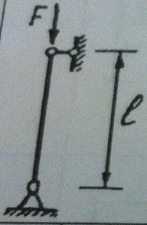
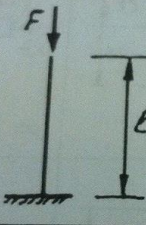
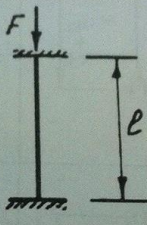
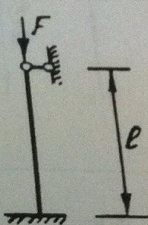


## Расчётно-графическая работа № 7 РАСЧЁТ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

**Технические условия.** Стержень имеет прямоугольное поперечное сечение при отношении его высоты к ширине равном 0,5; ширина стержня равна 300 мм, длина стержня определяется из схемы приложения. Допустимое напряжение материала стержня принять равным 150 МПа.

Требуется определить допустимую рабочую нагрузку  $F_{S_{adm}}$  для стержня, изготовленного из материала Ст. 3.

Расчёт сжатых стержней на устойчивость  
(к расчётно-графической работе № 7)

Варианты расчетной схемы	Цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
										
<i>l, м</i>	2.3	2.5	1.0	1.1	1.2	4.7	4.9	3.0	3.2	3.5

Варианты расчетной схемы	Цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F, кН</i>	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850

**Расчётно-графическая работа № 7**  
**«Расчёт сжатых стержней на устойчивость»**

Определить допускаемую рабочую нагрузку  $F_{Sadm}$  для стержня, изготовленного из материала Ст. 3, длина которого  $l = 2$  м (рис. 12). Стержень имеет прямоугольное поперечное сечение при отношении его высоты к ширине, равном 0,5; ширина стержня равна 300 мм. Допустимое напряжение материала стержня принять равным 150 МПа. Сделать вывод об устойчивости стержня при действии на него рабочей нагрузки, заданной в соответствии с номером варианта ( $F_S = 500$  кН).

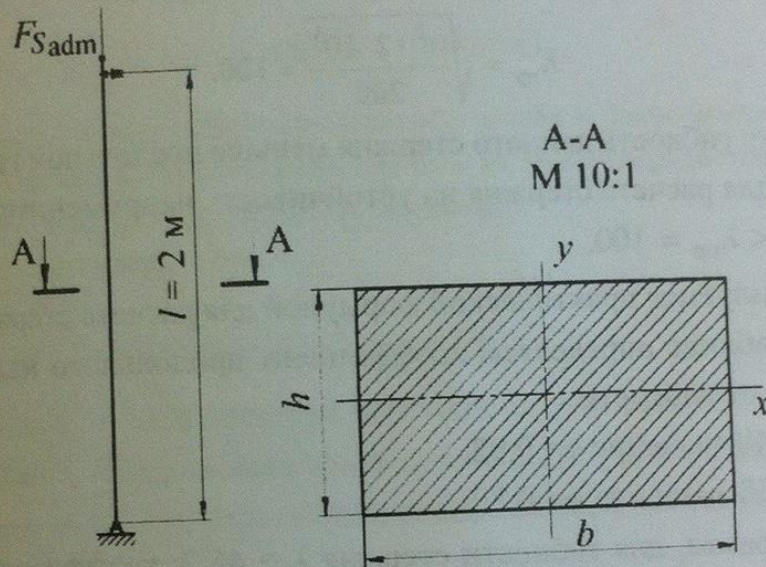


Рис. 12

1. Определяем гибкость стержня. Для этого необходимо определить минимальный момент инерции поперечного сечения стержня.

$$J_{\min} = J_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{300 \cdot 10^{-3} (150 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 84,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Площадь поперечного сечения стержня равна:

$$A = bh = 300 \cdot 10^{-3} \cdot 150 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Минимальный радиус инерции поперечного сечения:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{84,38 \cdot 10^{-6}}{45 \cdot 10^{-3}}} = 0,0433 \text{ м.} = 84,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Гибкость стержня  $\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}}$ , где  $\mu$  – коэффициент приведения длины.

Приведённый на схеме стержень имеет шарнирное закрепление обоих концов. Следовательно,  $\mu = 1$ .

$$\lambda = \frac{1 \cdot 2}{0,0433} = 46,2.$$

Для материала стержня предельная гибкость, при которой применима формула Эйлера:  $\lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{pr}}}$ , где  $E$  – модуль упругости первого рода матери-

ала стержня, равный  $2 \cdot 10^5$  МПа;  $\sigma_{pr}$  – предел пропорциональности материала, равный 200 МПа, определяется следующим образом:

$$\lambda_{пр} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{200}} = 100.$$

Поскольку гибкость данного стержня меньше предельной гибкости, формула Эйлера для расчета стержня на устойчивость неприменима.

$$\lambda = 46,2 < \lambda_{пр} = 100.$$

2. Воспользуемся практической формулой для расчета стержня на устойчивость. По таблице определяем коэффициент продольного изгиба стержня в зависимости от гибкости:

- для  $\lambda = 40$  значение  $\varphi = 0,92$ ;
- для  $\lambda = 50$  значение  $\varphi = 0,89$ .

Таким образом, для гибкости стержня  $\lambda = 46,2$ ; коэффициент продольного изгиба:

$$\varphi = 0,92 - \frac{(0,92 - 0,89) \cdot 46,2}{10} = 0,9014.$$

Допустимая рабочая нагрузка

$$F_{S_{adm}} = \varphi \cdot \sigma_{adm} \cdot A = 0,9014 \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 6084,45 \cdot 10^3 \text{ Н} = 6084,45 \text{ кН.}$$

3. Определяем критическое напряжение по эмпирической формуле Тетмайера-Ясинского:  $\sigma_{cr} = a - b\lambda$ , где  $a, b$  – коэффициенты, зависящие от материала стержня. Для материала стержня Ст. 3:  $a = 310$  МПа,  $b = 1,14$  МПа;

$$\sigma_{cr} = 310 - 1,14 \cdot 46,2 = 257,33 \text{ МПа.}$$

4. Определим допустимый коэффициент запаса устойчивости стержня:

$$n_{S_{adm}} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{S_{adm}}}, \text{ где } \sigma_{S_{adm}} = \varphi \sigma_{adm} = 0,9014 \cdot 150 \cdot 10^6 = 135,2 \cdot 10^6 \text{ Па} =$$

$$= 135,2 \text{ МПа, т.е. } n_{S_{adm}} = \frac{257,33}{135,2} = 1,9.$$

Численное значение допустимого коэффициента запаса устойчивости стержня, полученное при расчете, попадает в диапазон значений допустимого коэффициента запаса устойчивости, который для пластичных материалов лежит в диапазоне 1,8 ... 3.

Зная значение допускаемого коэффициента запаса устойчивости, можно определить критическую силу для стержня:

$$n_{S_{adm}} = \frac{F_{cr}}{F_{S_{adm}}};$$

$$F_{cr} = n_{S_{adm}} \cdot F_{S_{adm}} = 1,9 \cdot 6084,5 = 11560,6 \text{ кН.}$$

Примечание. Коэффициент продольного изгиба в зависимости от гибкости для центрально-сжатых стержней, выполненных из малоуглеродистой стали марки Ст.3, можно найти в интернете, например, на сайтах:

[www.sopromat.ru/ustoidata.htm](http://www.sopromat.ru/ustoidata.htm)

[mysopromat.ru/.../](http://mysopromat.ru/.../)

[edu.dvgups.ru/.../METHOD/UP\\_TEST/frame/8.htm](http://edu.dvgups.ru/.../METHOD/UP_TEST/frame/8.htm).

**Вывод.** Заданный стержень при действии на него рабочей нагрузки, равной 500 кН, будет устойчив, поскольку для него допустимая рабочая нагрузка и критическая сила, соответственно, равны: 6084,45 кН и 11560,6 кН.