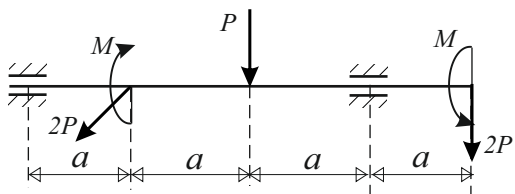
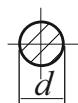
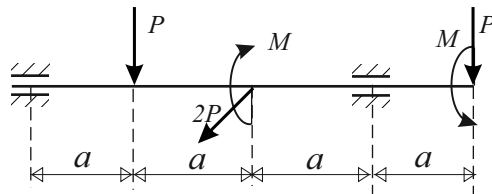


№1



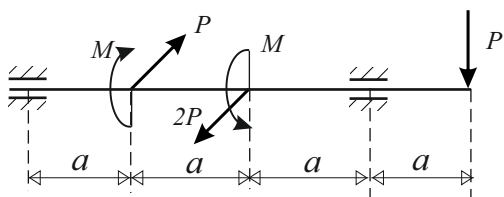
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№2



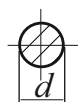
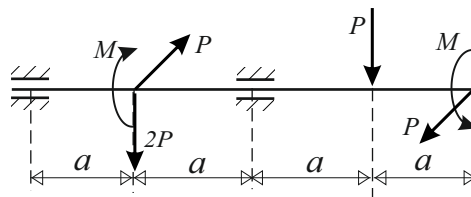
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№3



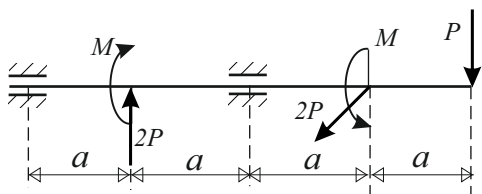
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№4



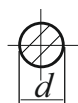
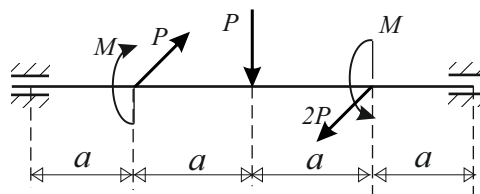
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№5



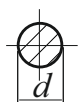
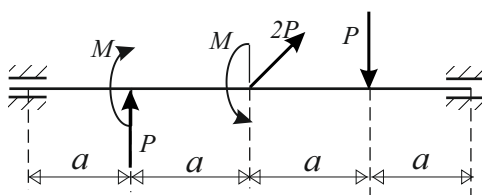
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№6



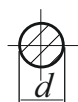
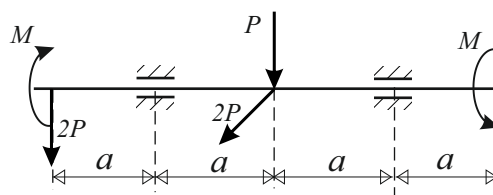
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№7



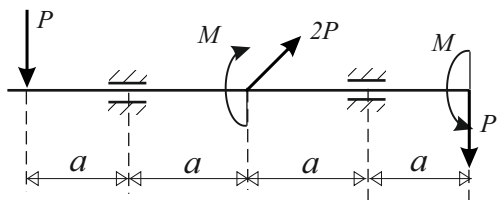
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№8



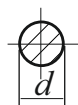
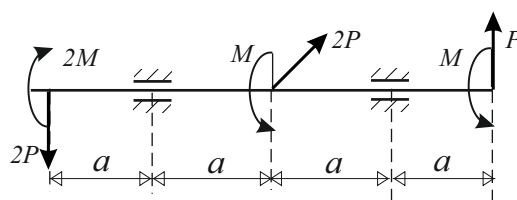
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№9



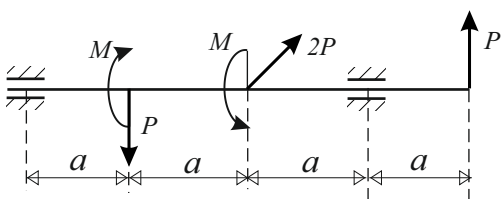
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№10



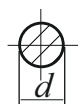
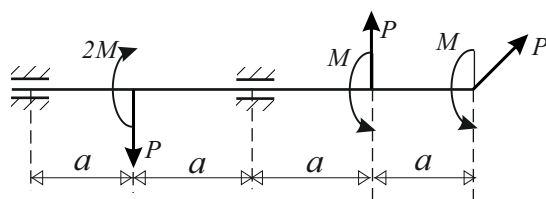
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№11



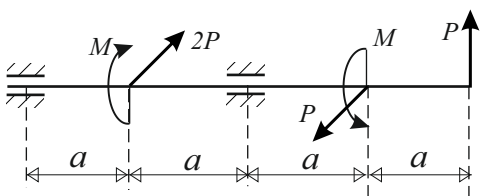
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№12



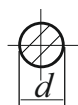
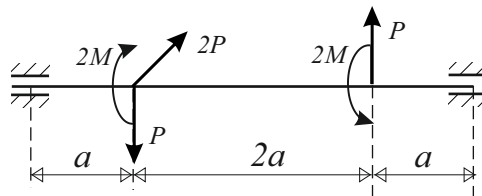
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№13



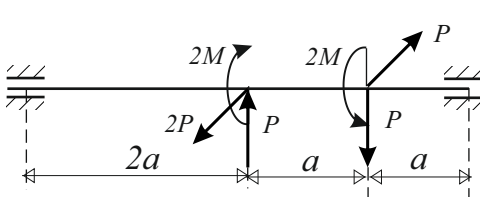
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№14



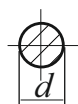
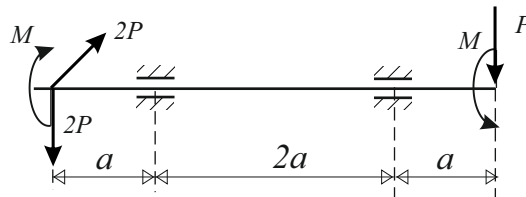
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№15



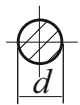
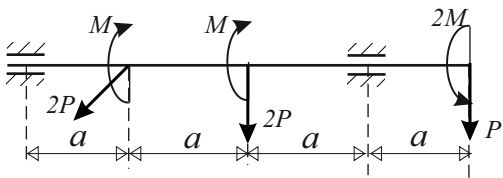
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№16



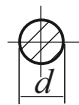
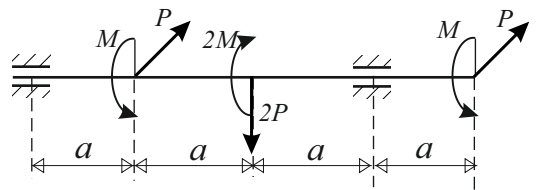
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№17



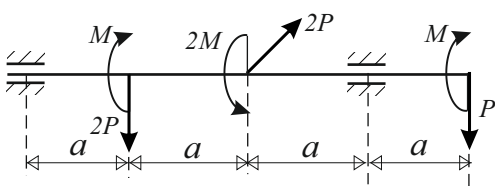
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№18



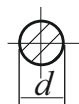
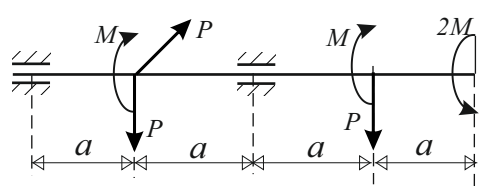
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№19



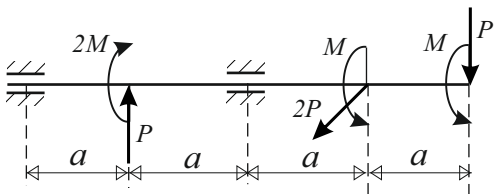
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№20



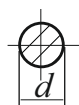
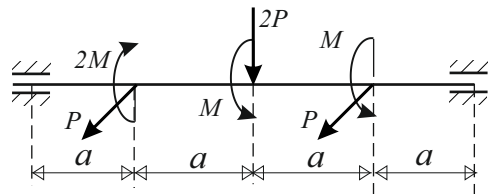
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№21



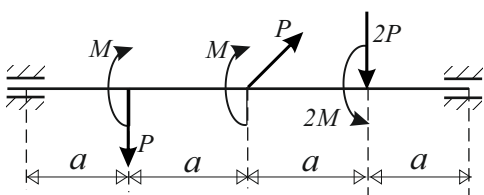
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№22



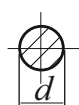
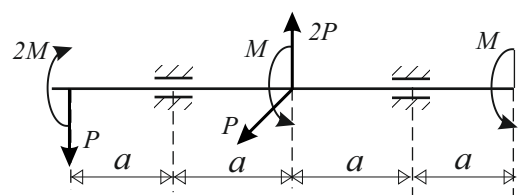
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№23



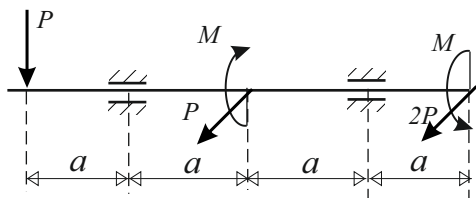
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№24



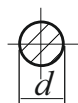
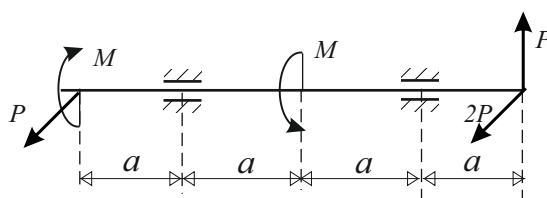
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№25



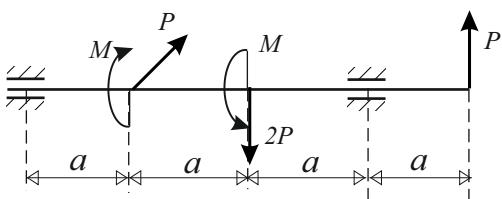
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№26



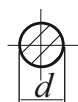
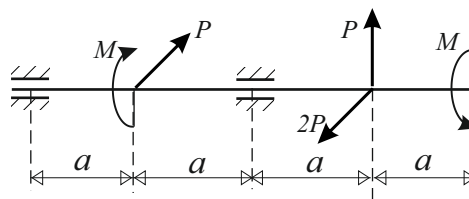
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№27



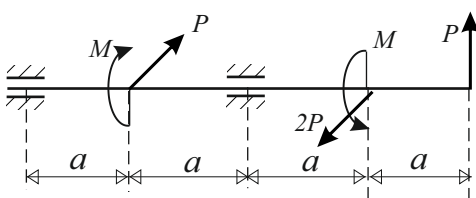
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№28



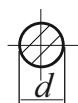
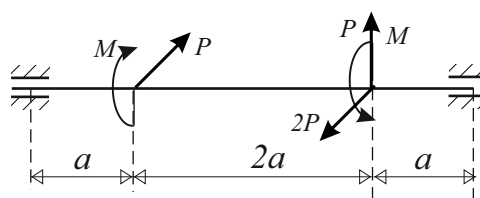
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№29



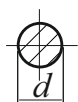
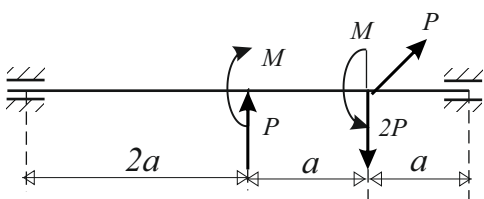
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№30



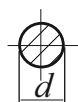
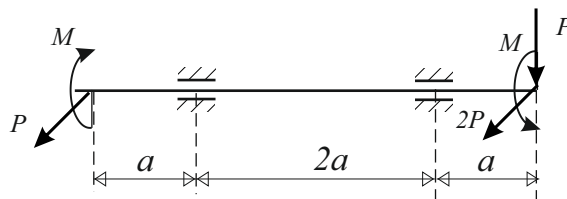
$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№31

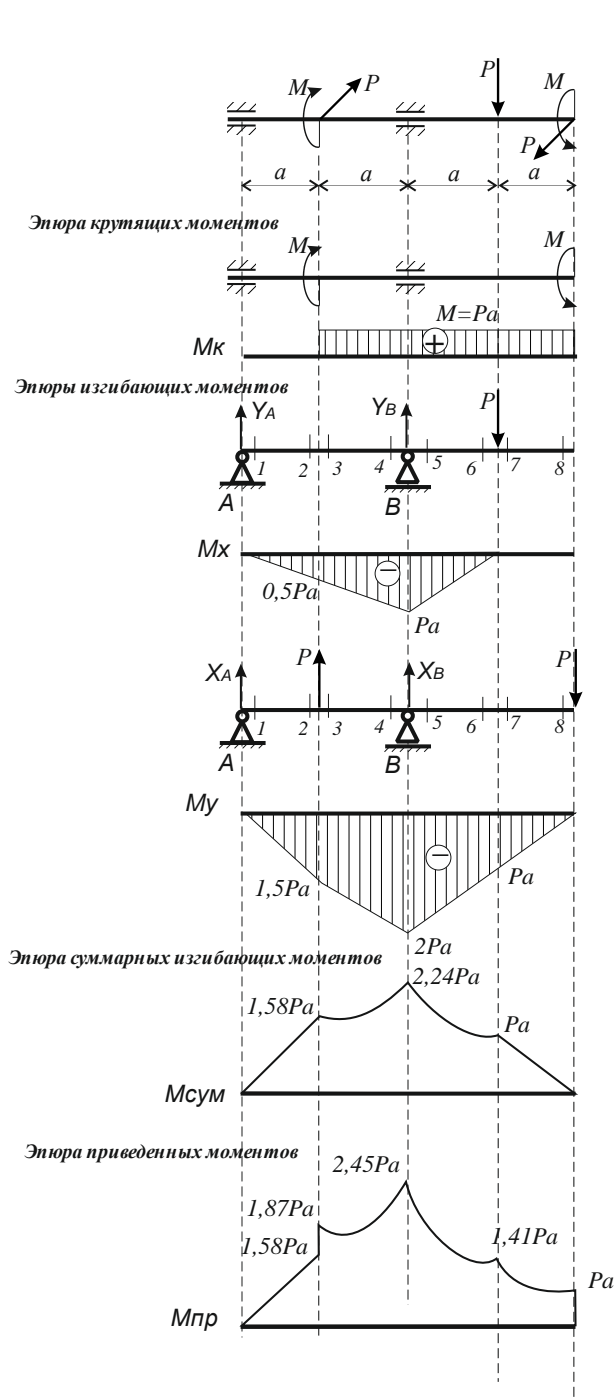


$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

№32



$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$



$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

Построение эпюры крутящих моментов M_k .

1 участок: $M_{k1}=0,$

2 участок: $M_{k2}=M=Pa,$

Построение эпюр изгибающих моментов от вертикальных и горизонтальных сил.

Построение эпюры изгибающего момента M_x :

$$\begin{cases} \sum m_B(P_{iy}) = 0, \\ \sum m_A(P_{iy}) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_A(2a) + P(a) = 0, \\ Y_B(2a) - P(3a) = 0 \end{cases}$$

$$Y_A = \frac{-Pa}{2a} = -0,5P$$

$$Y_B = \frac{P3a}{2a} = 1,5P$$

Проверка:

$$\sum P_{iy} = 0 \Rightarrow -P + Y_A + Y_B = 0$$

Величины изгибающего момента M_x в характерных сечениях:

$$M_{x1} = 0,$$

$$M_{x2} = M_{x3} = Y_A(a) = -0,5Pa,$$

$$M_{x4} = M_{x5} = Y_A(2a) = -Pa,$$

$$M_{x6} = M_{x7} = M_{x8} = 0.$$

Построение эпюры изгибающего момента M_y :

$$\begin{cases} \sum m_B(P_{ix}) = 0, \\ \sum m_A(P_{ix}) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X_A(2a) + P(a) + P(2a) = 0, \\ X_B(2a) + P(a) - P(4a) = 0 \end{cases}$$

$$X_A = \frac{-P3a}{2a} = -1,5P$$

$$X_B = \frac{P3a}{2a} = 1,5P$$

Проверка:

$$\sum P_{ix} = 0 \Rightarrow P - P + X_A + X_B = 0$$

Значения изгибающего момента M_y в характерных сечениях:

$$M_{y1} = 0,$$

$$M_{y2} = M_{y3} = X_A(a) = -1,5Pa,$$

$$M_{y4} = M_{y5} = X_A(2a) + Pa = -2Pa,$$

$$M_{y6} = M_{y7} = -Pa,$$

$$M_{y8} = 0.$$

Построение эпюры суммарного изгибающего момента.

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$M_{\text{сум}}^1 = 0,$$

$$M_{\text{сум}}^2 = M_{\text{сум}}^3 = 1,58Pa,$$

$$M_{\text{сум}}^4 = M_{\text{сум}}^5 = 2,24Pa,$$

$$M_{\text{сум}}^6 = M_{\text{сум}}^7 = Pa,$$

$$M_{\text{сум}}^8 = 0.$$

Построение эпюры приведенных моментов.

$$\begin{aligned}
M_{np} &= \sqrt{M_{сум}^2 + M_{\kappa}^2} \\
M_{np}^1 &= 0, \\
M_{np}^2 &= 1,58 Pa, \\
M_{np}^3 &= 1,87 Pa, \\
M_{np}^4 &= M_{np}^5 = 2,45 Pa, \\
M_{np}^6 &= M_{np}^7 = 1,41 Pa, \\
M_{np}^8 &= Pa.
\end{aligned}$$

Определение диаметра вала.

Опасным является сечение, где приведенный момент достигает максимального значения.

Условие прочности вала при использовании теории наибольших касательных напряжений (третьей теории прочности) имеет вид:

$$\sigma_{np} = \frac{M_{np}^{max}}{W_x} \leq [\sigma] = 100 \text{ МПа},$$

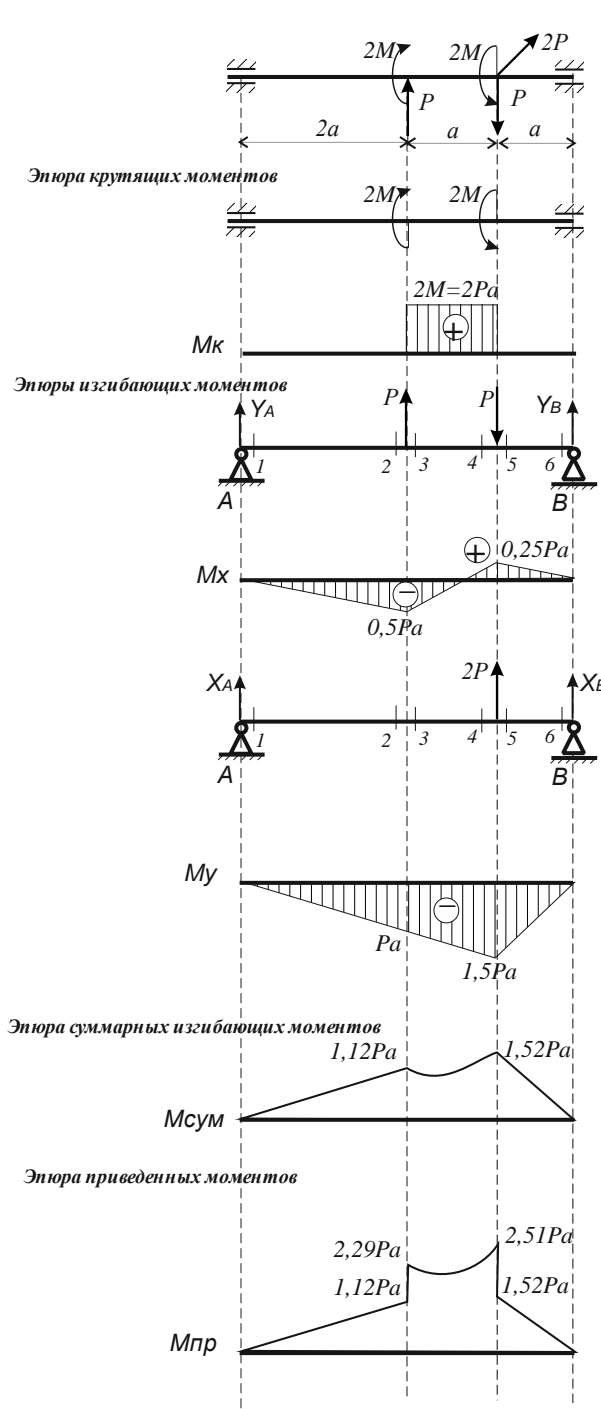
$$\text{где } W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 d^3$$

тогда диаметр вала в опасном сечении

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}^{max}}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{2,45 Pa}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{2,45 \cdot 10000 \cdot 1}{0,1 \cdot 100 \cdot 10^6}} = 0,1348 \text{ м}.$$

Принимаем диаметр равным:

$$d = 135 \text{ мм}.$$



$a=1\text{ м}, P=10\text{ кН}, M=Pa,$
 $[\sigma]=100\text{ МПа}, d=?$

Построение эпюры крутящих моментов M_k .

1 участок: $M_{k1}=0,$

2 участок: $M_{k2}=2M=2Pa,$

3 участок: $M_{k3}=2M-2M=0,$

Построение эпюр изгибающих моментов от вертикальных и горизонтальных сил.

Построение эпюры изгибающего момента M_x :

$$\begin{cases} \sum m_B(P_{iy})=0, \\ \sum m_A(P_{iy})=0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_A(4a) + P(2a) - P(a) = 0, \\ Y_B(4a) + P(2a) - P(3a) = 0 \end{cases}$$

$$Y_A = \frac{-Pa}{4a} = -0,25P$$

$$Y_B = \frac{Pa}{4a} = 0,25P$$

Проверка:

$$\sum P_{iy} = 0 \Rightarrow P - P + Y_A + Y_B = 0$$

Величины изгибающего момента M_x в характерных сечениях:

$$M_{x1} = 0,$$

$$M_{x2} = M_{x3} = Y_A(2a) = -0,5Pa,$$

$$M_{x4} = M_{x5} = Y_B(a) = 0,25Pa,$$

$$M_{x6} = 0.$$

Построение эпюры изгибающего момента M_y :

$$\begin{cases} \sum m_B(P_{ix})=0, \\ \sum m_A(P_{ix})=0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X_A(4a) + 2P(a) = 0, \\ X_B(4a) + 2P(3a) = 0 \end{cases}$$

$$X_A = \frac{-2Pa}{4a} = -0,5P$$

$$X_B = \frac{-6Pa}{4a} = -1,5P$$

Проверка:

$$\sum P_{ix} = 0 \Rightarrow 2P + X_A + X_B = 0$$

Значения изгибающего момента M_y в характерных сечениях:

$$M_{y1} = 0,$$

$$M_{y2} = M_{y3} = X_A(2a) = -Pa,$$

$$M_{y4} = M_{y5} = X_A(3a) = -1,5Pa,$$

$$M_{y6} = 0,$$

Построение эпюры суммарного изгибающего момента.

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$M_{\text{сум}}^1 = 0,$$

$$M_{\text{сум}}^2 = M_{\text{сум}}^3 = 1,12Pa,$$

$$M_{\text{сум}}^4 = M_{\text{сум}}^5 = 1,52Pa,$$

$$M_{\text{сум}}^6 = 0.$$

Построение эпюры приведенных моментов.

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{сум}}^2 + M_{\kappa}^2}$$

$$M_{\text{пр}}^1 = 0,$$

$$M_{np}^2 = 1,12 Pa,$$

$$M_{np}^3 = 2,29 Pa,$$

$$M_{np}^4 = 2,51 Pa,$$

$$M_{np}^5 = 1,52 Pa,$$

$$M_{np}^6 = 0$$

Определение диаметра вала.

Опасным является сечение, где приведенный момент достигает максимального значения.

Условие прочности вала при использовании теории наибольших касательных напряжений (третьей теории прочности) имеет вид:

$$\sigma_{np} = \frac{M_{np}^{max}}{W_x} \leq [\sigma] = 100 \text{ МПа},$$

$$\text{где } W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 d^3$$

тогда диаметр вала в опасном сечении

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}^{max}}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{2,51 Pa}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{2,51 \cdot 10000 \cdot 1}{0,1 \cdot 100 \cdot 10^6}} = 0,1359 \text{ м}.$$

Принимаем диаметр равным:

$$d = 136 \text{ мм}.$$