

Дисциплина:

- Рабочие процессы автомобилей и тракторов
- (в данном курсе на основании рабочих процессов изложены элементы функциональных и прочностных расчетов механизмов и деталей автомобиля. Рассмотрены тенденции развития конструкции автомобилей и их агрегатов)

Литература

- Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. «Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета». М.: «Машиностроение», 1989
- Нарбут А.Н. «Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем» М.: «Академия», 2008 – 15 шт.
- Вахламов В.К. «Автомобили. Конструкция и элементы расчета» М.: «Академия», 2006 - 20

- Богатырев А.В. И др.
«Автомобили» М.: «Колос», 2008 -5 шт.
- Пузанков А.Г. «Автомобили. Основы теории расчета с анализом устройства механизмов и физической сущности их отказов» ИД Альянс, 2013 - 10 шт.
- Чмиль В.П., Чмиль Ю.В.
«Автотранспортные средства» Лань, 2011 - 11 шт.

Основы расчета деталей на прочность

(краткое повторение курса «Сопротивление
материалов»)

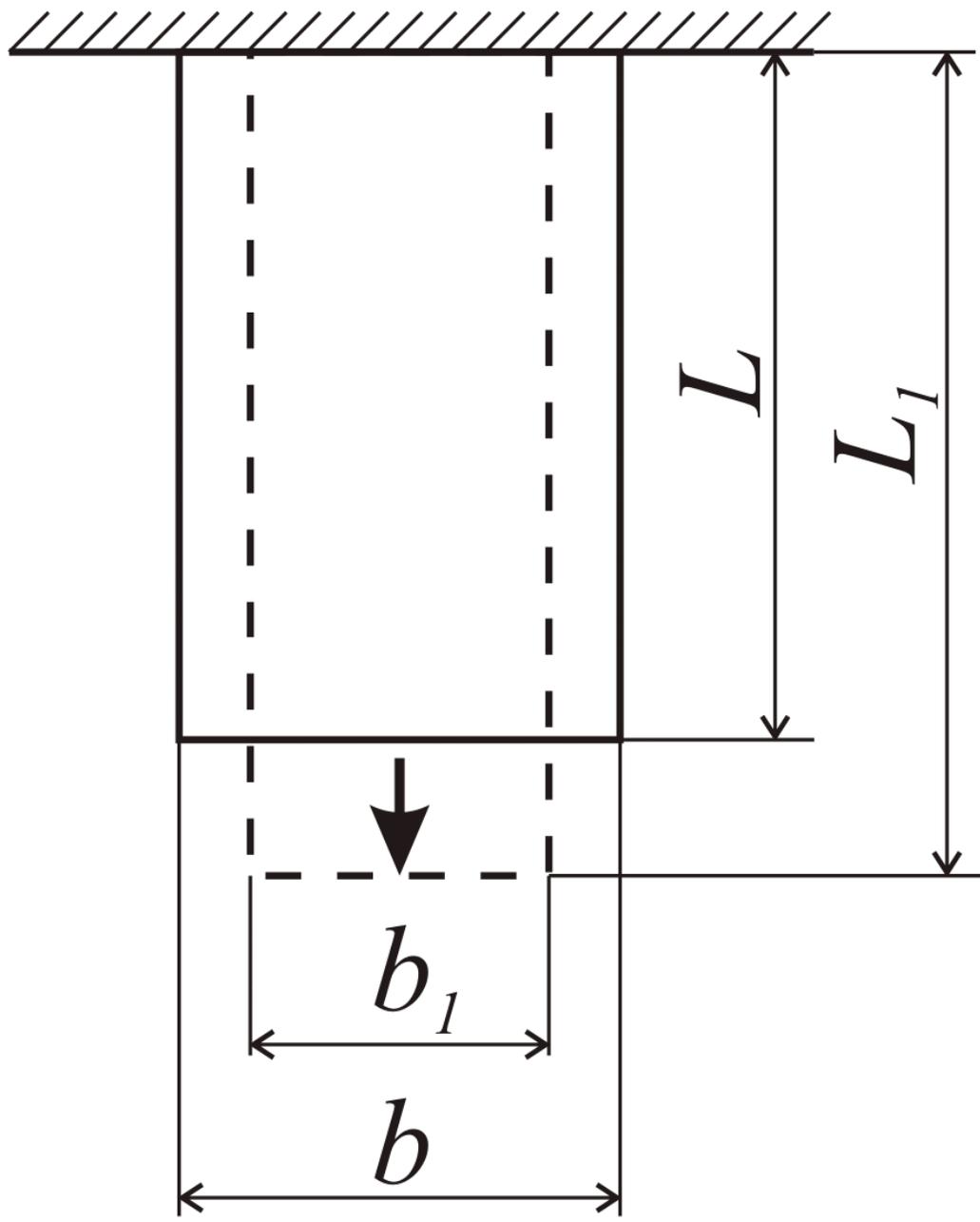
Внутренние усилия – дополнительные межуатомные связи, возникающие в элементе под действием внешних сил

Напряжение - внутреннее усилие, отнесенное к единице площади поперечного сечения

Если внутреннее усилие перпендикулярно к сечению, напряжение называется нормальным, если \parallel – касательным

$$\sigma = \frac{N}{F}$$

$$\tau = \frac{T}{F}.$$



Абсолютное удлинение: $\Delta L = L_1 - L$

Относительное
удлинение

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}.$$

Абсолютное

поперечное

сужение: $\Delta v = v - v_1$;

$$\varepsilon' = \frac{\Delta v}{v}.$$

$$\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \quad \begin{array}{l} \text{- коэффициент} \\ \text{Пуассона} \end{array}$$

Для стали $\mu = 0,25 \dots 0,3$

Основной закон сопротивления материалов – закон Гука. Абсолютное удлинение прямо пропорционально усилию, приложенному к стержню, его длине и обратно пропорционально площади поперечного сечения.

$$\Delta L = \frac{PL}{EF},$$

где E – модуль упругости первого рода, или модуль Юнга

Сталь $E = 2 \cdot 10^5$ МПа

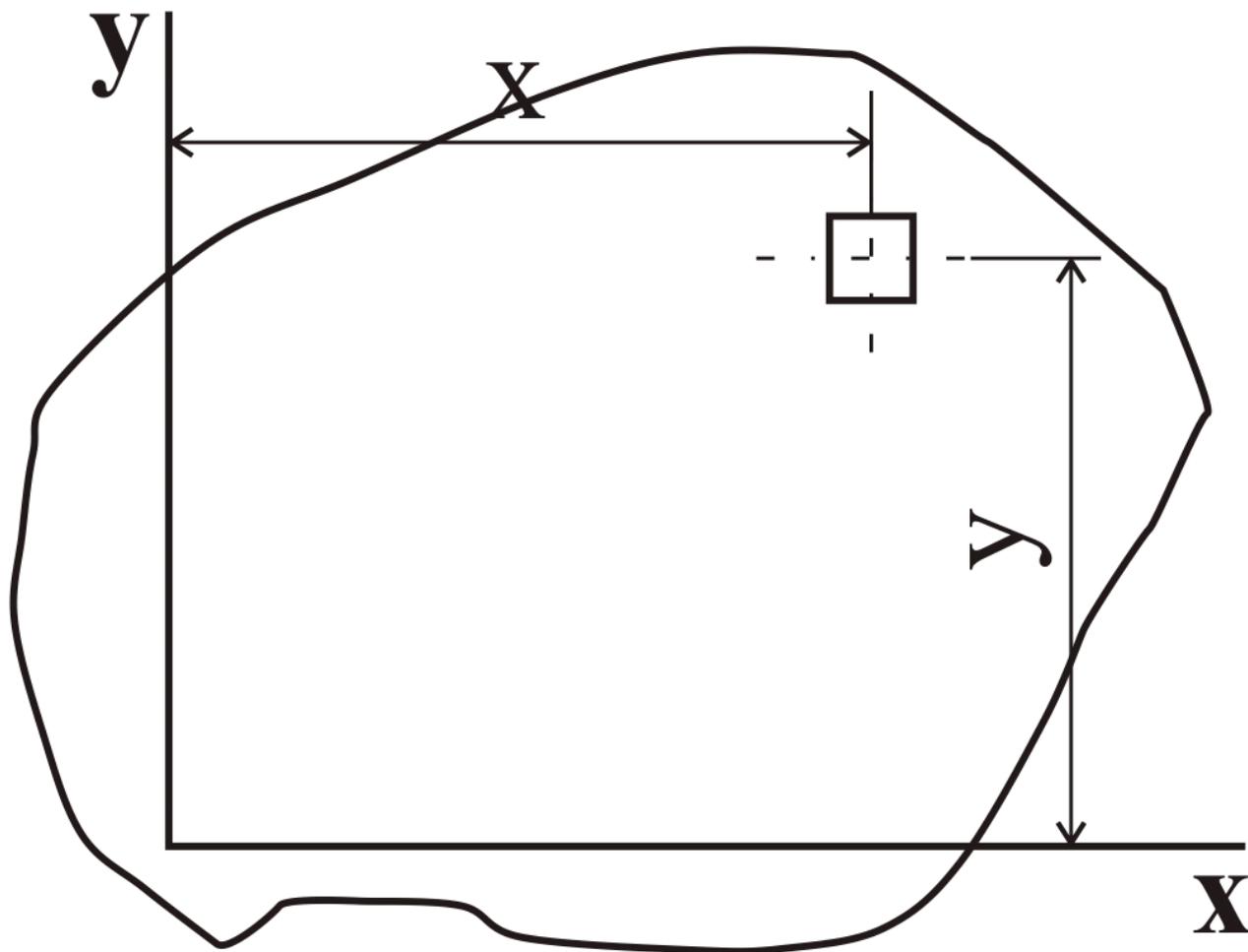
Разделим обе части на L :

$$\frac{\Delta L}{L} = \varepsilon; \frac{P}{F} = \sigma; \sigma = \varepsilon E.$$

При расчетах деталей машин и механизмов основным является расчет на прочность по допускаемым напряжениям

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F} \leq [\sigma].$$

Характеристики плоских сечений



Статические моменты сечения относительно осей

$$S_x = \int_F y dF; S_y = \int_F x dF.$$

Их также можно определить по формулам

$$S_x = Y_c F; S_y = X_c F,$$

где X_c, Y_c – координаты центра тяжести сечения

Моменты инерции сечения

- а) Осевой момент инерции относительно какой-либо координатной оси – интеграл, распространенный по всей его площади, произведения элементарной площади на квадрат ее расстояния до данной оси

$$Y_x = \int_F y^2 dF \quad Y_y = \int_F x^2 dF$$

Моменты инерции сечения

- б) Центробежный момент инерции сечения

$$Y_{xy} = \int_F xy dF$$

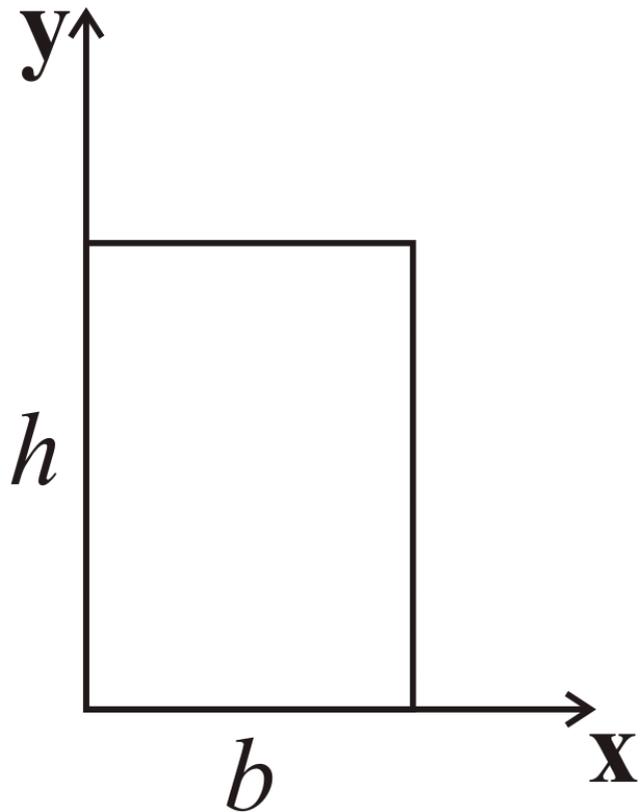
Моменты инерции сечения

- в) Полярный момент инерции сечения относительно точки пересечения координатных осей (полюса)

$$Y_p = \int_F \rho^2 dF \quad \rho^2 = x^2 + y^2.$$

$$Y_p = \int_F (x^2 + y^2) dF = \int_F x^2 dF + \int_F y^2 dF$$

Моменты инерции простых сечений

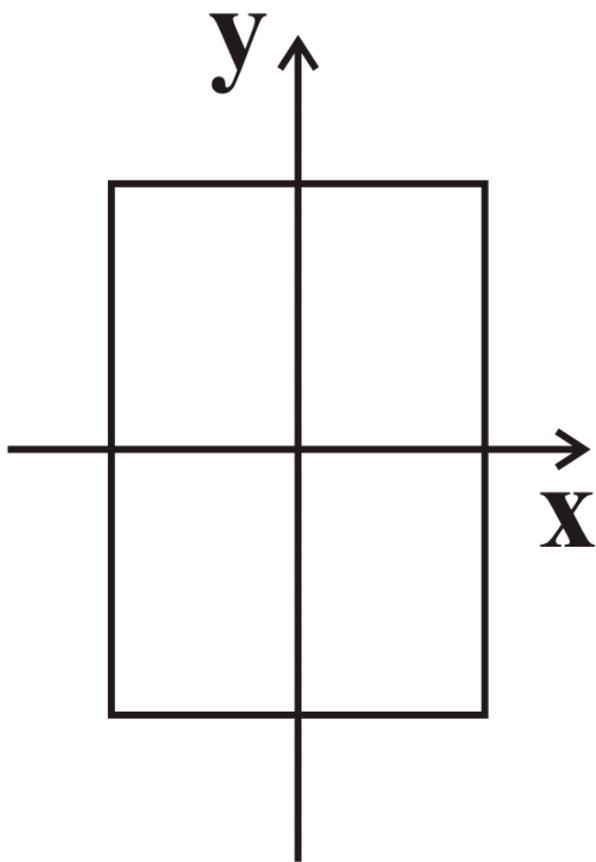


Осевой:

$$J_{x1} = \frac{bh^3}{3}$$

$$J_{y1} = \frac{b^3h}{3}$$

Для прямоугольника
относительно центральных осей



$$y_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$y_y = \frac{b^3h}{12}$$

Центробежный момент инерции

Для симметричных фигур
относительно центральных осей
всегда равен нулю

Для прямоугольника
$$J_{x_1 y_1} = \frac{v^2 h^2}{4};$$

Моменты инерции для круга и кольца

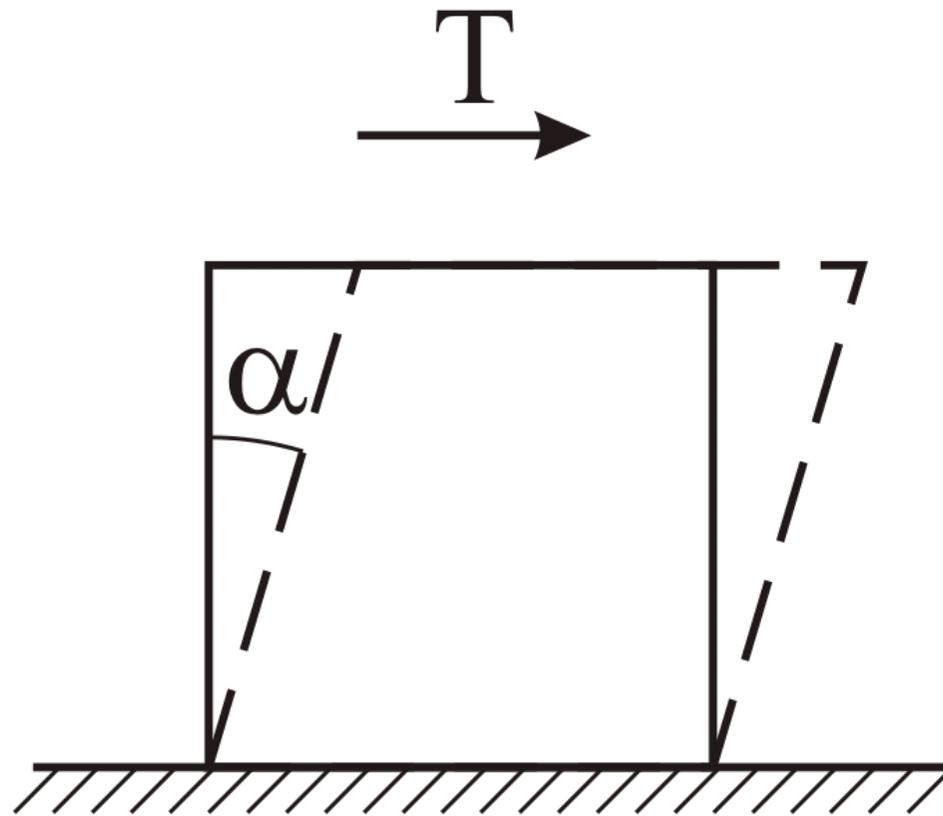
- Круг:

$$Y_p = \frac{\pi d^4}{32} \quad Y_x = Y_y = \frac{Y_p}{2} = \frac{\pi d^4}{64};$$

Кольцо:

$$Y_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha^4) \quad Y_x = Y_y = \frac{\pi d^4}{64} (1 - \alpha^4).$$

Чистый сдвиг



Касательное напряжение при сдвиге

$$\tau = \frac{E}{2(1 + \mu)} \gamma, \quad \text{где } \gamma \text{ – угол сдвига}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad \begin{array}{l} \text{- модуль сдвига} \\ \text{(модуль упругости} \\ \text{второго рода)} \end{array}$$

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$$

закон Гука при сдвиге

$$\tau = \gamma G$$

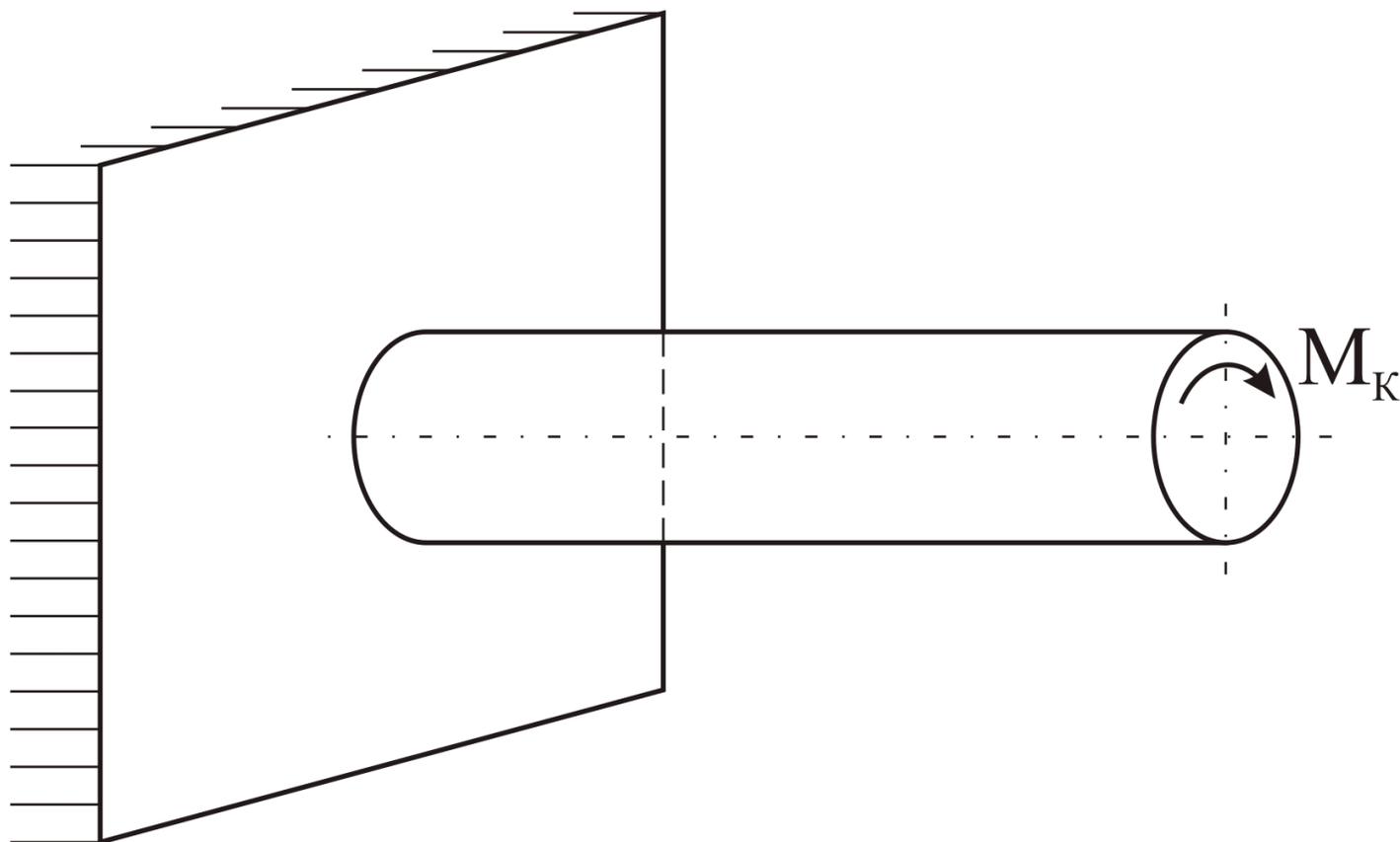
Кручение

- Деформация кручения вызывается парами сил, лежащими в плоскостях, перпендикулярных к оси стержня
- Определение величины крутящего момента для ДВС:

$$M = 7162 \frac{N(\text{л.с.})}{n} [\text{Н} \cdot \text{м}]$$

$$M = 9550 \frac{N(\text{кВт})}{n} [\text{Н} \cdot \text{м}],$$

Расчетная схема



Относительный угол закручивания

$$\theta = \frac{M_k}{GJ_p} \quad \text{в градусах на единицу длины вала}$$

Полный угол закручивания

$$\varphi = \frac{M_k L}{GJ_p} \quad \text{- закон Гука при кручении}$$

Определим касательное напряжение в любой точке поперечного сечения вала, отстоящей от его центра на расстояние ρ

$$\tau = \frac{M_k}{J_p} \rho.$$

$$\tau = \tau_{\max} \cdot \text{при } \rho = \rho_{\max} = r$$

Максимальное касательное
напряжение на поверхности вала

$$\tau_{\max} = \frac{M_K}{J_p} r = \frac{M_K}{\frac{J_p}{r}} r \cdot$$

полярный момент сопротивления
или момент сопротивления
кручению

$$W_p = \frac{Y_p}{r}$$

Для круга:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16}$$

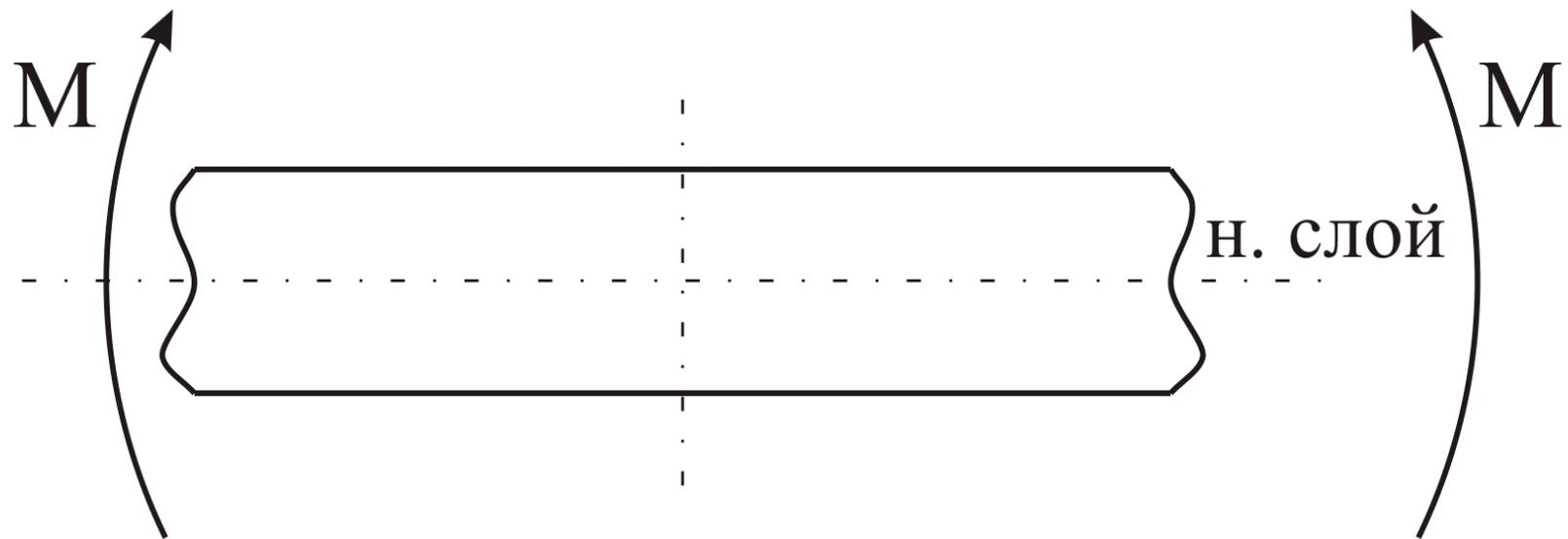
Для кольца

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} (1 - \alpha^4).$$

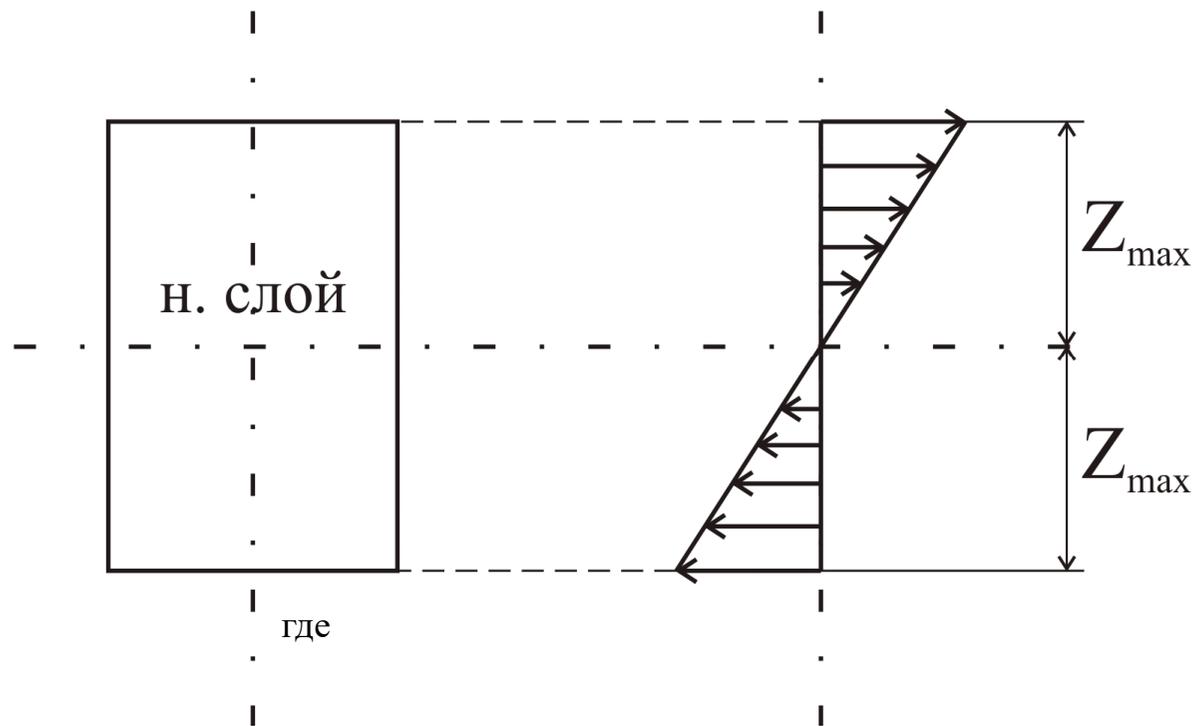
Условие прочности при кручении

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\kappa}}{W_p} \leq \tau.$$

Изгиб. Расчет на прочность



Нормальные напряжения в любой точке поперечного сечения балки прямо пропорциональны величине изгибающего момента, действующего в нем и расстоянию точки от нейтральной оси и обратно пропорциональны моменту инерции сечения относительно нейтральной оси



$$\sigma = \frac{M}{y} Z,$$

M – изгибающий момент, возникающий в данном поперечном сечении балки;

Y – осевой момент инерции сечения относительно нейтральной оси;

Z – расстояние от нейтральной оси до поперечного сечения балки

В условии прочности необходимо подставить величину наибольшего напряжения. То есть формулу надо применить к опасному сечению балки, в котором $M=M_{\max}$ и вместо z подставляем z_{\max} .

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{y} z_{\max}$$

разделим числитель и знаменатель на z_{\max}

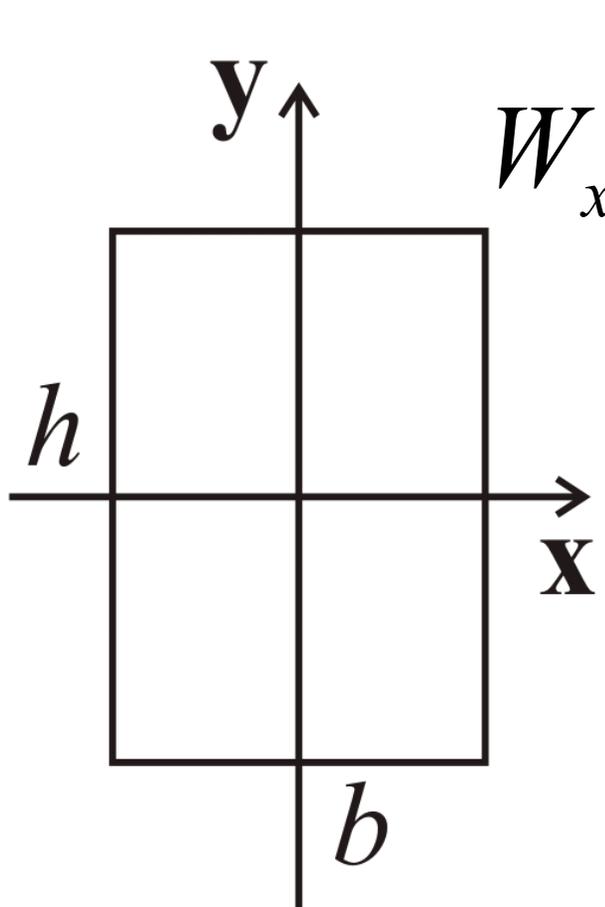
$$W = \frac{y}{Z_{\max}}$$

- осевой момент
сопротивления или
момент сопротивления
изгибу.

Условие прочности при изгибе

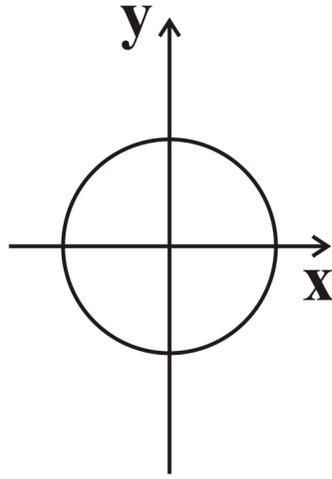
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma].$$

Момент сопротивления изгибу для простых фигур



The diagram shows a rectangular cross-section centered on a coordinate system. The vertical axis is labeled y and the horizontal axis is labeled x . The height of the rectangle is labeled h and the width is labeled b . The origin of the coordinate system is at the center of the rectangle.

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{bh^3}{12} \frac{2}{h} = \frac{bh^2}{6}$$
$$W_y = \frac{b^2 h}{6}.$$



Круг

$$W_x = W_y = \frac{\pi d^3}{32}$$

Кольцо

$$W_x = W_y = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4).$$

