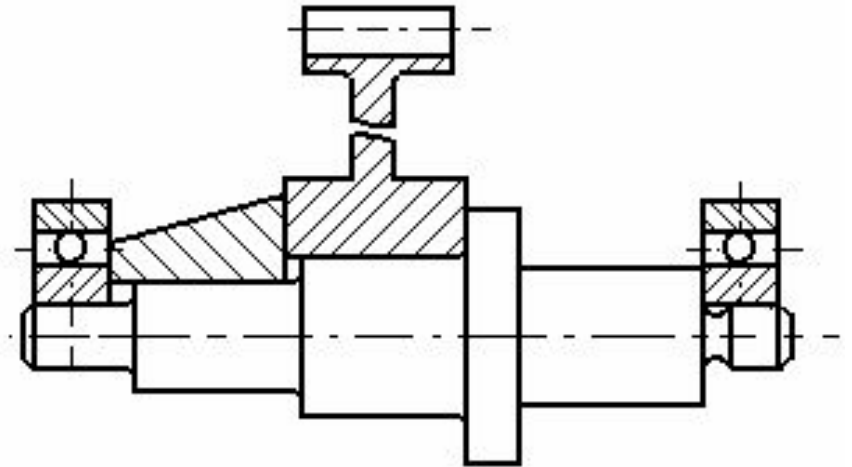


### 3. По конструктивной форме:

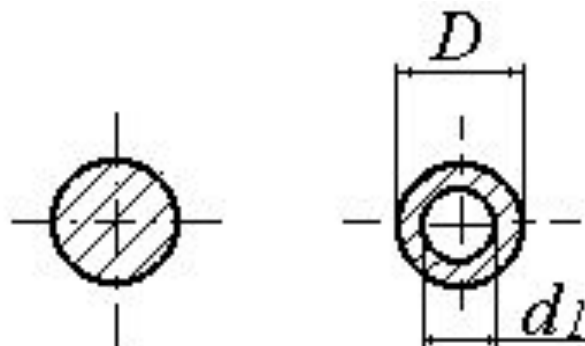
а) валы с постоянным диаметром (гладкие),



б) ступенчатые валы



в) сплошные и полые валы,

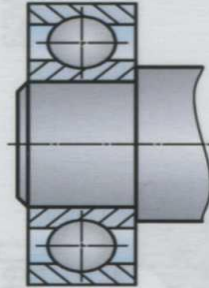


# КОНСТРУКЦИИ ЦАПФ

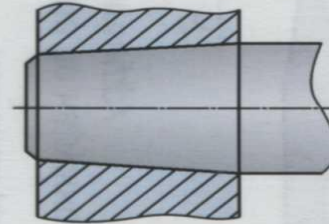
Цапфа - опорная часть оси или вала

Шип - концевая опора

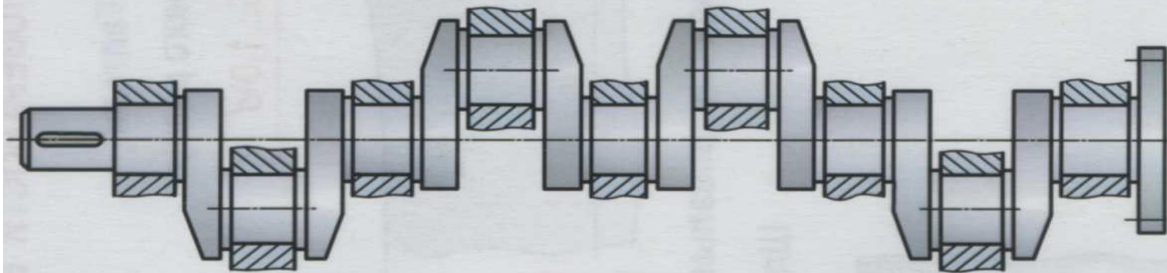
Шип цилиндрический



Шип конический

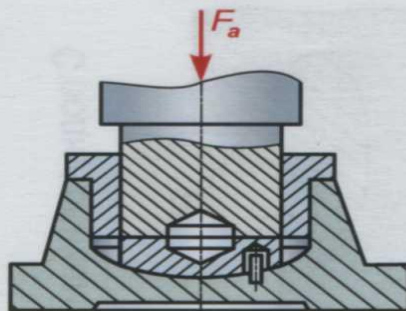


Шейка - промежуточная опора

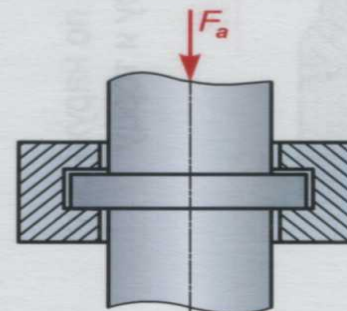


Пята - опора, воспринимающая осевую нагрузку

Плоская



Кольцевая



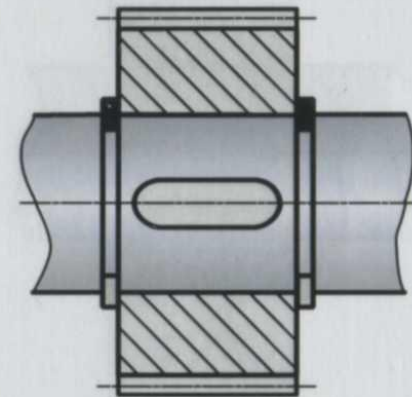
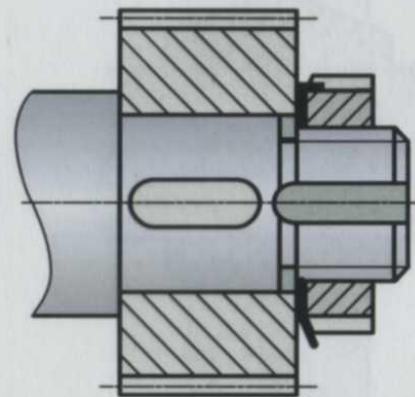
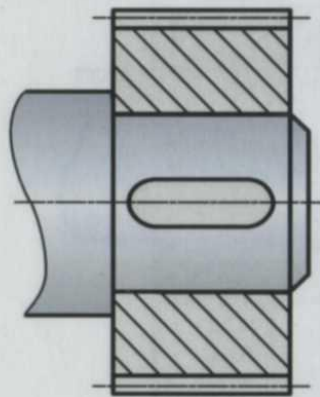
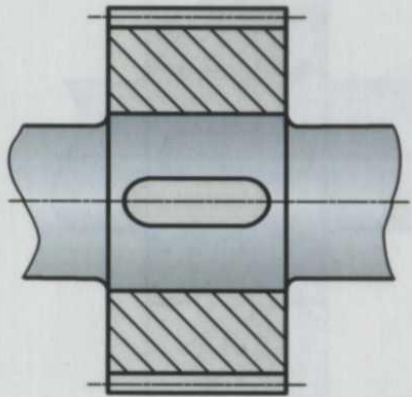
# ОСЕВОЕ ФИКСИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ НА ВАЛАХ

Посадка с натягом

Упор в бурт

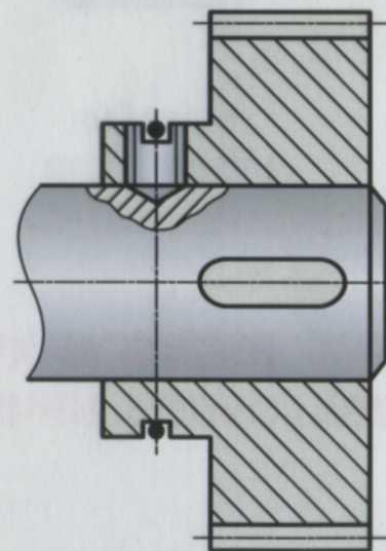
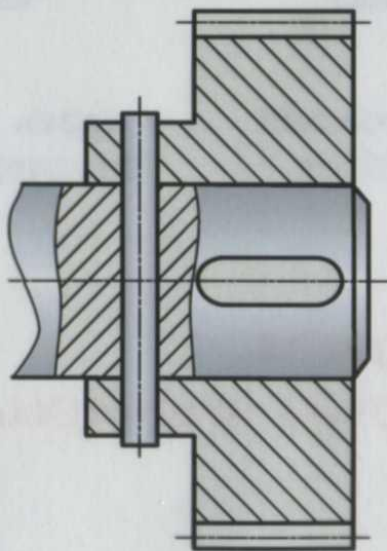
Упор в бурт  
в сочетании с гайкой

Пружинными  
кольцами



Штифтовое соединение

Стопорным винтом





## **Материалы валов.**

**Прямые валы изготавливаются из углеродистых и легированных сталей:**

***сталь 5*** – для валов без термообработки;

***сталь 45*** или ***40X*** – для валов с термообработкой (улучшение);

***сталь 20*** или ***20X*** – для быстроходных валов на подшипниках скольжения, у которых цапфы цементируются для повышения износостойкости. Если нет специальных указаний, то вал изготавливаются из ***стали 45***, которая называется ”валовой сталью”.

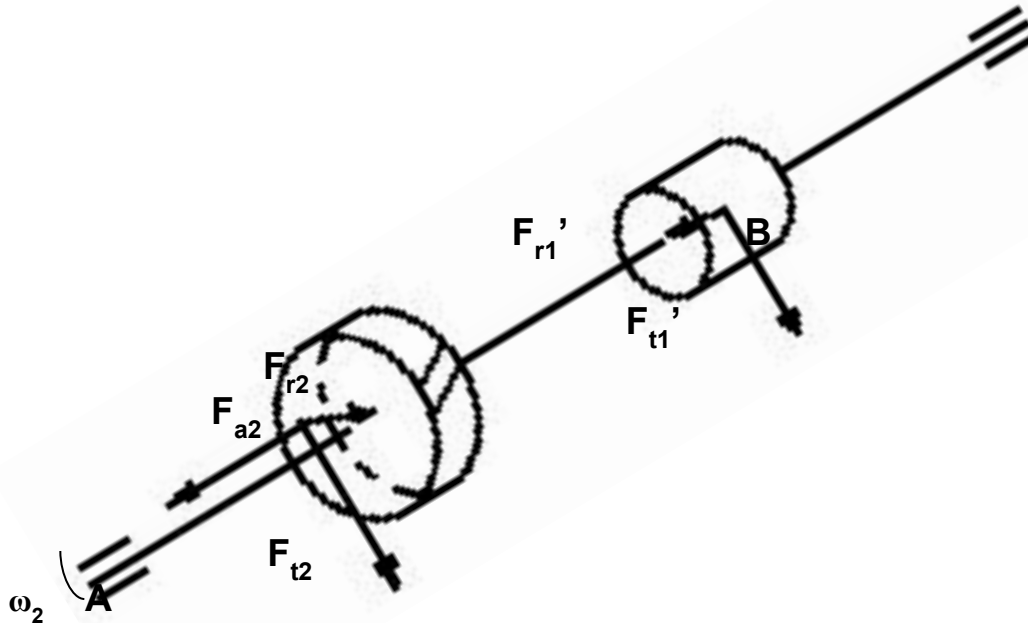


## МАТЕРИАЛЫ И ТЕРМООБРАБОТКА ВАЛОВ И ОСЕЙ

Марки сталей	Вид термообработки	Область применения
<p>Стали обыкновенного качества Ст 5, Ст 6 по ГОСТ 380-94</p>	<p>В состоянии поставки</p>	<p>Малонагруженные валы и оси без термообработки</p>
<p>Малоуглеродистые конструкционные стали:                      - качественные 15, 20 по ГОСТ 1050-88;                      - легированные 15Х, 20Х, 18ХГТ, 12ХН3А и др. по ГОСТ 4543-71.</p>	<p>Химико-термическое упрочнение с закалкой до твердости  <b>H = 58...63 HRC</b></p>	<p>Валы и оси при требовании высокой износостойкости:                      - опоры скольжения;                      - вал-шестерни.</p>
<p>Среднеуглеродистые конструкционные стали:                      - качественные 40, 45 и др. по ГОСТ 1050-88;                      - легированные 35Х, 40Х, 40ХН и др. по ГОСТ 4543-71.</p>	<p>Улучшение до твердости  <b>H = 250...320 HB</b></p>	<p>Высоконагруженные валы и оси</p>

# Расчетная схема вала

Расчетной схемой вала является статически определимая балка на шарнирных опорах. Подшипник, воспринимающий осевую и радиальную силу, соответствует шарнирно-неподвижной опоре. Подшипник, воспринимающий только радиальную силу, соответствует шарнирно-подвижной опоре.



# Нагрузки на валы

на косозубом колесе:  $F_{t_2}$  - окружная сила;  $F_{r_2}$  - радиальная сила,  $F_{a_2}$  - осевая сила;

на прямозубой шестерне:  $F_{t_1}'$  - окружная сила;  $F_{r_1}'$  - радиальная сила.

При приведении окружных сил к центру вала, необходимо добавить крутящий момент  $T = F_{t_2} \cdot \frac{d_2}{2}$  (здесь  $d_2$  – делительный диаметр косозубого колеса)

Радиальные силы  $F_{r_2}$  и  $F_{r_1}'$  могут быть перенесены из полюса зацепления зубьев в центре вала по линии действия.

Осевая сила  $F_{a_2}$  при перенесении в центр вала требует приложения осевой силы и изгибающего момента  $M_{u_2} = F_{a_2} \cdot \frac{d_2}{2}$ ; удлинением вала от действия осевой силы можно пренебречь, т.к. эта величина невелика.

# **Порядок проектирования валов**

- 1. Ориентировочный расчет на кручение.**
- 2. Эскизная компоновка конструкций с целью нахождения линейных размеров валов.**
- 3. Проектный расчет вала.**
- 4. Конструирование валов.**
- 5. Расчет валов на жесткость.**
- 6. Уточненный расчет валов на усталостную прочность.**
- 7. Расчет на статическую прочность.**
- 8. Расчет на виброустойчивость.**

# Ориентировочный расчет вала

Условие прочности на кручение:

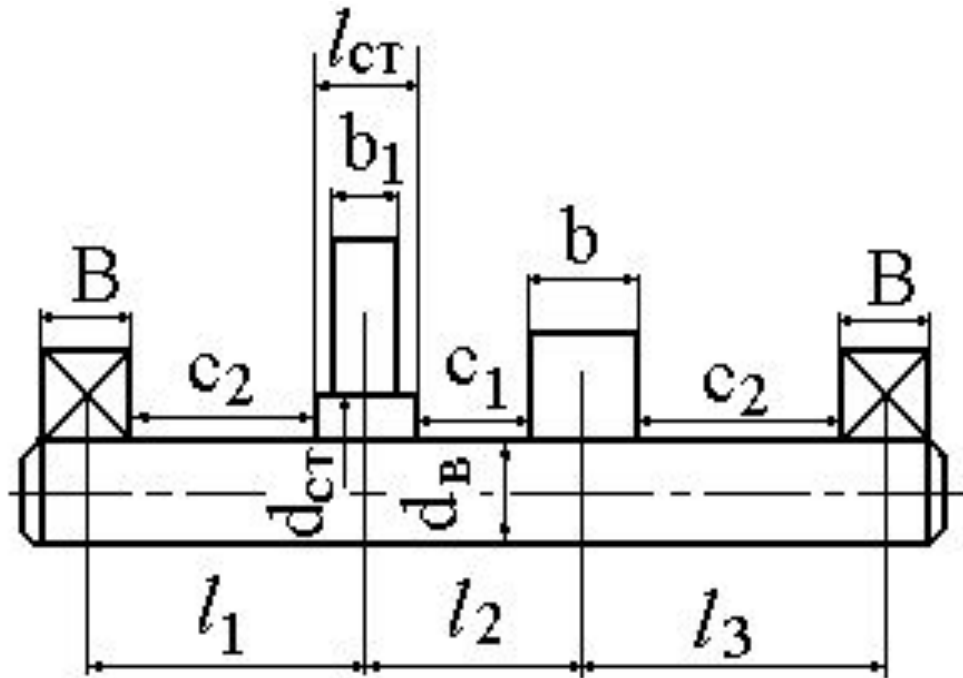
$$\tau = \frac{T}{W_p} \leq [\tau]$$

где:  $W_p$  - полярный момент сопротивления кручению

$$W_p = \frac{\pi d_v^3}{16} \cong 0,2 d_v^3$$

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}$$

# Определение длины вала



Здесь:

$b$  – ширина венца колеса;

$b_1$  – ширина венца шестерни;

$l_{ст}$  – длина ступицы колеса.

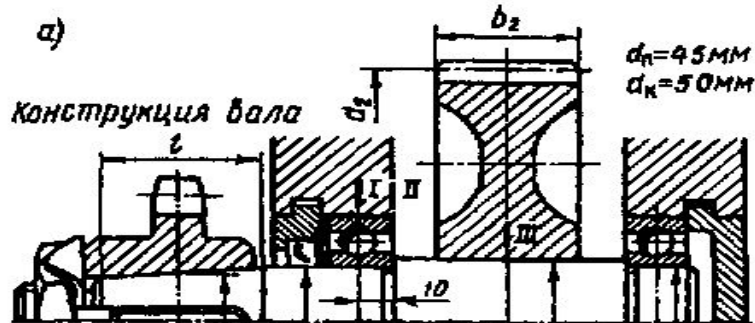
Ступица – часть детали, которая охватывает вал.

$$l_{ст} = (1 \dots 1,5) d_{ст}$$

$d_{ст}$  – диаметр

ступицы

$$d_{ст} = (1,6 \dots 1,8) d_{ст}$$



## Расчет вала на изгиб с кручением.

Задача решается по принципу суперпозиции, т.е. рассматриваются отдельно вертикальная и горизонтальная плоскости, определяются реакции в опорах  $A$  и  $B$ , строится эюра изгибающего момента в той и другой плоскости, значения и геометрически суммируются, строится эюра изгибающего момента.

