

Применение  
осей и валов  
В  
машиностроении

Разработал: Уфимцева  
Н.В

Кондина Е. Н  
Проверил: Блинова Н.А

# ПЛАН

- ❑ Оси, валы и соединения
- ❑ Классификация валов
- ❑ Условия работы
- ❑ Материалы для изготовления

- ❑ Валы и оси - это детали, поддерживающие вращающиеся части машины.
- ❑ Оси, несущие на себе вращающиеся части, не передают моментов и подвергаются только изгибу;
- ❑ Валы, являясь, как и оси, поддерживающими деталями, помимо того, передают момент и работают не только на изгиб, но и на кручение.
- ❑ Цапфа представляет собой часть вала или оси, на которой находится опора (подшипник). В зависимости от положения цапфы на валу различают три ее вида :
  - Шип - цапфа на краю вала,
  - Шейка - цапфа в средней части вала,
  - Пята – цапфа на конце вала, воспринимающая осевые нагрузки.



mixbeton.ru

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВАЛОВ

## По назначению:

- ❑ валы передач, несущие зубчатые колеса, шкивы, звездочки, муфты;
- ❑ коренные валы и другие специальные валы, несущие кроме вышеназванных деталей рабочие органы машин, двигателя и изделия (колеса и диски турбин, патроны и т.д.).

## По форме поперечного сечения:

- ❑ гладкие сплошного сечения;
- ❑ пустотелые (для размещения соосного вала, деталей управления, подачи масла, охлаждения);
- ❑ шлицевые.

## По конструкции и форме:

- ❑ прямые;
- ❑ коленчатые;
- ❑ гибкие.

## Прямые валы делятся на:

- ❑ гладкие цилиндрические;
- ❑ ступенчатые;
- ❑ валы-шестерни, валы-червяки;
- ❑ фланцевые;
- ❑ карданные.

# ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛОВ

## 1 По форме продольной геометрической оси:

1.1 прямые (рисунок 3 а);

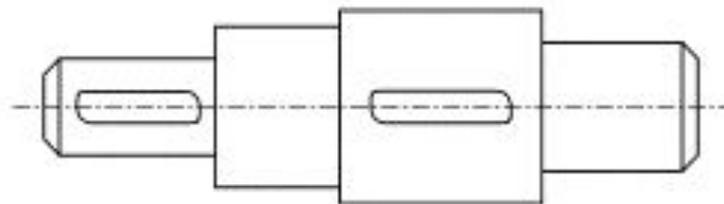
1.2 ступенчатые (рисунок 3 б, с);

1.3 фасонные (коленчатые) (рисунок 3 д);

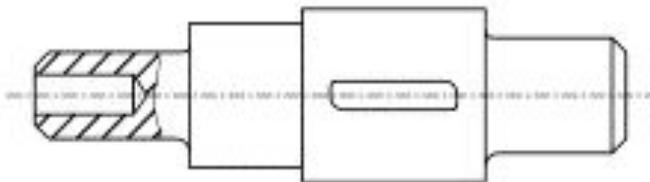
1.4 гибкие (вал бормашины, вал привода спидометра автомобилей) (рисунок 3 е).



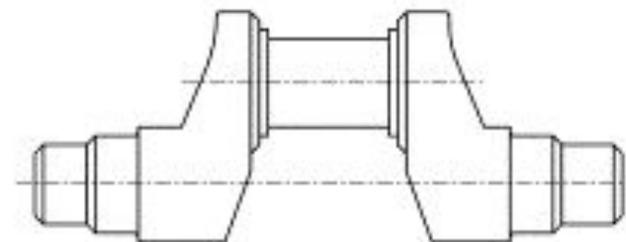
a)



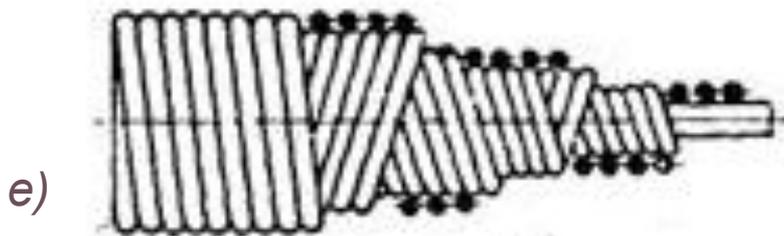
b)



c)



d)



e)

## 2 По функциональному назначению:

2.1 валы передач, они несут на себе элементы, передающие вращающий момент (зубчатые или червячные колёса, шкивы, звёздочки, муфты и т.п.) и в большинстве своём снабжены концевыми частями, выступающими за габариты корпуса механизма (рисунок 1);

2.2 трансмиссионные валы для распределения мощности одного источника к нескольким потребителям (рисунок 4);

2.3 коренные валы – валы, несущие на себе рабочие органы исполнительных механизмов (коренные валы станков, несущие на себе обрабатываемую деталь или инструмент, называют *шпинделями*).

## 3 По типу сечения:

3.1 сплошные;

3.2 полые.

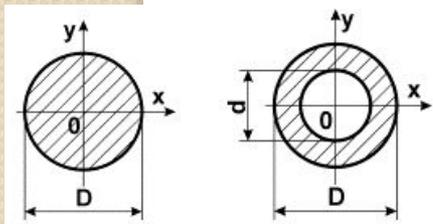
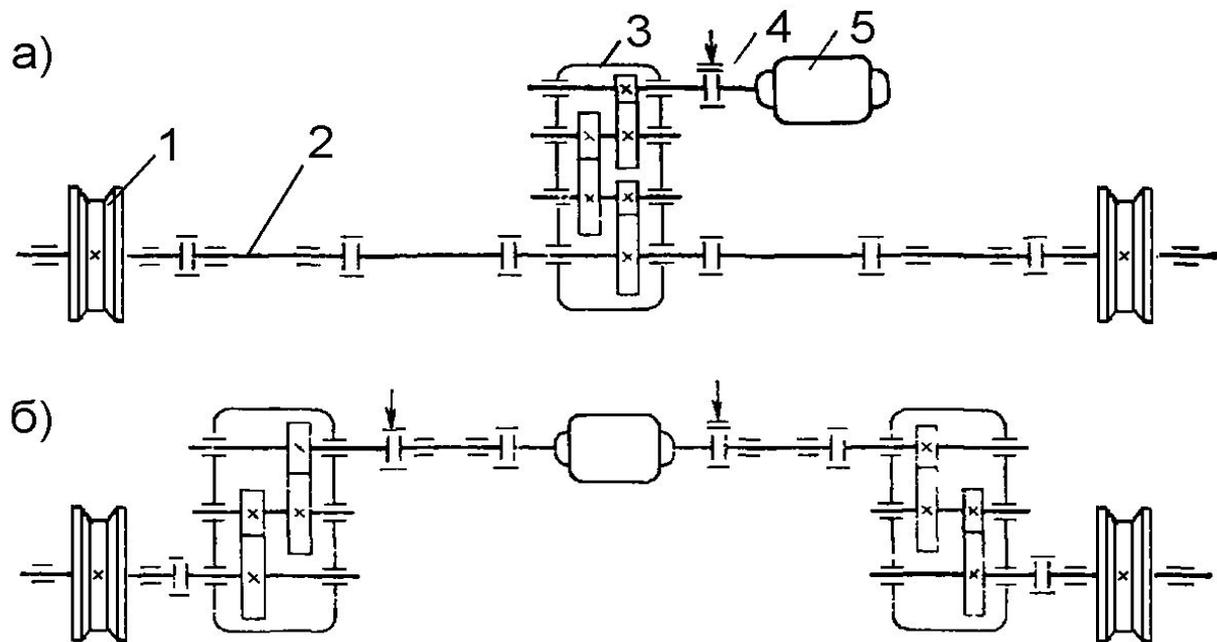


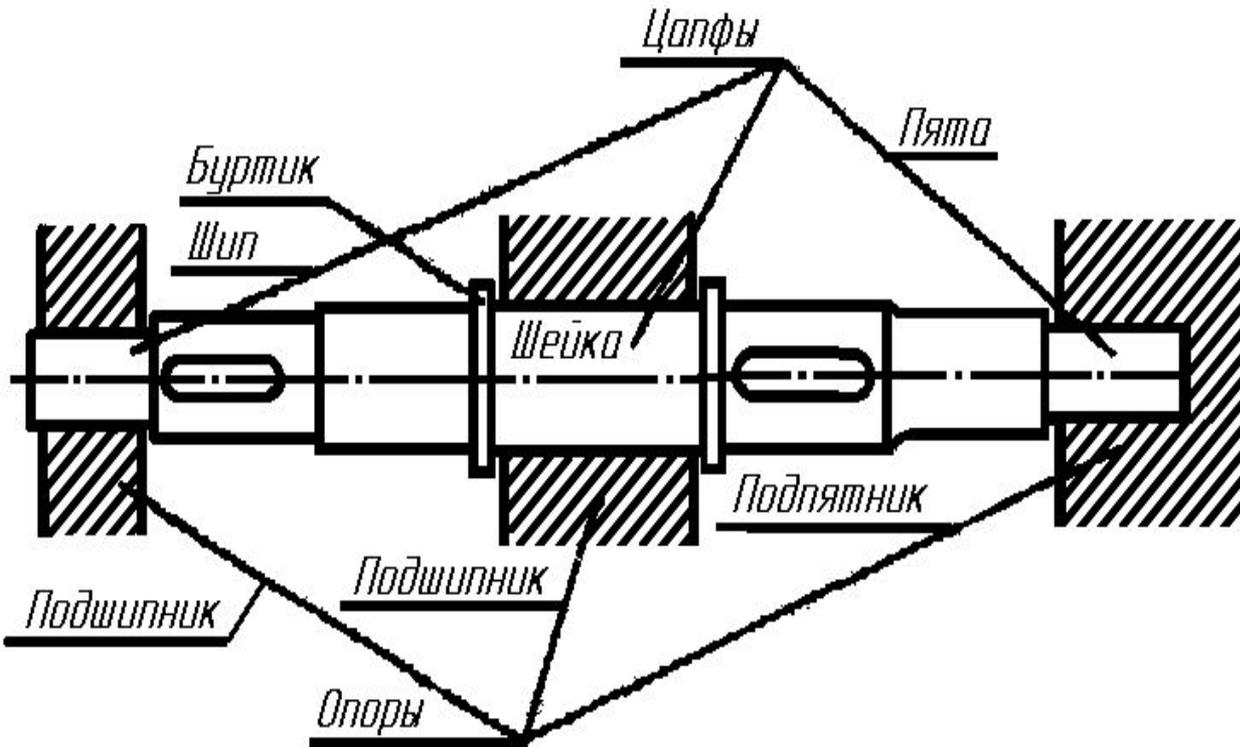
Рисунок 4 – Трансмиссионные валы:

а - с тихоходным трансмиссионным валом;

б - с быстроходным трансмиссионным валом



# Элементы конструкции валов



**Цапфа** – опорная часть валов и осей, которая передает действующие на них нагрузки корпусным деталям.

**Шейка** – цапфа в средней части вала.

**Шип** – концевая цапфа, передающая на корпус только радиальную или радиальную и осевую нагрузки вместе.

**Пята** – концевая цапфа, передающая только осевую нагрузку.

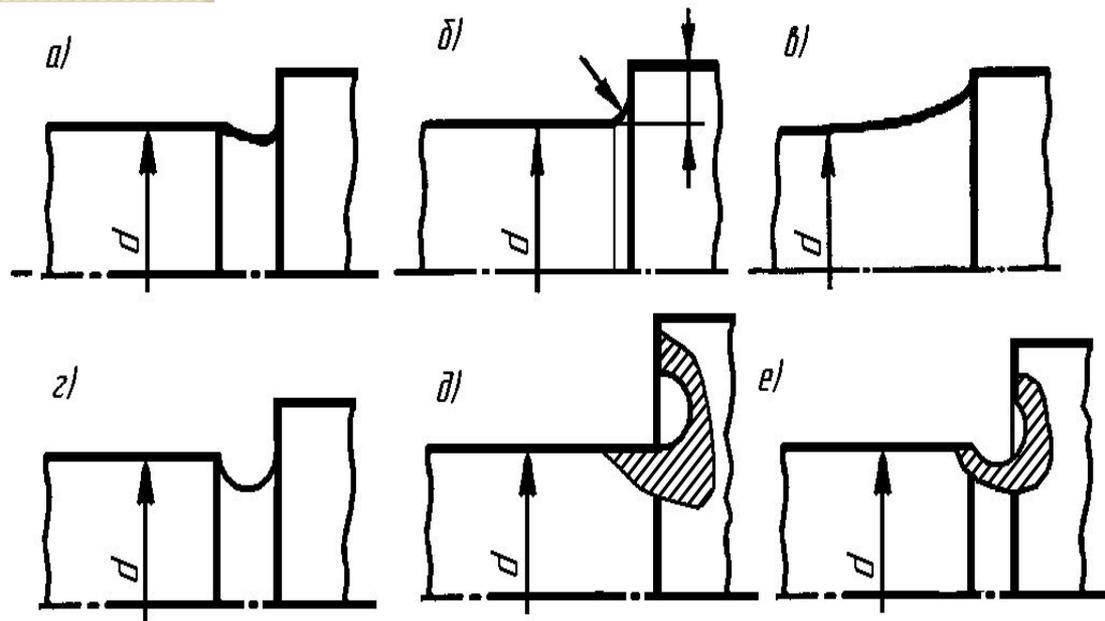
## Рисунок 5 – Основные элементы

**Буртик** – кольцевое утолщение вала малой протяжённости, составляющее с ним одно целое и являющееся ограничителем осевого перемещения самого вала или насаженных на него деталей.

**Заплечик** – торцовая поверхность между меньшим и большим диаметрами вала, служащая для опирания насаженных на вал деталей.

**Галтель** – переходная поверхность от цилиндрической части вала к заплечику, выполненная обычно без удаления материала с цилиндрической и торцевой поверхности (рисунок 6 а, в).

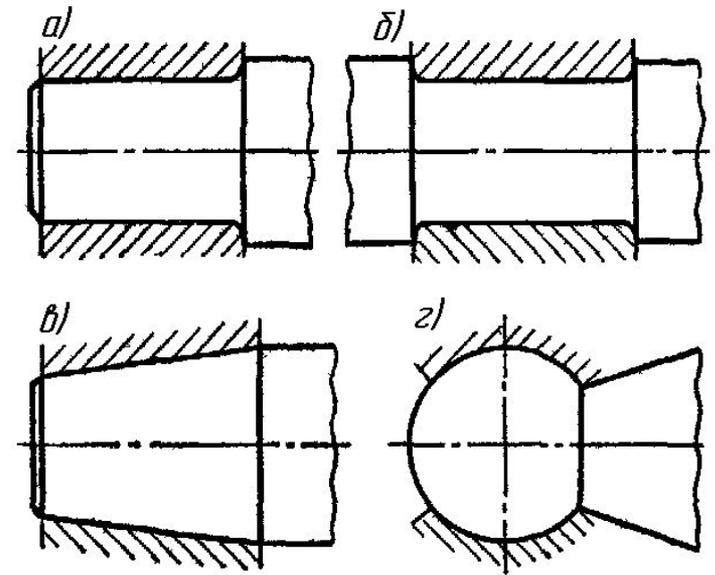
# Элементы конструкции валов



**Рисунок 6 – Конструктивные разновидности переходных участков между цилиндрической поверхностью и заплечиком**

**Канавка** – небольшое углубление на цилиндрической поверхности вала (рисунок 6 а, г, е)

Цапфы валов могут иметь форму различных тел вращения (рисунок 7): *цилиндрическую*, *коническую* или *сферическую*. Шейки и шипы чаще всего выполняют **в форме цилиндра** (рисунок 7 а, б).



**Рисунок 7 – Разновидности цапф**

# ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ВАЛОВ

Выходные концы валов (рисунок 8, 9) обычно имеют цилиндрическую (рисунок 8) или коническую (рисунок 9) форму и снабжаются шпоночными пазами или шлицами для передачи вращающего момента.

Торцы валов и осей для облегчения постановки на них деталей и в целях безопасности делают с фасками (рисунок 8 а).

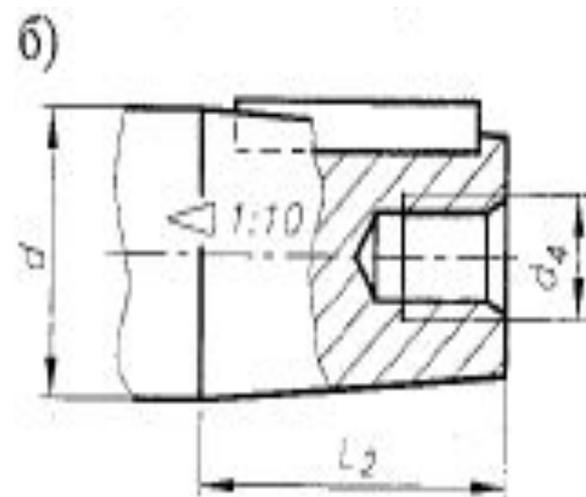
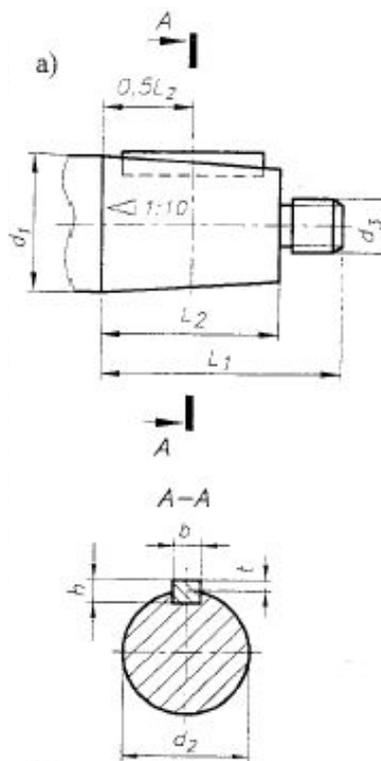
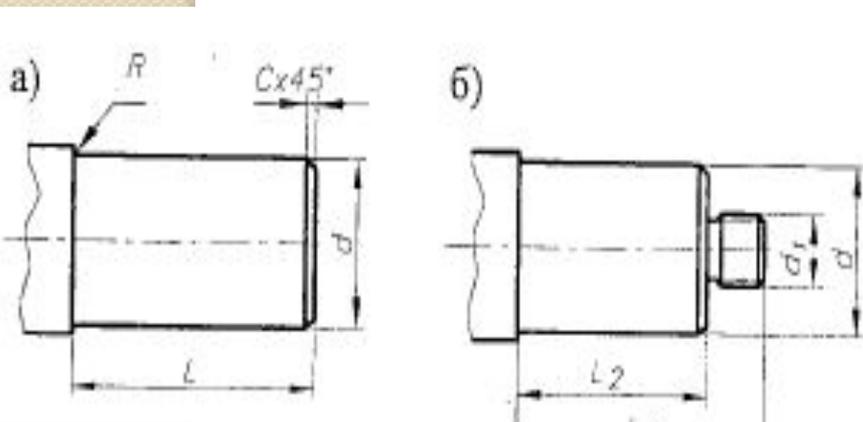


Рисунок 8 – Цилиндрические концы валов: а) гладкий; б) с резьбовым хвостовиком.

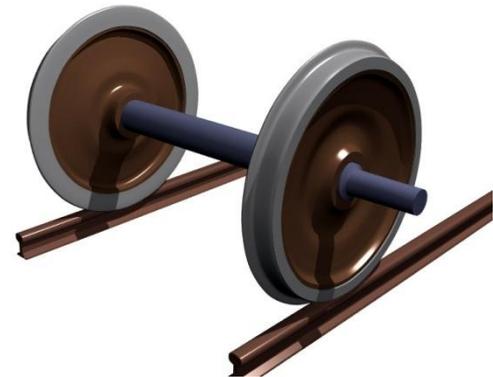
Рисунок 9 – Конические концы валов: а) с наружной резьбой и шпонкой; б) с внутренней резьбой.

# НАЗНАЧЕНИЕ

- ❑ **Вал** - предназначен для поддержания сидящих на нем деталей и для передачи вращающего момента. При этом вал воспринимает силы, действующие на детали, и передает их на опоры. При работе вал испытывает изгиб и кручение.



- ❑ **Ось** - предназначена только для поддержания сидящих на ней деталей. Ось не передает вращающего момента и, следовательно, не испытывает кручения. Оси могут быть неподвижные и вращающиеся.



# УСЛОВИЯ РАБОТЫ

Валы воспринимают силы со стороны передач и, следовательно, испытывают сложную деформацию: изгиб и кручение.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\rho}} \leq [\tau]$$

В процессе работы возможны статические и усталостные поломки (в том числе обусловленные колебаниями), а также недопустимые деформации от прогиба валов.

В связи с этим, основными критериями работоспособности являются прочность и жесткость.

У валов, работающих в паре с подшипниками скольжения важно обеспечить износостойкость.

Практикой установлено, что разрушение валов и осей быстроходных машин в большинстве случаев носит усталостный характер, поэтому основной расчет - расчет на сопротивление усталости.

# Критерии работоспособности и расчет валов

ОСН

вращающихся

осей являются усталостная прочность и жёсткость.

При расчете осей и валов их прочность оценивают по коэффициенту запаса усталостной прочности, а жёсткость – величиной прогиба под действием рабочих нагрузок, углом поворота отдельных сечений (чаще всего опорных сечений цапф) в плоскости осевого сечения и углом закручивания поперечных сечений под действием крутящего момента.

Таким образом, основными расчётными нагрузочными факторами являются крутящие  $T_k$  и изгибающие  $M_{и}$  моменты. Влияние на прочность вала растягивающих и сжимающих сил само по себе незначительно и обычно не учитывается.

Расчёт вала должен включать три основных этапа:

- 1) *Проектировочный (или просто) расчёт;*
- 2) *формирование расчетной схемы;*
- 3) *проверочный расчёт.*

В некоторых случаях к этим трём этапам расчёта добавляются и другие, например, расчёт на колебания (расчёт вибрационной стойкости), расчёт тепловых деформаций, теплостойкости и т.п.

# Критерии работоспособности и расчет валов

**Проектный расчёт** валов производят только на усталостную прочность по передаваемому крутящему моменту  $T_k$ . При этом расчёте определяется наименьший диаметр вала, а с целью компенсации неучтённых изгибных нагрузок и других факторов, влияющих на прочность вала, принимают заниженные значения допускаемых напряжений  $[\tau]_k \approx (15...20)\text{МПа}$ :

$$d \geq 3 \sqrt{\frac{16T_k}{\pi[\tau]_k}}$$

Полученный диаметр вала выбирают из ряда стандартных диаметров большего значения из рядов нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69. После определения посадочных диаметров вала, исходя из размеров насаживаемых на вал деталей и условий компоновки, устанавливают длину вала, места концентрации напряжений (шпоночные канавки, галтели и т.д.), назначают шероховатость поверхностей.

К деталям, работающим в зацеплении с валом, относятся:

- силы в зацеплении зубчатых и червячных передач;
- нагрузки на валы цепных и ременных передач;
- нагрузки, возникающие при установке муфт в результате неточности монтажа и других ошибок. Они учитываются **радиальной консольной нагрузкой**.

# Критерии работоспособности и расчет валов

И

конических редукторов, а также входных валов всех типов редукторов:

$$F_k = 125\sqrt{T_k}$$

Для червячных и выходных валов 2-х, 3-х ступенчатых:

$$F_k = 250\sqrt{T_k}$$

где  $T_k$  – величина передаваемого валом вращающего момента,  $H\cdot m$

При выполнении расчетной схемы вал рассматривают как шарнирно-закрепленную балку (рисунок 10). Положение точки опоры зависит от типа подшипника (рисунок 11):

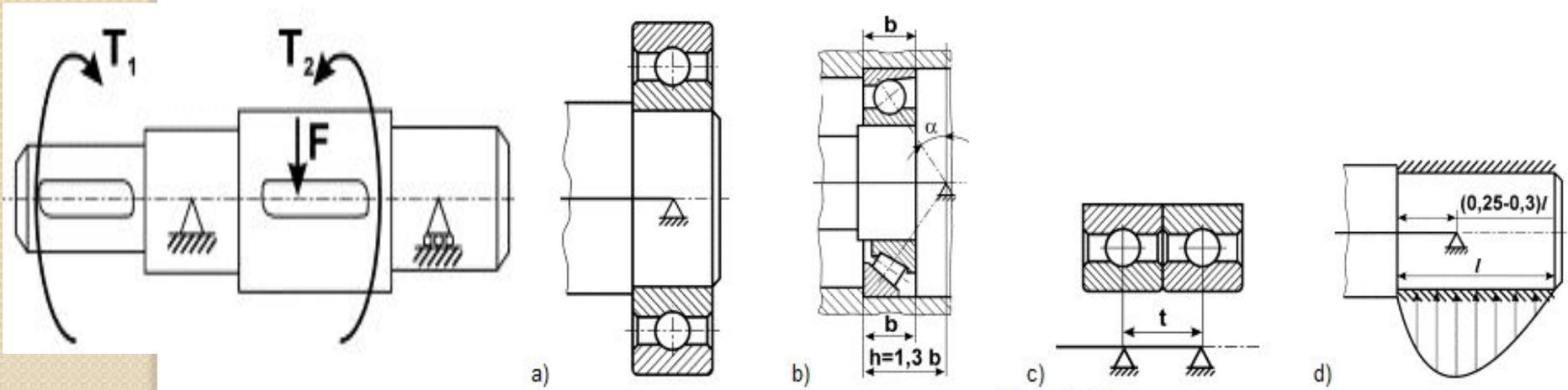


Рисунок 10 – Расчетная  
схема вала

радиальный; *b*) радиально-упорный; *c*) сдвоенный; *d*)  
скольжения.

# Расчет осей

Ось рассматривают как двухопорную балку, свободно лежащую на опорах и нагруженную сосредоточенными силами, вызывающими изгиб (рисунок 16).

Расчет осей на усталость и изгибную жесткость является частным случаем расчета валов при крутящем моменте

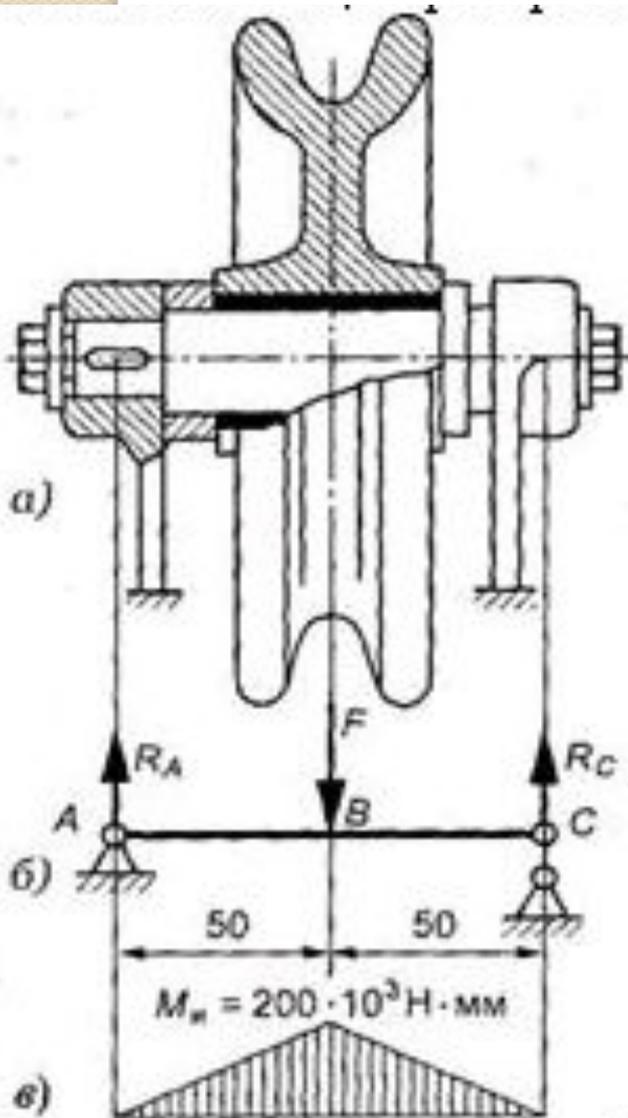
$$T_k = 0$$

Диаметр оси из условия ее прочности на изгиб находят как:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_u}{0,1[\sigma_u]}}$$

Рисунок 16 – Расчетная схема оси:

- а) конструкция;
- б) расчетная схема;
- в) эпюра моментов



# МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Для изготовления валов и осей применяются углеродистые и легированные стали.

В том случае, когда для вала основным критерием является жесткость, применяются сталь **20, 30, 40, 50 ГОСТ 1050-88** (без термической обработки).

Для большинства валов, используются стали **45, 40Х, 40ХН**, титановые сплавы **BT6, BT9**.

Валы, работающие в паре с подшипниками скольжения и шлицевые валы, изготавливают из сталей **20Х, 20ХН, 12ХН4А, 18ХГТ**, с цементацией и последующей закалкой.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вал, как правило, ступенчатый.

Это позволяет:

- приблизить форму вала к брусу равного сопротивления;
- легко выполнять сборку и разборку деталей, посаженных на вал;
- легко осуществлять осевую фиксацию деталей.

На **ступенчатом** валу **переходные** участки являются **концентраторами напряжений**.



## Список использованных источников::

- 1) [http://life-prog.ru/1\\_29444\\_vali-i-osi-naznachenie-klassifikatsiya.html](http://life-prog.ru/1_29444_vali-i-osi-naznachenie-klassifikatsiya.html)
- 2) [http://www.elmash.net/company/blog/?ELEMENT\\_ID=747](http://www.elmash.net/company/blog/?ELEMENT_ID=747)
- 3) [https://metiz-bearing.ru/val/naznachenie\\_konstrukcii\\_materialy\\_osei\\_valov.html](https://metiz-bearing.ru/val/naznachenie_konstrukcii_materialy_osei_valov.html)