

Рис. 1

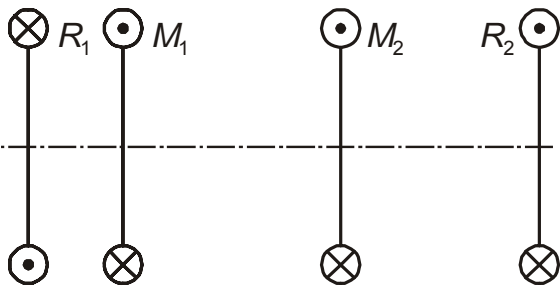


Рис. 2

Имеется вал, состоящий из трех участков, причем формы и размеры поперечных сечений первого и третьего участков совпадают. Рассматриваются следующие сечения:
 1 - круг диаметром d ;
 2 - толстостенная труба внешним диаметром D и внутренним диаметром $s \cdot D$, где s ($s < 1$) - константа;
 3 - тонкостенная труба внешним диаметром D и толщиной стенки $\delta = \frac{D}{t}$, где t ($t \gg 1$) - константа;

4 - квадрат стороной d ;
 5 - прямоугольник шириной d и высотой D ;
 6 - коробчатый профиль (тонкостенный квадрат) стороной D и толщиной стенки δ .
 Сечения такие же, как в Домашнем задании №3 "Кручение", но можно менять "параметры толстостенности и тонкостенности" (s и t соответственно).

Требуется:

- * в наглядном виде изобразить вал, нагруженный двумя активными и двумя реактивными моментами;
- * показать поперечные сечения вала.

$kN \equiv 1000 \cdot N$ $MPa \equiv 10^6 \cdot Pa$ $H(z) \equiv \Phi(z)$ $^\circ \equiv deg$ 1°

$$\delta = \frac{D}{t}$$

Константы

- $L := 5$ Общая длина вала
- $d := 1$ Безразмерный диаметр
- $D := 2 \cdot d$ Большой диаметр
- $s := \frac{9}{10}$ "Параметр толстостенности"
- $t := 20$ "Параметр тонкостенности"
- $\delta := \frac{D}{t}$ Толщина стенки тонкостенных профилей

Вектора

$$I_K := \begin{bmatrix} \frac{\pi \cdot d^4}{32} \\ \frac{\pi \cdot D^4}{32} \cdot (1 - s^4) \\ \frac{\pi \cdot D^3 \cdot \delta}{4} \\ 0.141 \cdot d^4 \\ 2 \cdot 0.229 \cdot d^4 \\ D^3 \cdot \delta \end{bmatrix} \quad W_K := \begin{bmatrix} \frac{\pi \cdot d^3}{16} \\ \frac{\pi \cdot D^3}{16} \cdot (1 - s^4) \\ \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \delta}{2} \\ 0.208 \cdot d^3 \\ 2 \cdot 0.246 \cdot d^3 \\ 2 \cdot D^2 \cdot \delta \end{bmatrix}$$

Вектор I_K содержит моменты инерции, W_K - моменты сопротивления, и V - габариты сечений

$$V := \begin{pmatrix} d \\ D \\ D \\ d \\ D \\ D \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 - \text{круг} \\ 2 - \text{толстостенная труба} \\ 3 - \text{тонкостенная труба} \\ 4 - \text{квадрат} \\ 5 - \text{прямоугольник} \\ 6 - \text{коробчатый профиль} \end{matrix}$$

$$Section := \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Вектор $Section$ содержит два числа 1...6, задающих форму сечений: первое число - на первом и третьем участках, второе - на втором

$$m := \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \end{pmatrix} \cdot 5$$

Величины внешних моментов. Положительные направления указаны на рисунке. Число за вектором выбирается из соображений наглядности

$$lM := \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Координаты внешних моментов (на Рис. 1 обозначены l_{M1} и l_{M2} соответственно)

$$l := \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Координаты границ участков (на Рис. 1 обозначены l_1 и l_2 соответственно)

$$R_2 := 1$$

Реактивный момент в правой заделке. При решении статически определимой задачи он вычисляется исходя из уравнения совместности перемещений. В данное решение этот расчет не входит. Положительное направление момента указано на Рис. 2.

$$R_1 := -(R_2 + m_1 + m_2)$$

$$DrawCircle(\Theta, d) := \frac{d}{2}$$

Функция изображения круга в полярных координатах

$$\Theta := 0^\circ, 2^\circ \dots 360^\circ$$

Угол для изображения сечений в полярных координатах

$$DrawRect(x, b, h) :=$$

$$\left. \begin{aligned} & Slash \leftarrow atan\left(\frac{h}{b}\right) \\ & Backslash \leftarrow atan\left(\frac{b}{h}\right) \\ & \frac{b}{2 \cdot \cos(x)} \quad \text{if } 0 \leq x \leq Slash \\ & \frac{h}{2 \cdot \sin(x)} \quad \text{if } Slash \leq x \leq \frac{\pi}{2} + Backslash \\ & -\frac{b}{2 \cdot \cos(x)} \quad \text{if } \frac{\pi}{2} + Backslash \leq x \leq \pi + Slash \\ & -\frac{h}{2 \cdot \sin(x)} \quad \text{if } \pi + Slash \leq x \leq \frac{3}{2} \cdot \pi + Backslash \\ & \frac{b}{2 \cdot \cos(x)} \quad \text{otherwise} \end{aligned} \right\}$$

Функция изображения прямоугольника шириной b и высотой h в полярных координатах

$$Draw(\Theta, d) :=$$

$$\left(\begin{array}{cc} DrawCircle(\Theta, d) & 0 \\ DrawCircle(\Theta, D) & DrawCircle\left(\Theta, \frac{9}{10}D\right) \\ DrawCircle\left(\Theta, D + \frac{\delta}{2}\right) & DrawCircle\left(\Theta, D - \frac{\delta}{2}\right) \\ DrawRect(\Theta, d, d) & 0 \\ DrawRect(\Theta, d, 2 \cdot d) & 0 \\ DrawRect\left(\Theta, 2 \cdot d + \frac{\delta}{2}, 2 \cdot d + \frac{\delta}{2}\right) & DrawRect\left(\Theta, 2 \cdot d - \frac{\delta}{2}, 2 \cdot d - \frac{\delta}{2}\right) \end{array} \right)$$

Матрица функций изображения всех заданных сечений в полярных координатах

$$s1 := Section_1 \quad \text{Номер профиля на первом и третьем участках}$$

$$s2 := Section_2 \quad \text{Номер профиля на втором участке}$$

$$Sec_{1e}(\Theta, d) := Draw(\Theta, d)_{s1,1}$$

$$Sec_{1i}(\Theta, d) := Draw(\Theta, d)_{s1,2}$$

Вспомогательные функции для изображения сечений

$$Sec_{2e}(\Theta, d) := Draw(\Theta, d)_{s2,1}$$

$$Sec_{2i}(\Theta, d) := Draw(\Theta, d)_{s2,2}$$

$$Sec_{3e}(\Theta, d) := Draw(\Theta, d)_{sI, 1}$$

$$Sec_{3i}(\Theta, d) := Draw(\Theta, d)_{sI, 2}$$

$$Max := \max(|m_1|, |m_2|)$$

Масштаб (для изображения расчетной схемы)

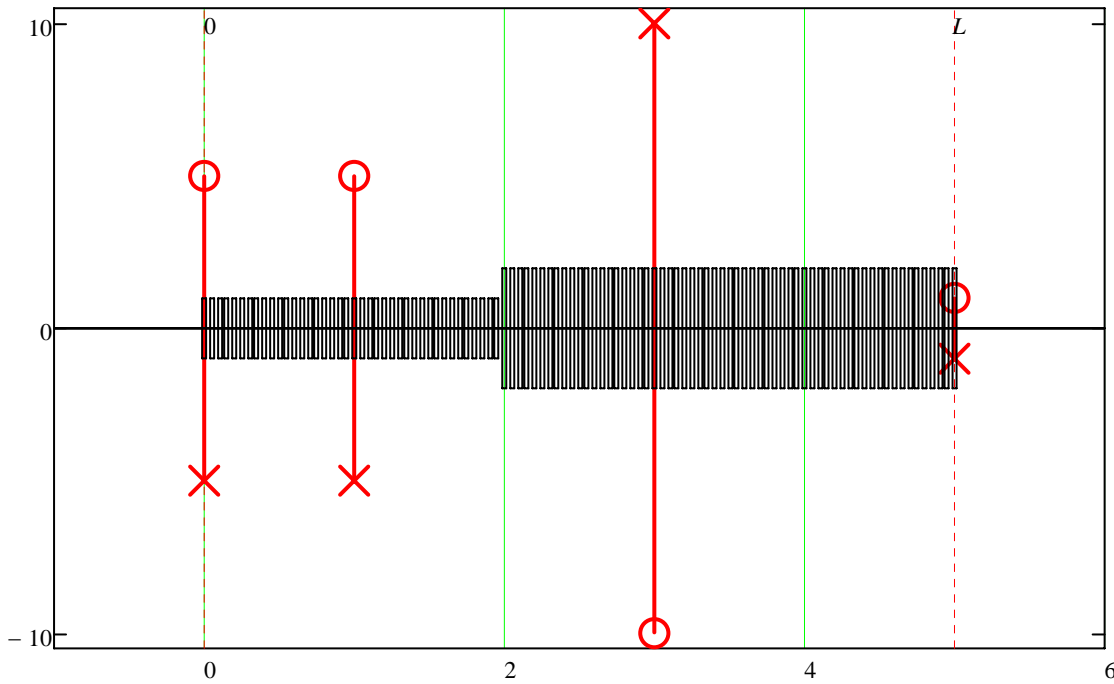
$$MC(z) := \begin{cases} R_1 & \text{if } z = 0 \wedge R_1 \neq 0 \\ m_1 & \text{if } z = lM_1 \wedge m_1 \neq 0 \\ m_2 & \text{if } z = lM_2 \wedge m_2 \neq 0 \\ R_2 & \text{if } z = L \wedge R_2 \neq 0 \end{cases}$$

$$zz := 0, 0.05 \dots L$$

Координата для изображения расчетной схемы

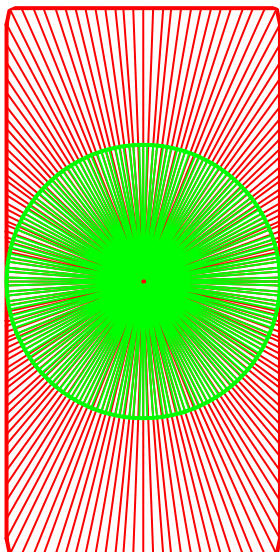
$$v(z) := \begin{cases} V_{sI} & \text{if } z \leq l_1 \\ V_{s2} & \text{if } l_1 \leq z \leq l_1 + l_2 \\ V_{sI} & \text{if } l_1 + l_2 \leq z \end{cases}$$

Функция габарита для изображения расчетной схемы



Расчетная схема

Поперечные сечения



Первый и третий участки
Второй участок