Дано:

$P = 5.5 \times 10^{5}$ H

$\sigma_T = 2.5 \times 10^{8}$ Πa

$\sigma_B = 4.2 \times 10^{8}$ Πa

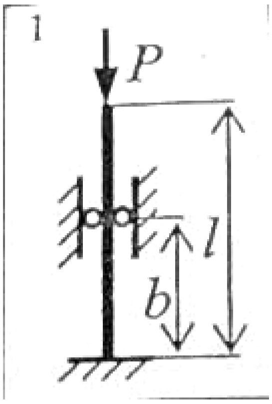
$l = 4.5$ $м$

$b = 0.4$ l

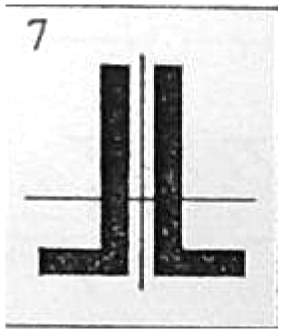
Коэфф. запаса прочности $n_T = 2$

Модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^{11}$ Πa

Расчетная схема колонны



форма поперечного сечения колонны



Решение:

1. Вычисляем допускаемое напряжение на сжатие

$$I\sigma I = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{250000000}{2} = 1.25e8 = 1.25 \times 10^{8} \quad \Pi a$$

2. По таблице П6 находим коэффициент приведения высоты колонны к основному закреплению

$$\mu = 1.4$$

3. Поскольку коэффициент продольного изгиба находится в пределах

$$0 < \varphi < 1$$

то в первом приближении принимаем

$$\varphi_{1P} = 0.5$$

и из условия устойчивости

$$\sigma_{max} = \frac{P}{F} \le I\sigma I_y \qquad I\sigma I_y = \varphi_{1P} \cdot I\sigma I$$

Вычисляем площадь составного сечения колонны

$$F = \frac{P}{\varphi_{1P} \cdot I\sigma I} = \frac{550000}{0.5 \cdot 125000000} = 0.0088$$

$$F = 8.8 \times 10^{-3} \quad м^{2}$$

$$F_{1.cm} = F \cdot 10^{4} = 88.0 \quad см^{2}$$

4. Из таблицы П5 по расчетной площади $F_{фигуры} = 44$ $см^{2}$

находим блжайшую фигуру - *Уголок* с табличными значениями геометрических характеристик

№ профилиля 25x16

Площадь - $F' = 48.3 \quad см^2$

Момент инерции по оси Х - $J_x = 3.147 \ м^4 0^3$

Момент инерции по оси У - $J_y = 1.032 \ см^{43}$

5. Анализ формы составного сечения показывает, что минимальный момент инерции находится по следующей зависимости

$$a = \sqrt{\frac{1.1 \cdot J_x - J_y}{F'}} \qquad a = \sqrt{\frac{1.1 \cdot 3147 - 1032}{48.3}} = 7.09 \quad см$$

$$J_{min} = 2 \cdot J_x \qquad J_{min} = 2 \cdot 3147 = 6.294 \times 10^3 \ см^4$$

6. Вычисляем минимальный радиус инерции составного сечения

$$F_{сечения} = 2 \cdot F' \qquad F_{сечения} = 2 \cdot 48.3 = 96.6 \quad см^2$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{F_{сечения}}} = \sqrt{\frac{6294.0}{96.6}} = 8.07 \quad см$$

определяем гибкость колонны

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{min}} = \frac{1.4 \cdot 100 \cdot 4.5}{8.07} = 78.1$$

Из таблицы П.7 определяем при заданном s *и величине l необходимые величины*

$$\lambda_1 = 70 \qquad \varphi_1 = 0.73$$

$$\lambda_2 = 80 \qquad \varphi_2 = 0.66$$

Линейной интерполяцией определяем расчетный коэффициент продольного изгиба

$$\varphi_{1П} = \varphi_1 - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \left(\lambda - \lambda_1\right) = 0.73 - \frac{0.73 - 0.66}{80 - 70} \cdot (78.1 - 70) = 0.673$$

Который существенно отличается от принятого

$$\sigma_{max} = \frac{P}{F_{сечения} \cdot 10^{-4}} = \frac{550000}{96.6 \cdot 10^{-4}} = 5.69e7 = 5.69 \times 10^7 \qquad Па$$

$$\varphi_{1P} = 0.5$$

$$\varphi_{1П} = 0.673$$

Второе приближение

$$\varphi_{2P} = \frac{\varphi_{1\Pi} + \varphi_{1P}}{2} = \frac{0.673 + 0.5}{2} = 0.586$$

Вычисляем площадь составного сечения колонны

$$F = \frac{P}{\varphi_{2P} \cdot I\sigma I} = \frac{550000}{0.586 \cdot 125000000} = 0.00751 \quad м^2$$

$$F_{1.cm} = F \cdot 10^4 = 0.00751 \cdot 10^4 = 75.1 \quad см^2$$

4. Из таблицы П5 по расчетной площади $F_{фигуры} = 37.55 \quad см^2$

находим блжайшую фигуру - *Уголок* с табличными значениями

геометрических характеристик

№ профилиля *25x16*

Площадь - $F' = 48.3 \quad см^2$

Момент инерции по оси X - $J_x = 3.147 \ м^4 0^3$

Момент инерции по оси У - $J_y = 1.032 \ см^{43}$

5. Анализ формы составного сечения показывает, что минимальный момент инерции находится по следующей зависимости

$$a = \sqrt{\frac{1.1 \cdot J_x - J_y}{F'}} \qquad a = \sqrt{\frac{1.1 \cdot 3147 - 1032}{48.3}} = 7.09 \quad см$$

$$J_{min} = 2 \cdot J_x \qquad J_{min} = 2 \cdot 3147 = 6.294 \ см^{43}$$

6. Вычисляем минимальный радиус инерции составного сечения

$$F_{сечения} = 2 \cdot F' \qquad F_{сечения} = 2 \cdot 48.3 = 96.6 \quad см^2$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{F_{сечения}}} = \sqrt{\frac{6294.0}{96.6}} = 8.07 \quad см$$

определяем гибкость колонны

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{min}} = \frac{1.4 \cdot 100 \cdot 4.5}{8.07} = 78.1$$

Из таблицы П.7 определяем при заданном s *и величине l необходимые величины*

$$\lambda_1 = 70 \qquad \varphi_1 = 0.73$$

$\lambda_2 = 80$ $\varphi_2 = 0.66$

Линейной интерполяцией определяем расчетный коэффициент продольного изгиба

$$\varphi_{2П} = \varphi_1 - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\cdot\left(\lambda - \lambda_1\right) = 0.73 - \frac{0.73 - 0.66}{80 - 70}\cdot(78.1 - 70) = 0.673$$

$\varphi_{2П} = 0.673$

Который существенно отличается от принятого

$\varphi_{2P} = 0.586$

$\varphi_{2П} = 0.673$

проверим условие выполнения устойчивости

$$\sigma_{max} = \frac{P}{F_{сечения}\cdot 10^{-4}} = \frac{550000}{96.6\cdot 10^{-4}} = 5.69e7 = 5.69\times 10^{7}$$

$\sigma_{max} = 5.69\times 10^{7}$ $Па$

$I\sigma I = 1.25\times 10^{8}$ $Па$

более точно подобрать сечение колонны не удалось

Необходимо, чтобы колонна была устойчива не только в целом, но устойчивыми были ее отдельные части. Условие равноустойчивости колонны и ветвей будет выполнено если гибкости ветвей и колонны будут равны.

$$\lambda = \lambda_B = \frac{\mu_B\cdot l_B}{i_{minB}}$$

l_B Высота ветви, м

μ_B коэффициент приведения высоты ветви $\mu_B = 1$

i_{minB} минимальный радиус инерции сечения ветви.

$i_{minB} = i_{min} = 8.07$

$i_{minB} = 8.07$

Вычисляем предельную высоту ветви

$$l_{npB} = i_{minB}\cdot\lambda = 8.07\cdot 78.1 = 630.0$$

$l_{npB} = 630 \quad см$

что меньше высоты колонны. Следовательно для обеспечения устойчивости ветвй и колонны в целом, необходимо предусмотреть определенное число креплений(сварных, болтовых)

$$n_{кр} = \frac{l}{l_{npB}} + 1 = \frac{100 \cdot 4.5}{630.0} + 1 = 1.71$$

$n_{кр} = 1.71$

$n_{кр} = 2$

Вычисляем критическую силу. Поскольку гибкость колонны

$\lambda = 78.1$

то используем формулу Эйлера

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min} \cdot 10^{-8}}{(\mu \cdot l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 6294.0 \cdot 10^{-8}}{(1.4 \cdot 4.5)^2} = 3.13e6 = 3.13 \times 10^6$$

$P_{kr} = 3.13 \times 10^6 \quad H$

Находим коэффициент запаса устойчивости у колонны

$$n_y = \frac{P_{kr}}{P} = \frac{3130000}{550000} = 5.69$$

$n_y = 5.69$