

## 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЕЙ (ЗАДАНИЕ 8)

9.1 Определить величину критической силы  $P_{кр}$ , критического напряжения  $\sigma_{кр}$ , допускаемой сжимающей силы  $[P]$  для стержня закреплённого по схеме 1-10 (рисунок 16). Материал стержня сталь Ст 3. Требуемый коэффициент запаса устойчивости  $[n_y]$  и размеры приведены в таблице 7.

Таблица 7- Исходные данные.

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l$ , м	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$d$ , мм	60	56	52	48	44	40	36	32	42	38
$d_1$ , мм	44	30	32	26	28	22	20	18	32	26
$b$ , мм	50	40	30	20	24	22	28	26	30	32
$h$ , мм	100	80	60	40	50	45	56	60	56	50
$[n_y]$	1,8	1,5	2,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	1,5

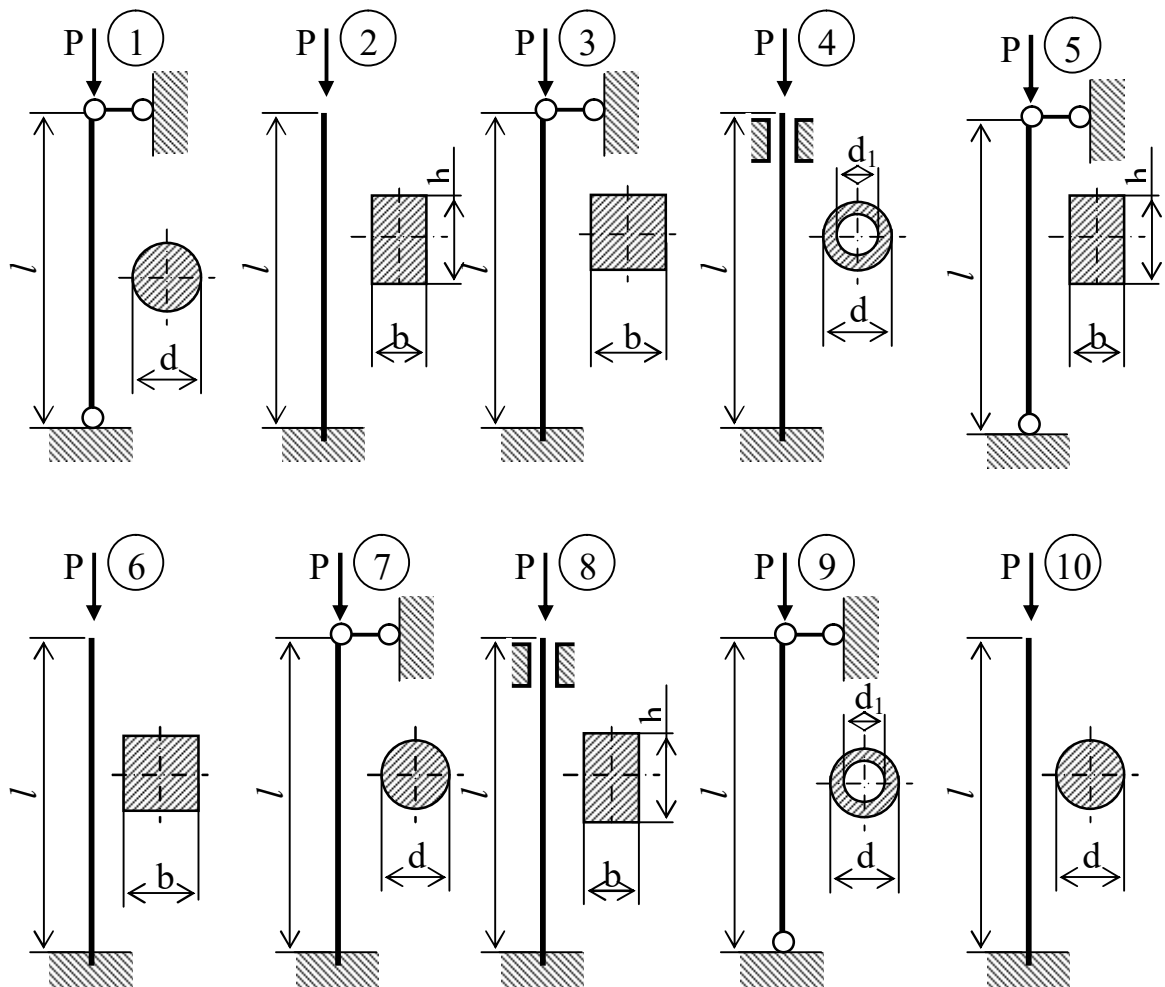


Рисунок 16

## 9.2 Пример выполнения задания 8.

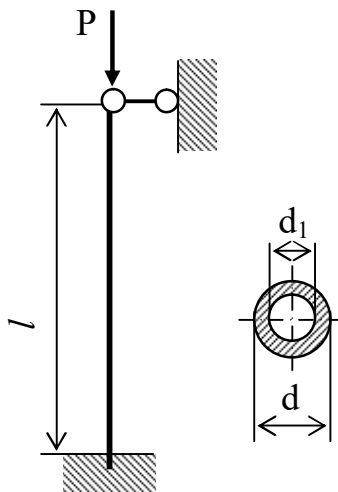


Рисунок 17

Исходные данные:  $l = 4$  м;  $d = 60$  мм;  $d_1 = 50$  мм; материал стержня—сталь Ст.3,  $[n_y] = 2,5$ .

Решение. Определяем минимальный момент инерции кольцевого сечения:

$$I_{\min} = \pi (d^4 - d_1^4) / 64 = 3,14(60^4 - 50^4) / 64 = 33 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

Площадь поперечного сечения стержня:

$$A = \pi (d^2 - d_1^2) / 4 = 3,14(60^2 - 50^2) / 4 = 8,64 \cdot 10^2 \text{ мм}^2.$$

Минимальный радиус поперечного сечения:

$$i_{\min} = \sqrt{I / A} = \sqrt{33 \cdot 10^4 / 8,64 \cdot 10^2} = 19,5 \text{ мм}.$$

Для заданной схемы закрепления концов стержня (рисунок 17), коэффициент приведения

длины стержня  $\nu = 0,7$ . Определяем фактическую гибкость стержня:

$$\lambda = \nu \cdot l / i_{\min} = 0,7 \cdot 4 \cdot 10^3 / 19,5 = 144.$$

Находим предельную гибкость стержня, принимая для стали Ст. 3 модуль продольной упругости  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа и предел пропорциональности  $\sigma_n = 200$  МПа

$$\lambda_{\text{пред}} = \pi \sqrt{E / \sigma_n} = 3,14 \sqrt{2 \cdot 10^5 / 200} = 99,4$$

Условие применимости формулы Эйлера  $\lambda \geq \lambda_{\text{пред}}$ . В данном случае  $\lambda = 144 \geq \lambda_{\text{пред}} = 99,4$ . Так как фактическая гибкость стержня больше предельной, критическую силу определяем по формуле Эйлера:

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(\nu \cdot l)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 33 \cdot 10^4}{(0,7 \cdot 4 \cdot 10^3)^2} = 83 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Критическое напряжение:  $\sigma_{\text{кр}} = P_{\text{кр}} / A = 83 \cdot 10^3 / 8,64 \cdot 10^2 = 96$  МПа.

Допускаемое значение сжимающей силы:

$$[P] = P_{\text{кр}} / [n_y] = 83 \cdot 10^3 / 2,5 = 33,2 \cdot 10^3 \text{ Н} = 33,2 \text{ кН}.$$

Если гибкость стержня окажется меньше предельной ( $\lambda < \lambda_{\text{пред}}$ ), то формулу Эйлера для определения критической силы применять нельзя. В этом случае сначала определяют критическое напряжение по формуле Ясинского:

$$\sigma_{\text{кр}} = a - b \cdot \lambda,$$

где  $a$  и  $b$  — эмпирические коэффициенты, соответствующие материалу стойки, имеющие размерность напряжения.

Например для стали Ст. 3  $a = 304$  МПа,  $b = 1,12$  МПа.

Тогда критическая сила определяется по формуле:  $P_{\text{кр}} = \sigma_{\text{кр}} \cdot A$ , а допускаемое значение сжимающей силы будет равным  $[P] = P_{\text{кр}} \cdot A / [n_y]$

Коэффициент приведения длины стержня  $\nu$

