

Валы и оси

План:

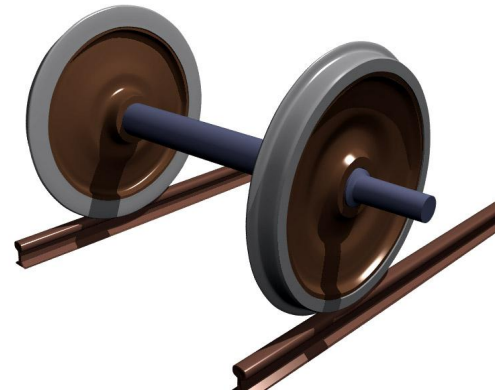
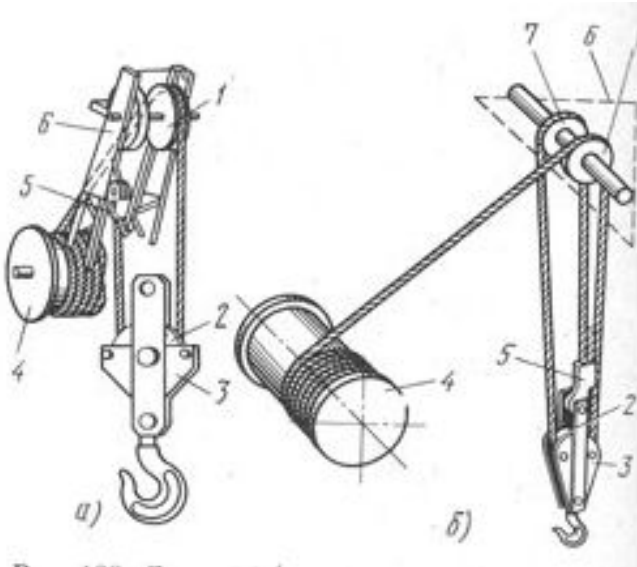
1. Назначение. Классификация. Конструктивные элементы. Материалы.
2. Критерии работоспособности валов.
3. Проектные и проверочные расчеты валов.

Классификация осей

По условиям работы:

- не вращающиеся;

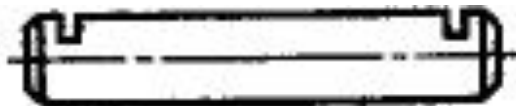
- вращающиеся



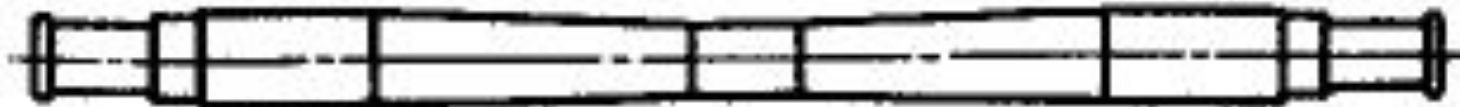
По конструктивному

исполнению:

- прямые



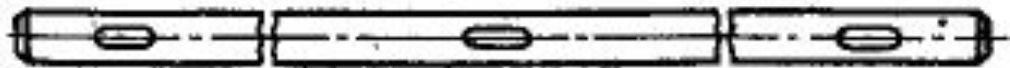
- ступенчатые



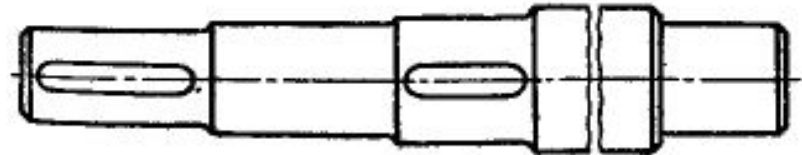
Классификация валов

По конструктивному исполнению:

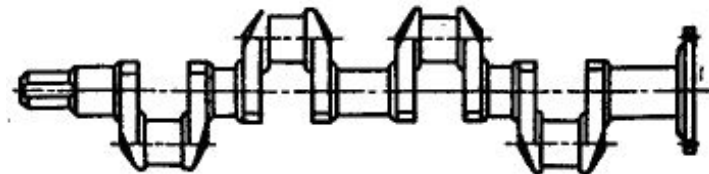
-
прямые



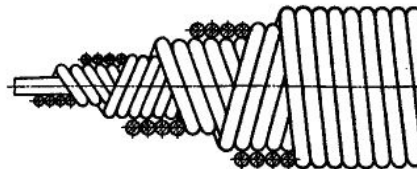
-
ступенчатые



- коленчатые

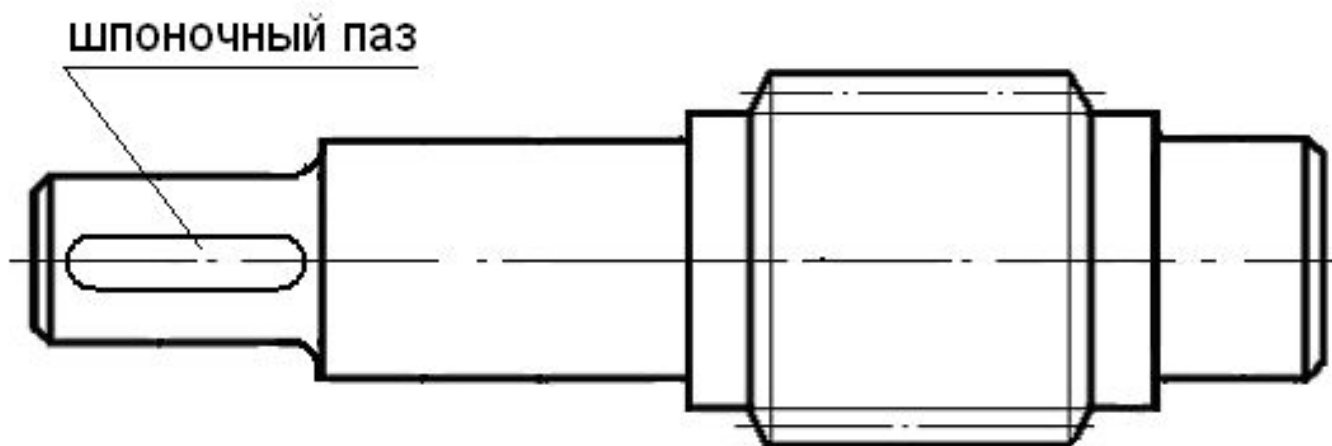


- гибкие

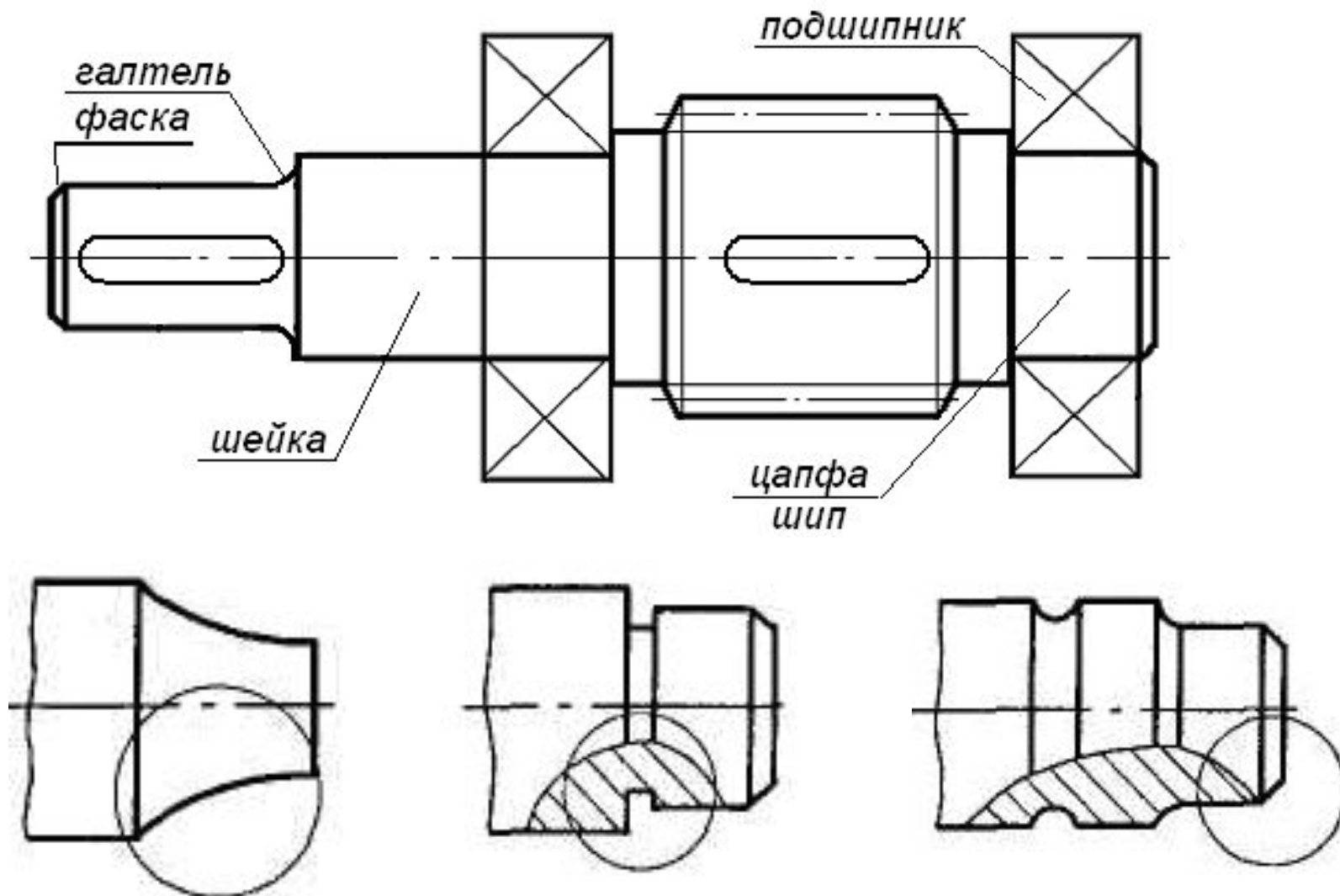


Конструкции валов

Вал-шестерня



Конструктивные элементы валов и осей



Материалы

Углеродистые и легированные стали

Сталь 35, 40, Ст45, 40Х, 40ХН

Критерии работоспособности валов

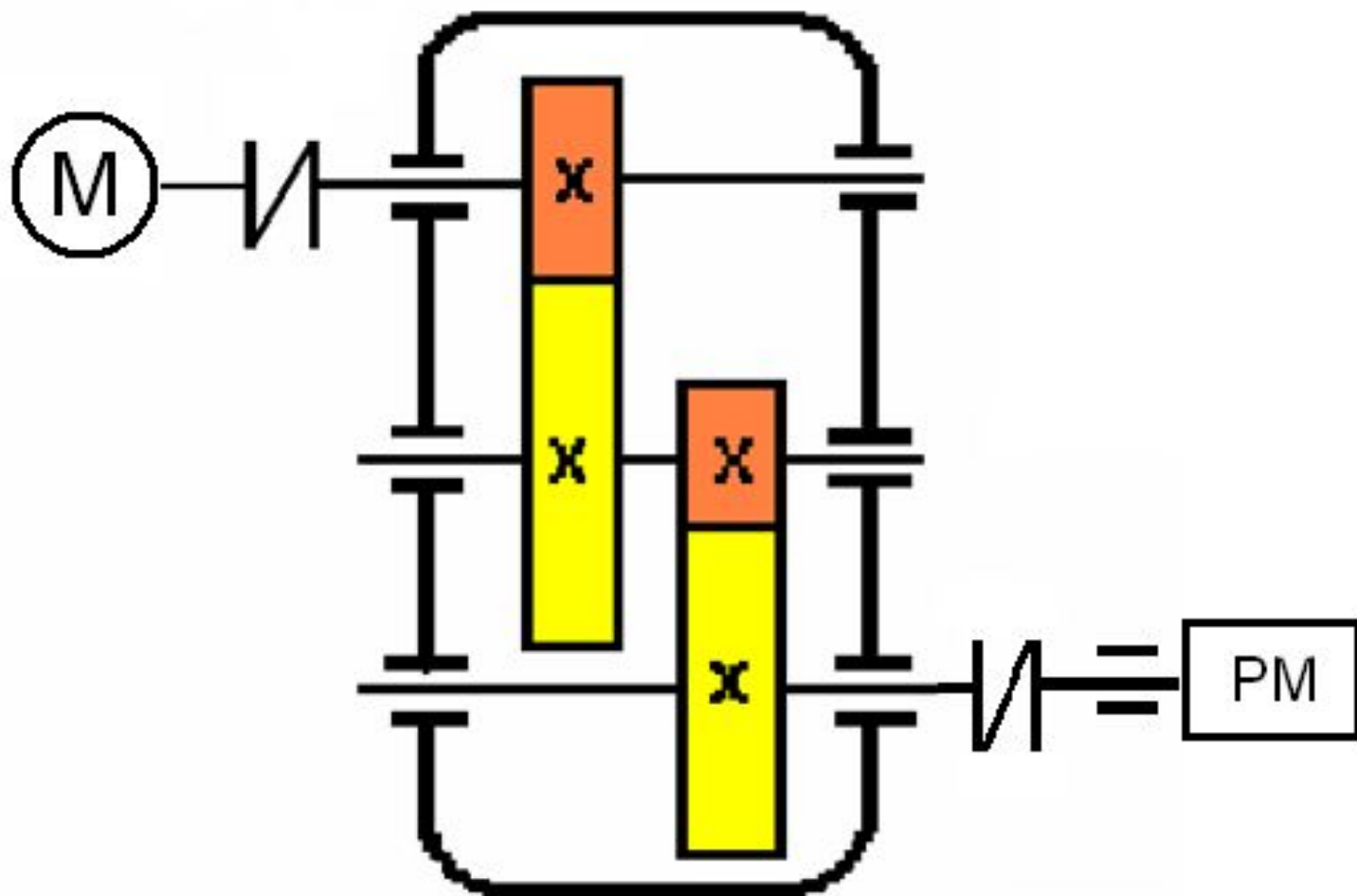
- Усталостная прочность (выносливость)
- Жесткость

Проектные и проверочные расчеты валов

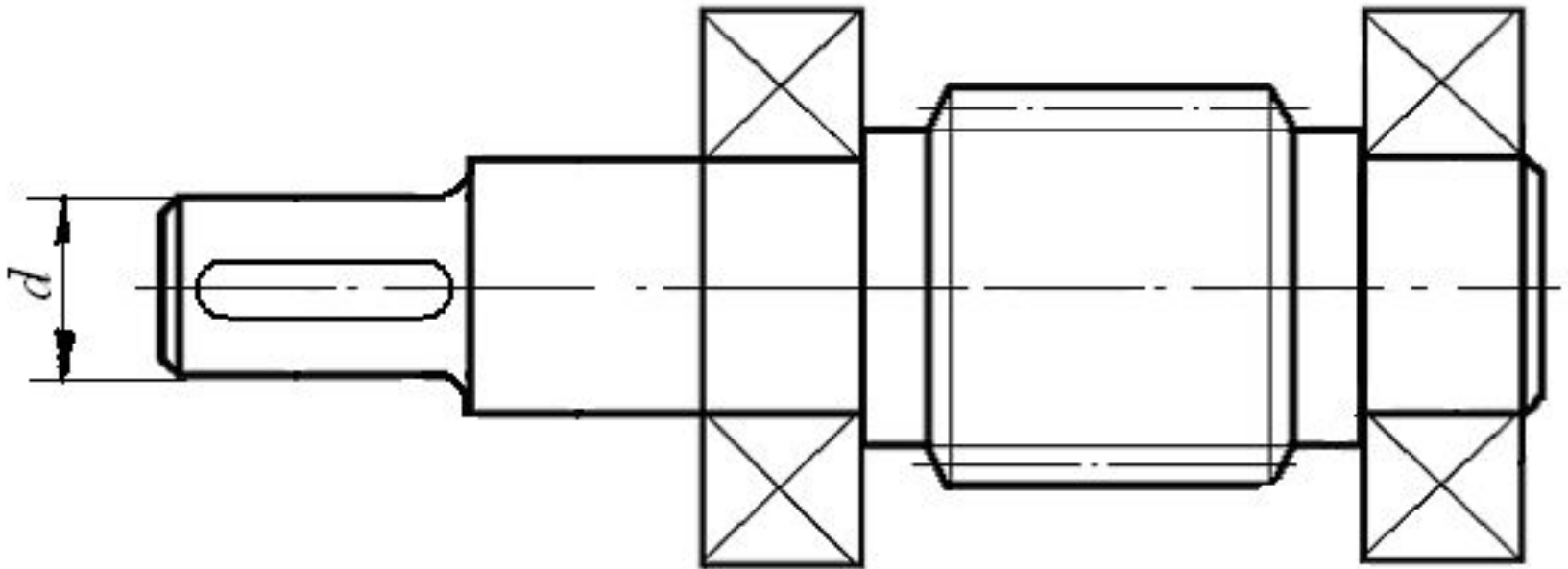
Основные расчетные силовые факторы:
изгибающие и крутящие моменты;

- 1) проектный расчет;
- 2) проверочный (приближенный) расчет;
- 3) проверочный уточненный расчет валов на сопротивление усталости

Проектный расчет валов



Проектный расчет



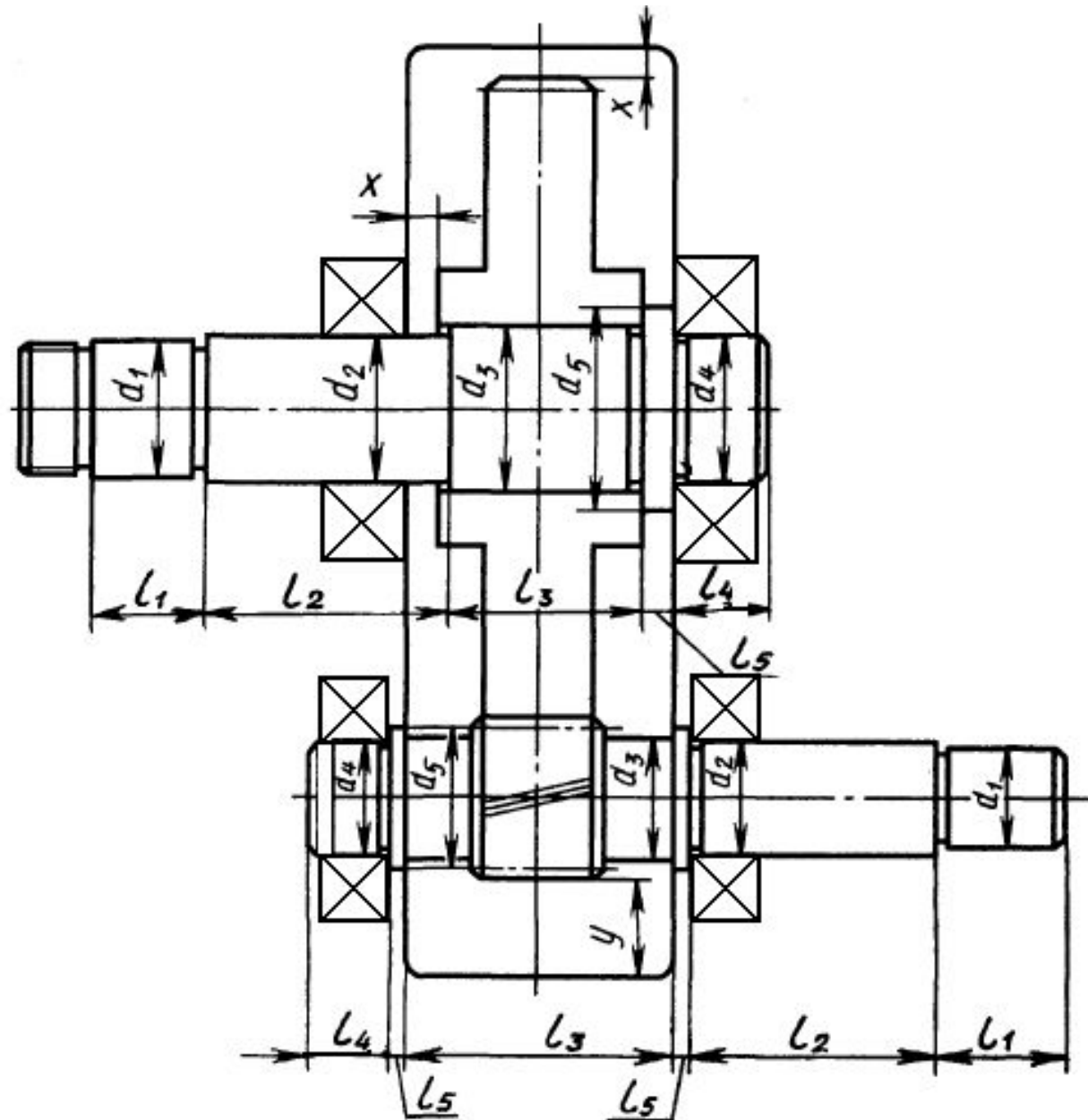
$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\kappa}}{0,2[\tau_{\kappa p}]}}$$

$$M_{\kappa} = T_1$$
$$[\tau_{\kappa p}] = 10 \dots 30 \text{ Н} / \text{мм}^2$$

Таблица 13.15

$$R_a = 20$$

Компоновочный чертеж



Приближенный расчет валов

Основные нагрузки на валы:

- силы от передач
- консольные силы

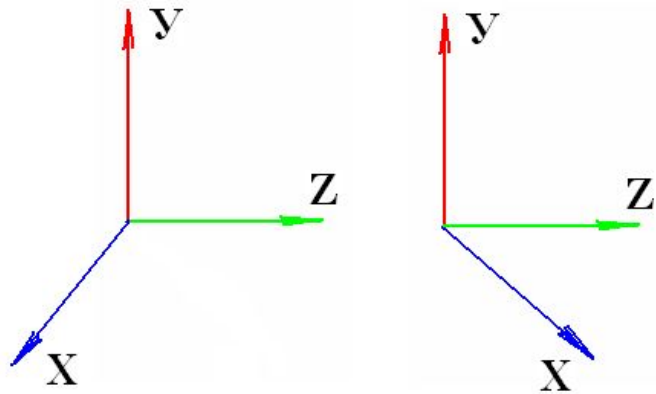
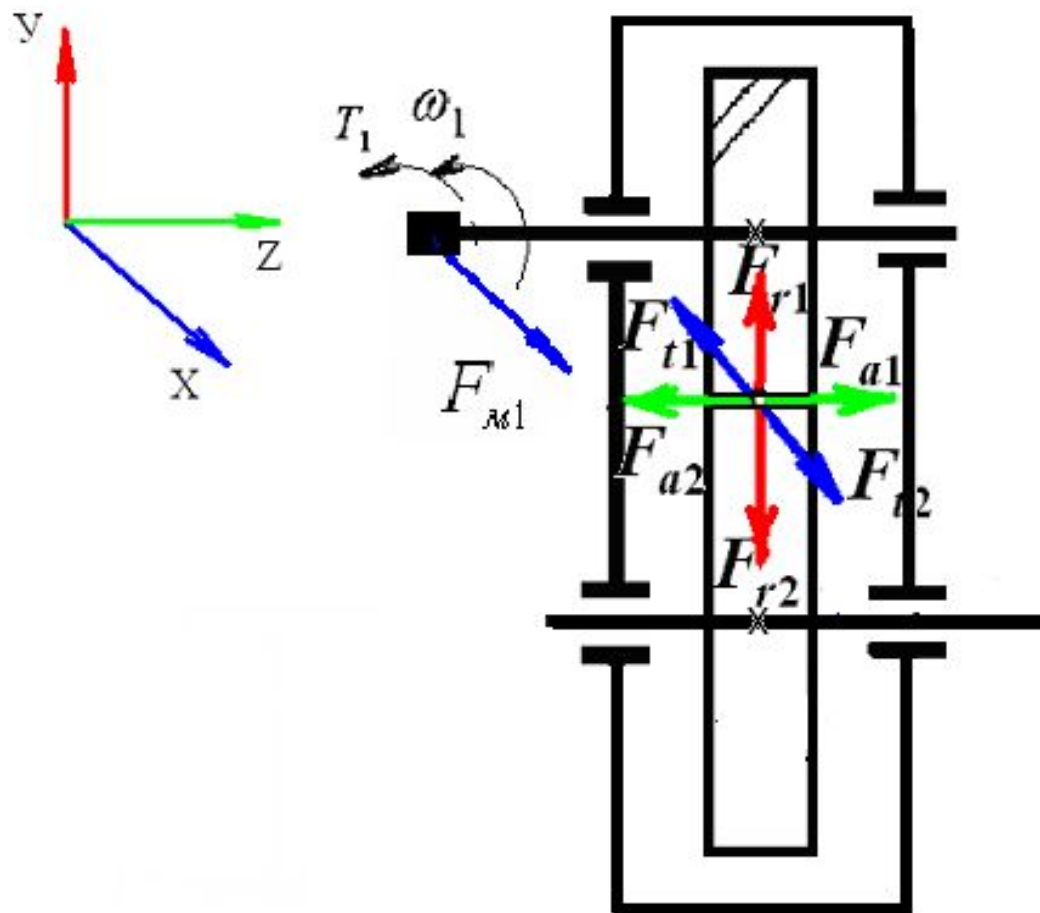
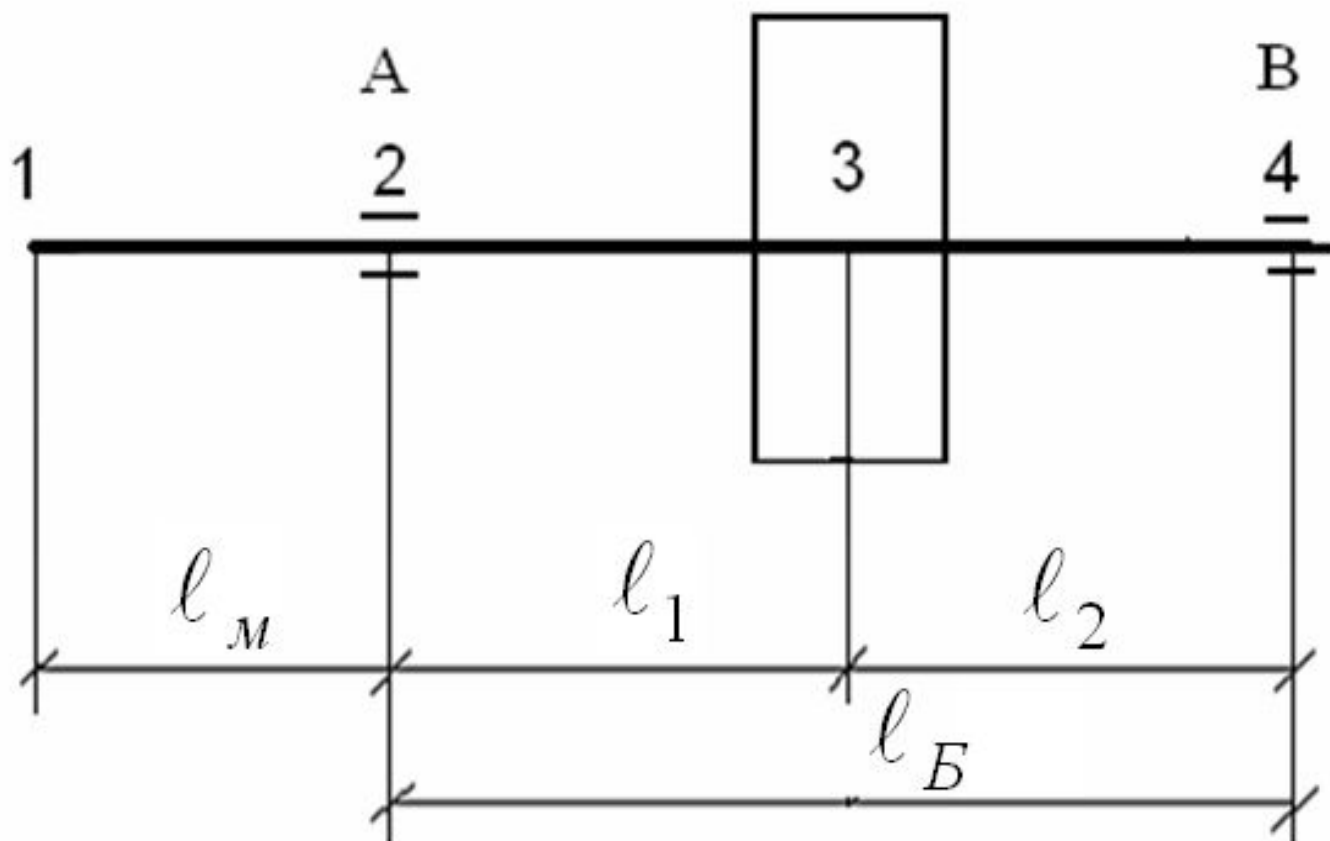


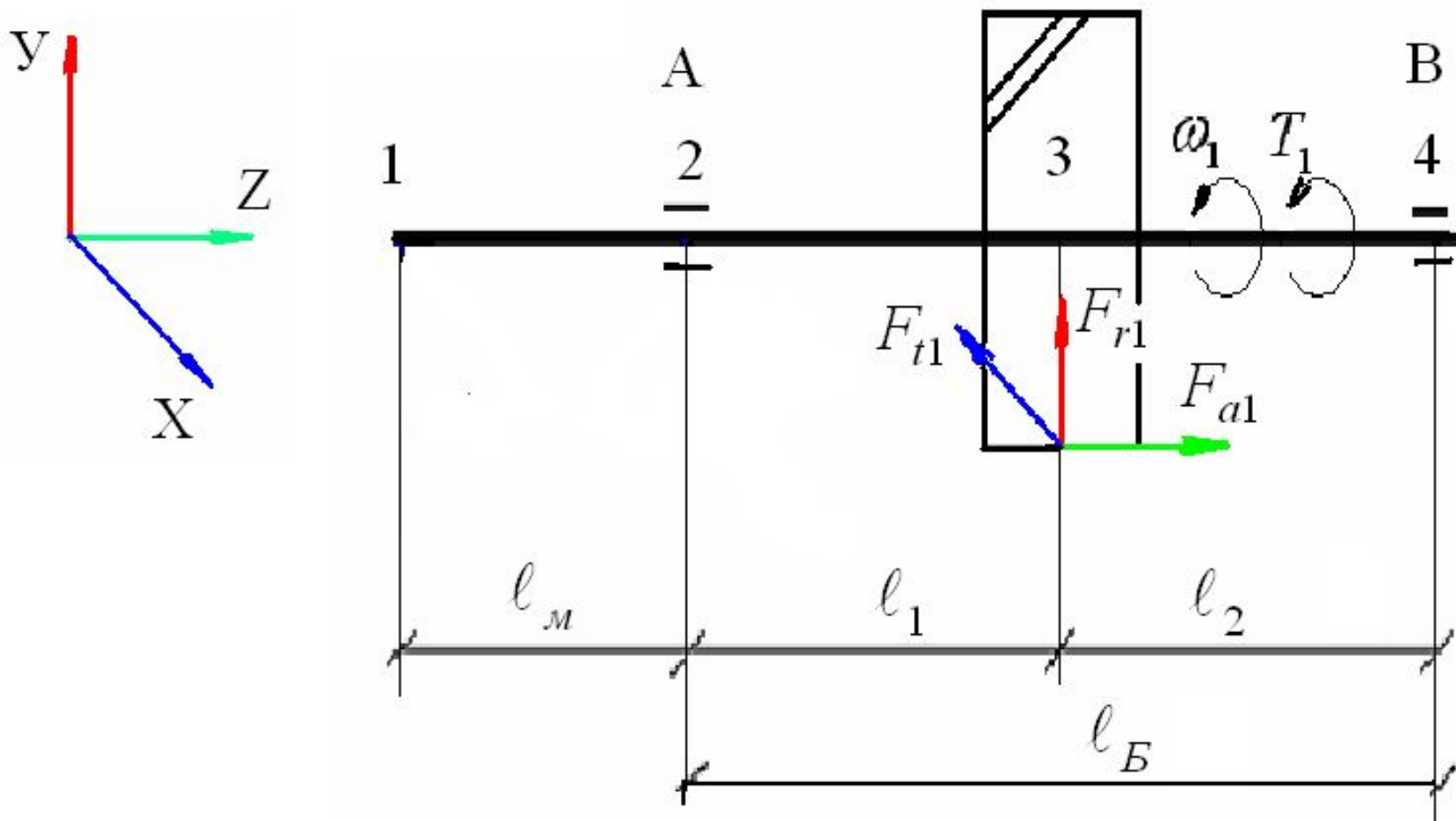
Схема нагружения валов редуктора



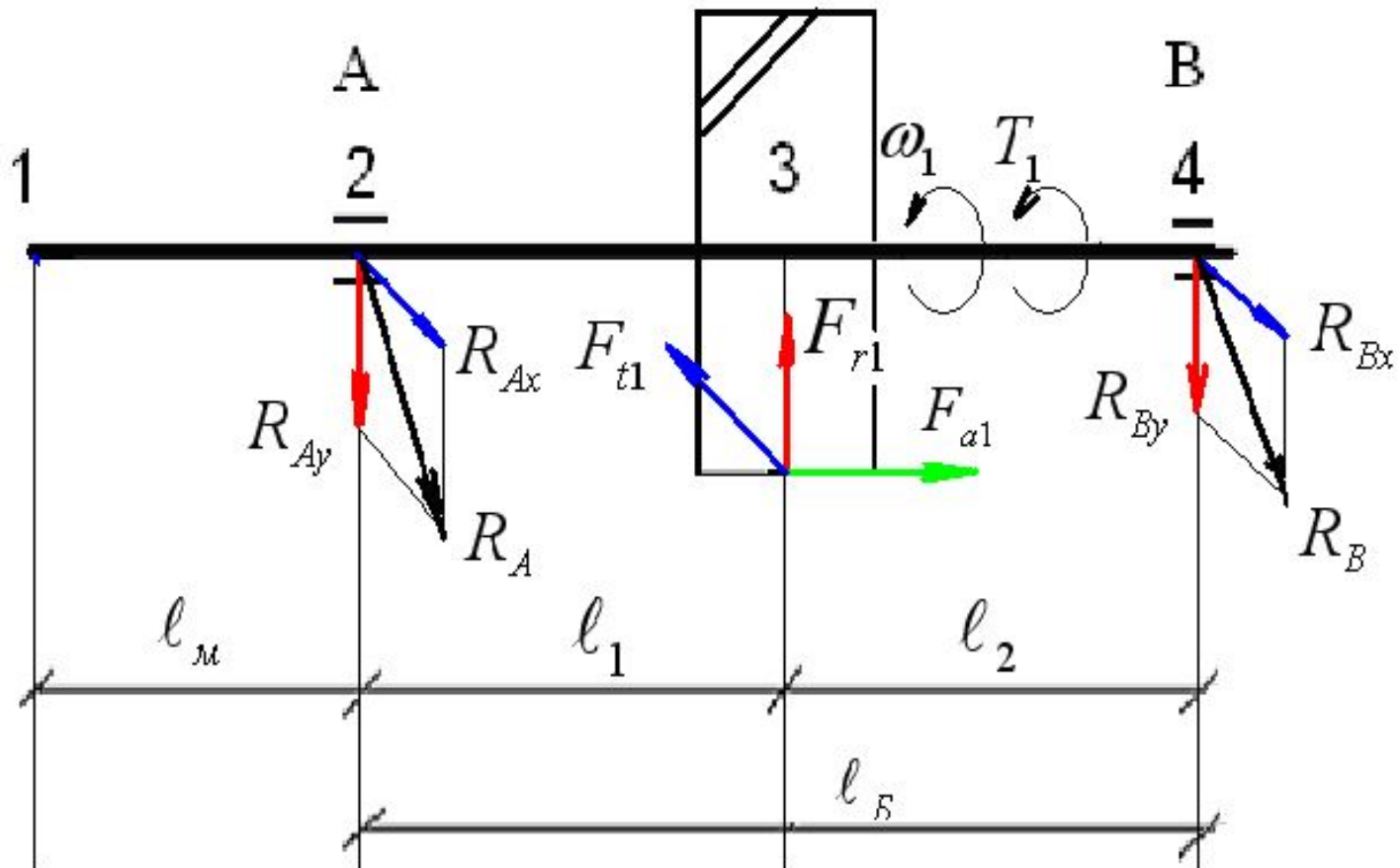
Расчетная схема быстроходного вала



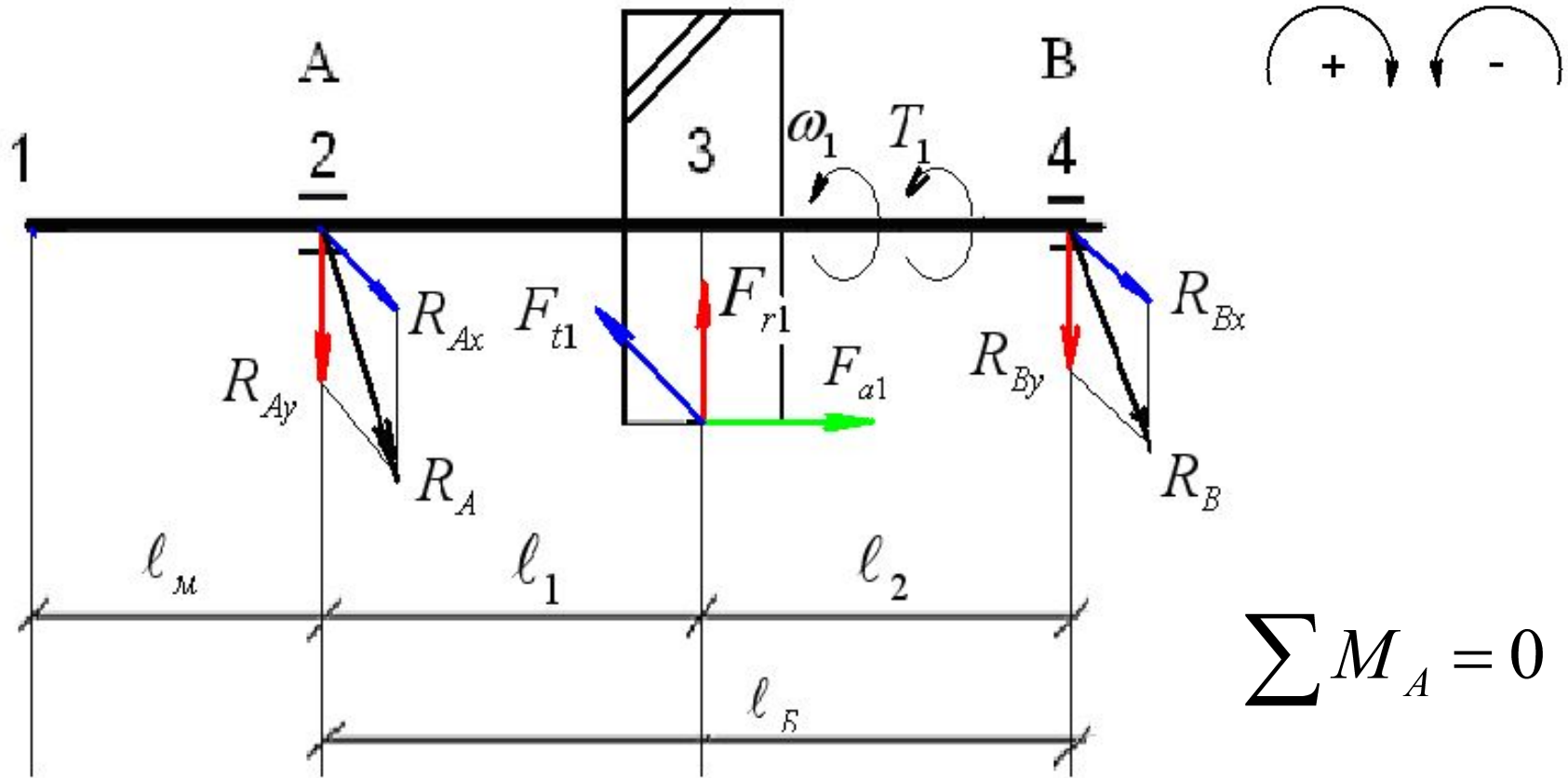
Расчетная схема быстроходного вала



Расчетная схема быстроходного вала (без учета силы от муфты)



Реакции в опорах в вертикальной плоскости

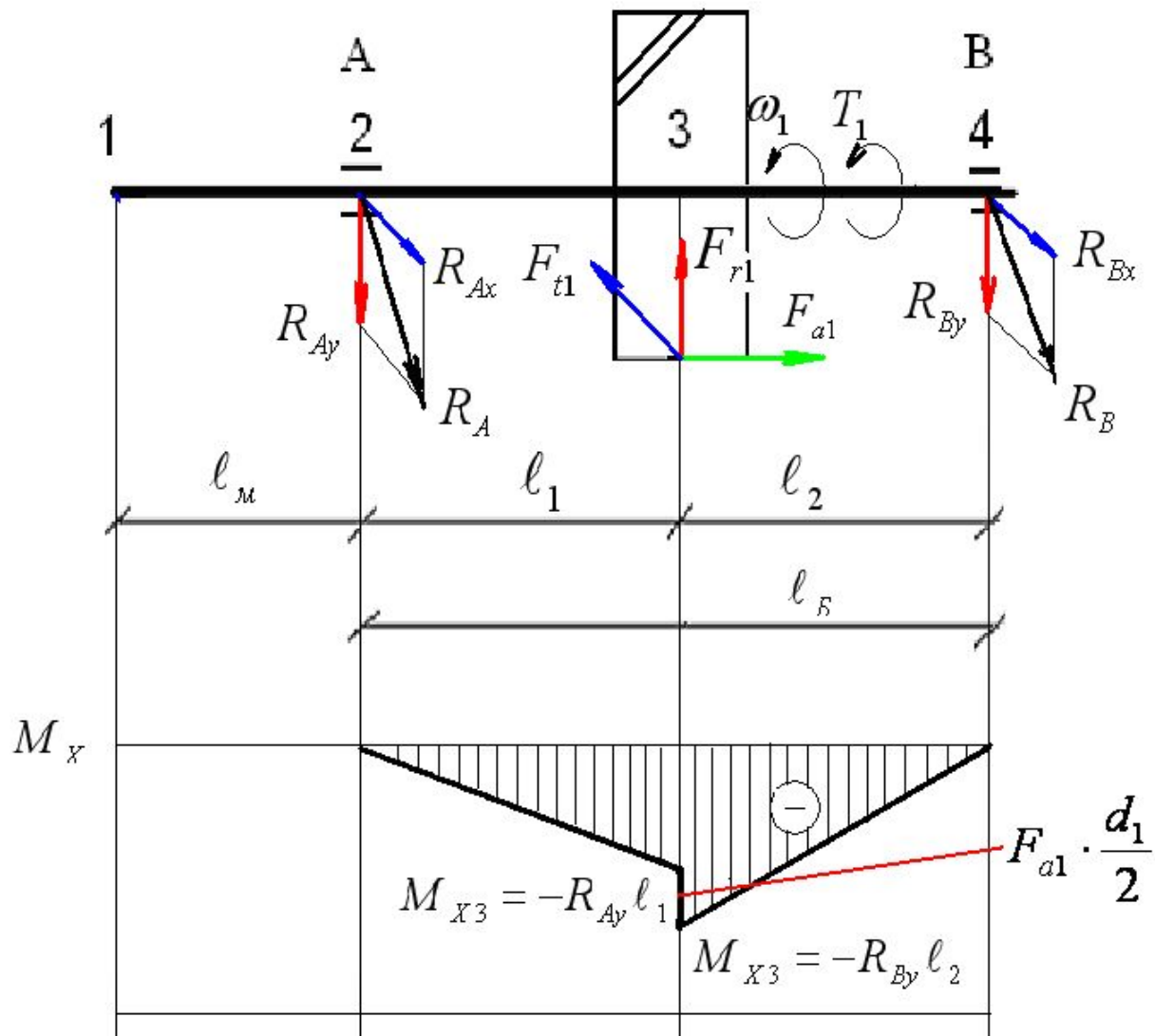


$$\sum M_A = 0$$

$$R_{By} \cdot l_B - F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} - F_{r1} \cdot l_1 = 0 \quad R_{By} = \frac{F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} + F_{r1} \cdot l_1}{l_B}$$

Проверка: $\sum Y = 0 \quad F_{r1} - R_{Ay} - R_{By} = 0$

Изгибающие моменты в верт. плоскости

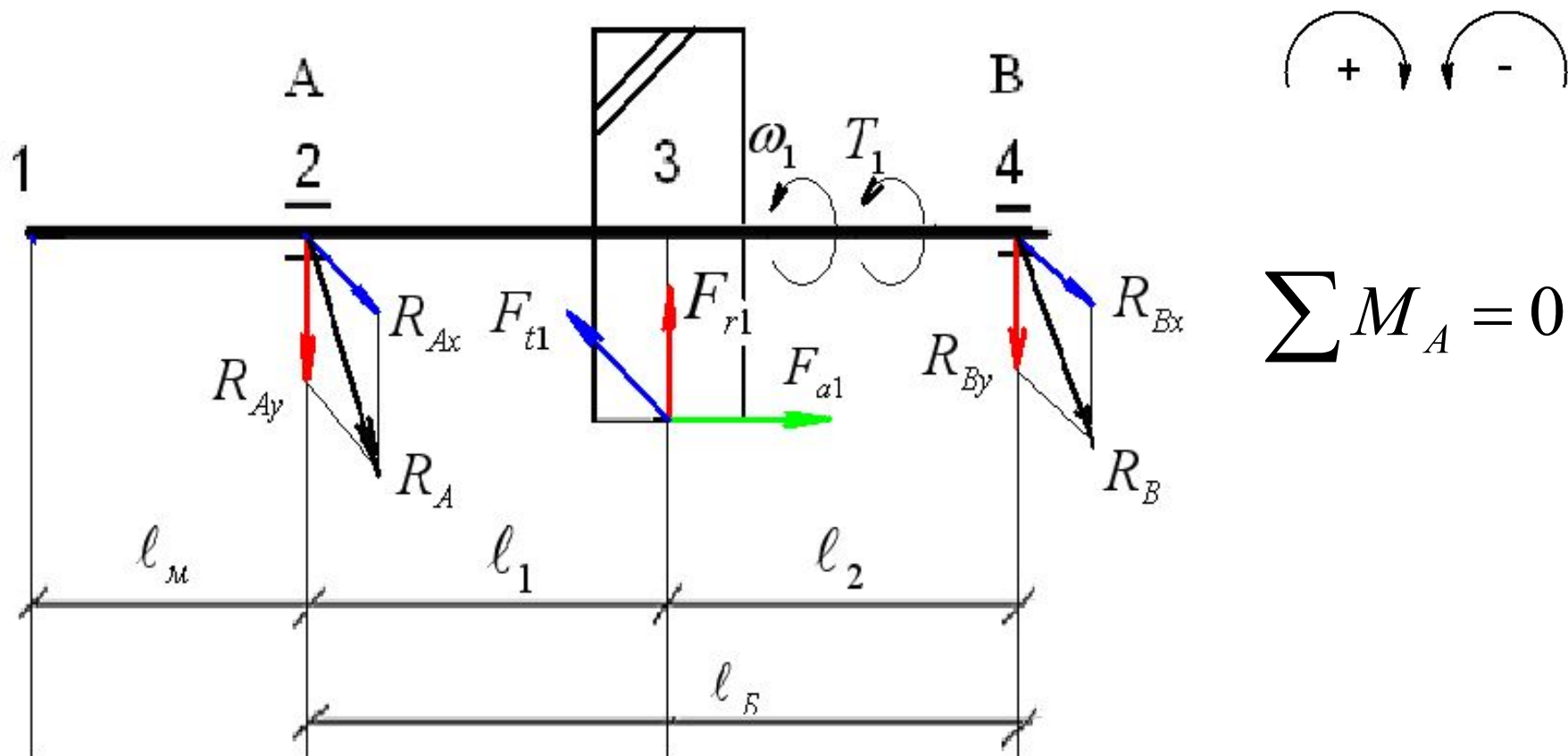


знак $\cup$ $\cap$

$$M_{X2} = 0$$

$$M_{X4} = 0$$

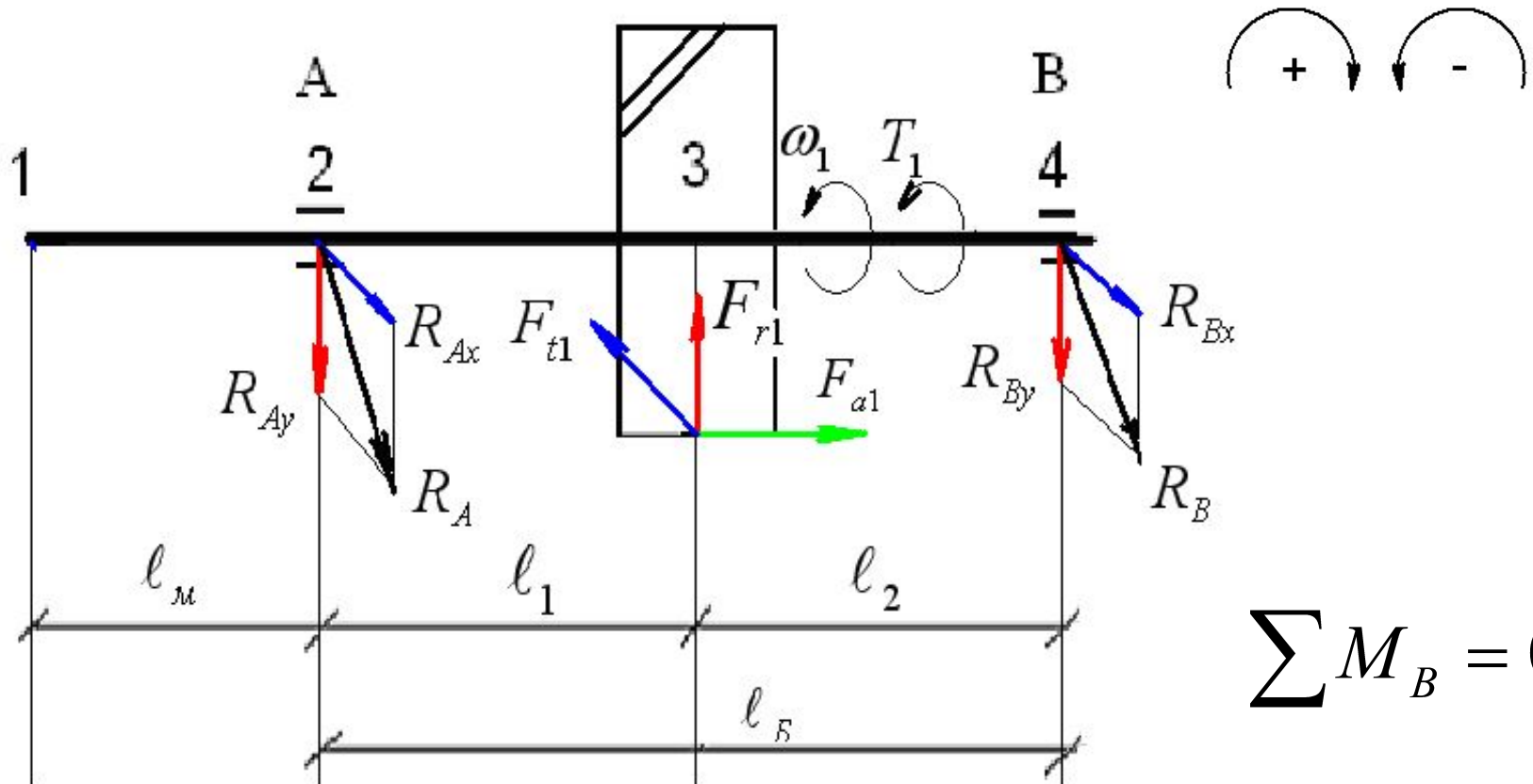
Реакции в опорах в горизонт. плоскости



$$\sum M_A = 0$$

$$-F_{t1} \cdot l_1 + R_{Bx} \cdot l_B = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{Bx} = \frac{F_{t1} \cdot l_1}{l_B}$$

Реакции в опорах в горизонт. плоскости

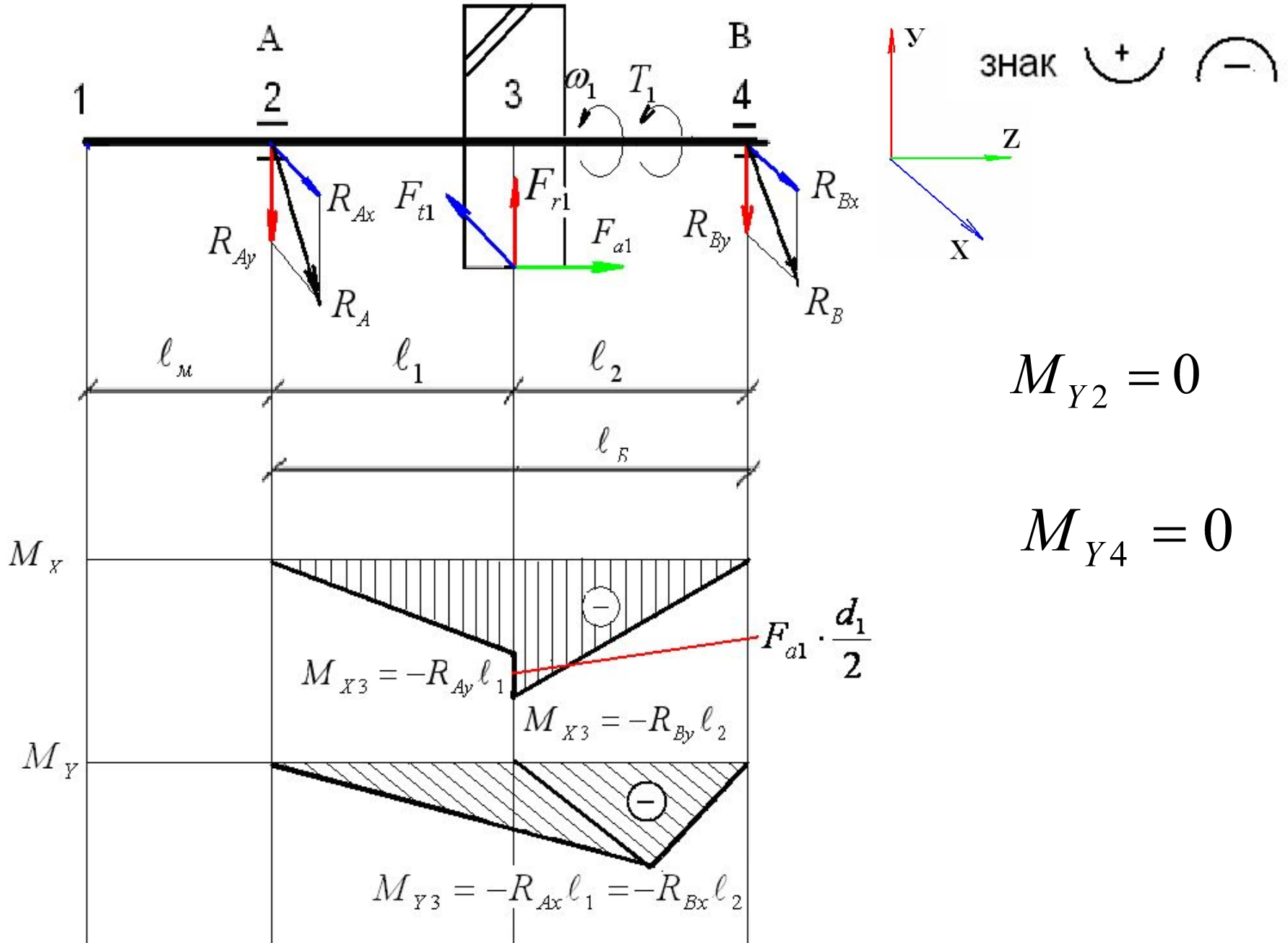


$$\sum M_B = 0$$

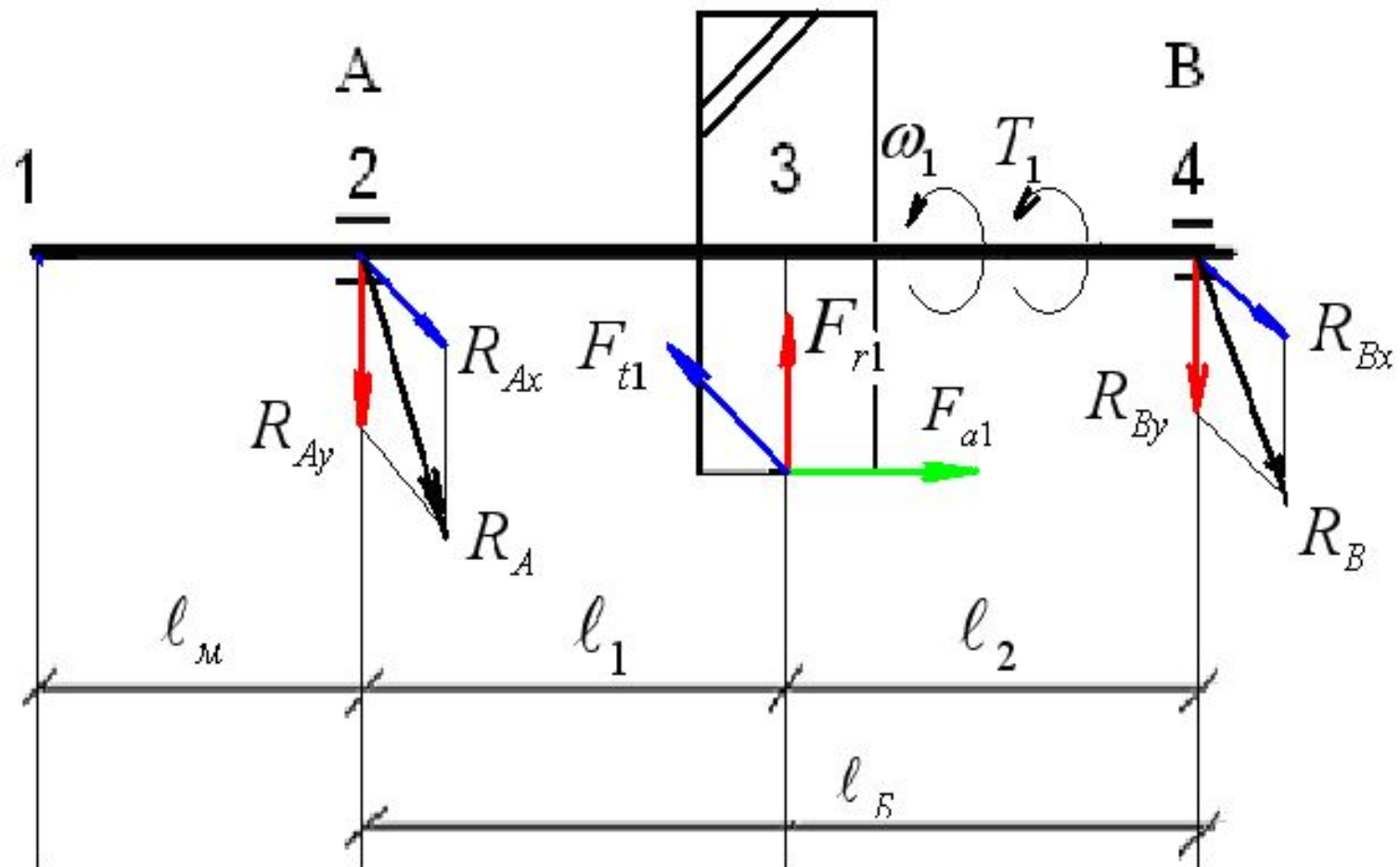
$$F_{t1} \cdot l_2 - R_{Ax} \cdot l_B = 0 \Rightarrow R_{Ax} = \frac{F_{t1} \cdot l_2}{l_B}$$

Проверка: $\sum X = 0 \quad R_{Ax} - F_{t1} + R_{Bx} = 0$

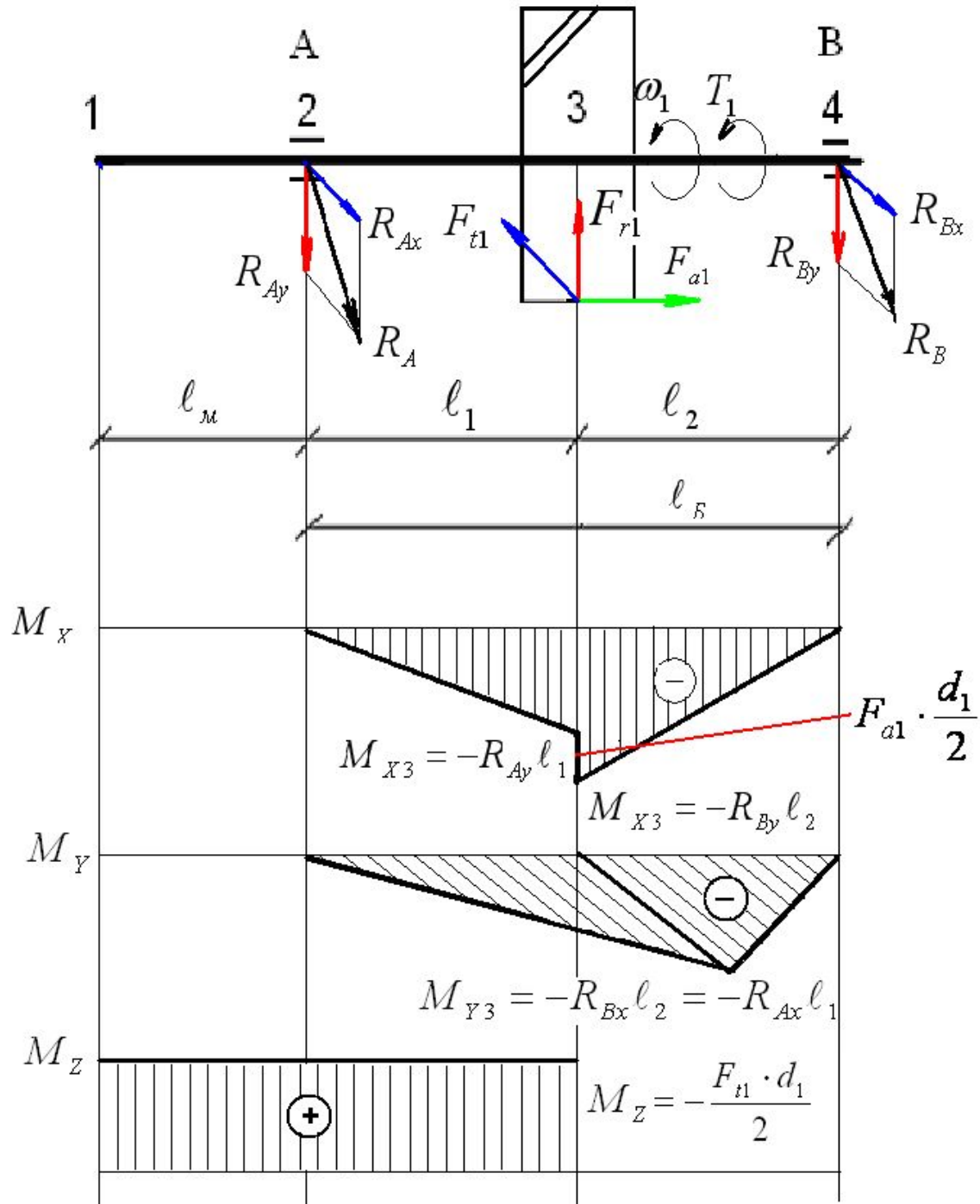
Изгибающие моменты в горизонт. плоскости



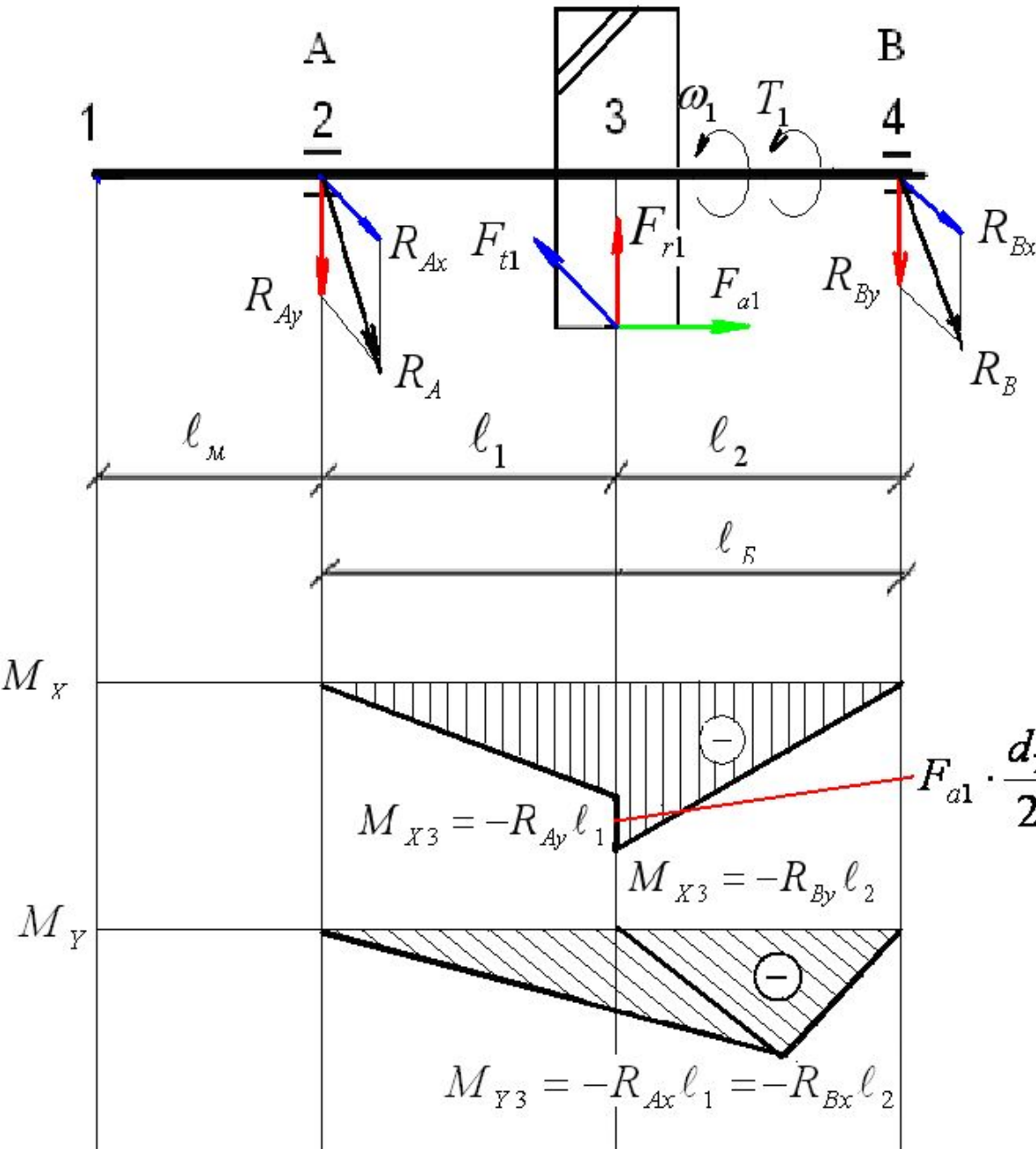
Крутящий момент



Крутящий момент



Суммарные изгибающие моменты



$$M_3 = \sqrt{M_{x3}^2 + M_{y3}^2}$$

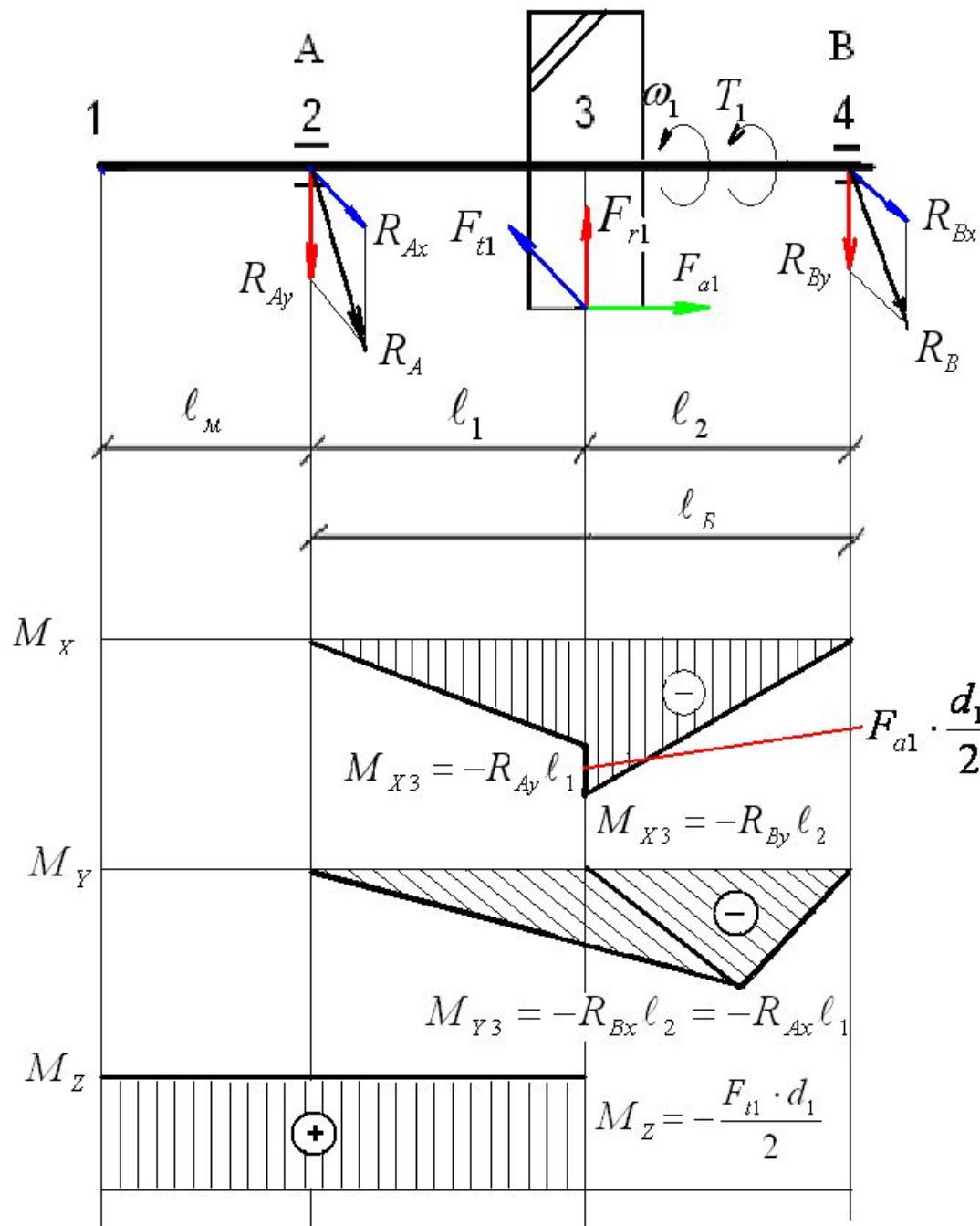
$$F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$M_{x3} = -R_{Ay} \ell_1$$

$$M_{x3} = -R_{By} \ell_2$$

$$M_{y3} = -R_{Ax} \ell_1 = -R_{Bx} \ell_2$$

Диаметр опасного сечения вала



$$d_{on.сеч.} = \sqrt[3]{\frac{M_{\Sigma KB} \cdot 10^3}{0,1[\sigma]_{-1}}}$$

$$M_{\Sigma KB} = \sqrt{M_{изг}^2 + M_{кр}^2}$$

Проверочный уточненный расчет валов

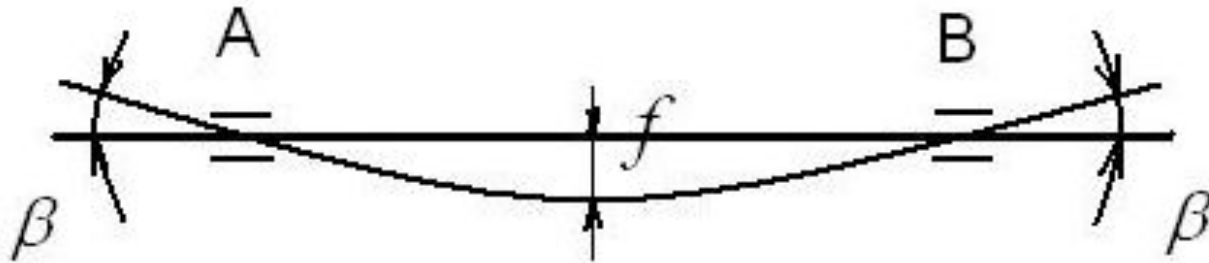
$$n \geq [n]$$

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} \geq [n]$$

n_{σ} n_{τ} - коэффициенты запаса прочности по нормальным и касательным напряжениям

$$[n] = 1,5 \dots 2,5$$

Расчет валов на жесткость



Показателем жесткости является перемещение (линейное или угловое)

Условие жесткости:

$$f_{\max} \leq [f]$$

$$\beta_{\max} \leq [\beta]$$

$$\varphi_{\max} \leq [\varphi]$$

Расчет валов на колебания

Если частота действия возбуждающих сил равна или кратна частоте вращения вала, наступает **резонанс**

$$n \leq n_{кр} \quad n \geq n_{кр} \quad n_{кр} \approx 300 \sqrt{\frac{1}{f}}$$

Расчет валов на колебания

Существует 3 режима работы валов:

- режим докритической скорости
- режим критической скорости
- режим закритической скорости.

Пределы вибрационной устойчивости:

$$n \leq 0,7n_{кр}$$

$$n \geq 1,3n_{кр}$$

$$0,7n_{кр} \geq n \leq 1,3n_{кр}$$