ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАЧИ №26

Сидоров И.А., МТ-292
вариант 1234

Задача №25

Условие задачи

Для стальной балки требуется:
1) подобрать из расчета на прочность по наибольшим напряжениям сечения трех типов:
- *двутавровое поперечное сечение;*
- *прямоугольное сечение высотой $h=2b$;*
- *круглое поперечное сечение диаметром d.*

2) для каждого типа поперечного сечения балки вычислить наибольшие касательные напряжения в поперечном сечении;
3) вычертить найденные сечения в одном масштабе на миллиметровой бумаге формата А4, показать размеры сечений, изобразить распределение нормальных и касательных напряжений;
4) найти соотношение весов соответствующих балок $G^{\mathrm{I}}:G^{\square}:G^{\circ}$, приняв вес двутавровой балки за единицу $G^{\mathrm{I}}=1$.
Принять: длину $l=0{,}7$ м, остальные исходные данные взять из табл. 26 и приложения 8.

Заданная схема

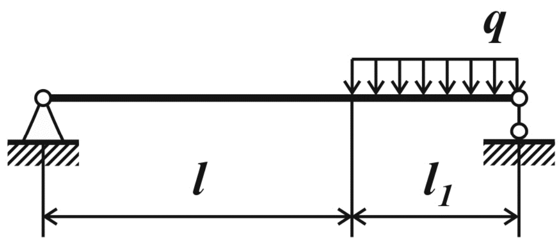
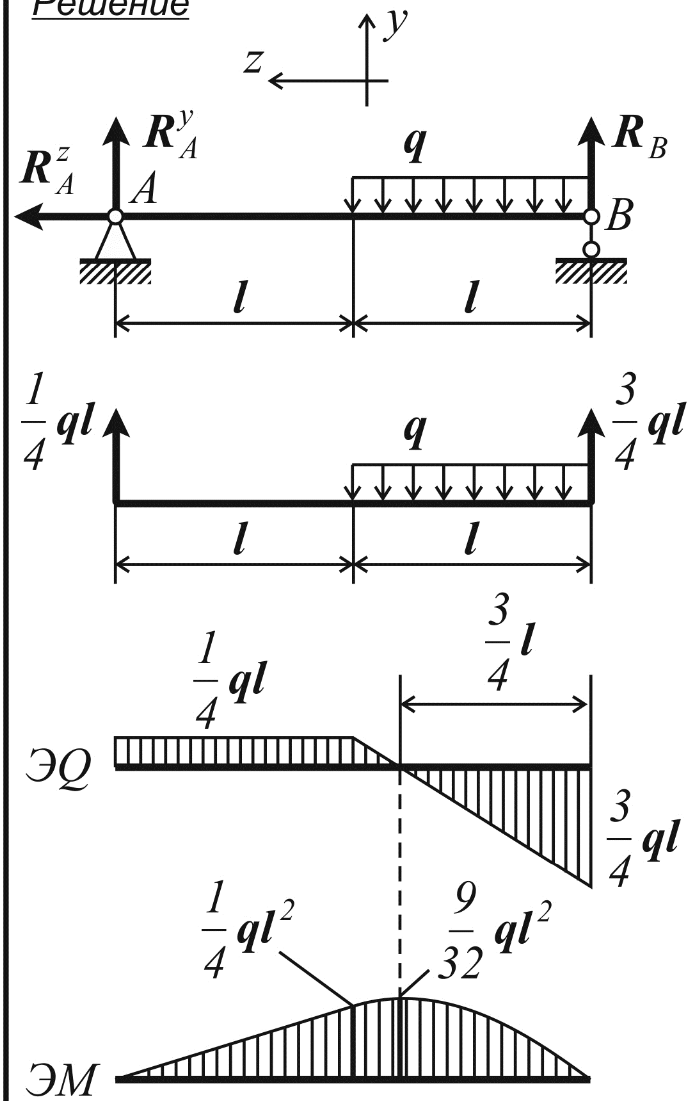


Таблица исходных данных

1	2	3		4	
l_1/l	q,кН/м	k	№ схемы	материал	$[n]$
1,0	80	-	I	Сталь 20	1,75

Предел текучести материала составляет $\sigma_{0,2} = 220$ МПа.

<u>Решение</u>



1. Найдем реакции шарнирных опор и построим эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

Уравнения равновесия балки:

$$\begin{cases} \sum F_z = 0 \\ \sum M_A = 0 \\ \sum M_B = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_A^z = 0 \\ 2R_B l - \frac{3}{2}ql^2 = 0 \\ \frac{1}{2}ql^2 - 2R_A^y l = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} R_A^z = 0 \\ R_B = \frac{3}{4}ql \\ R_A^y = \frac{1}{4}ql \end{cases}$$

Проверка:

$$\sum F_y = 0 \qquad \frac{1}{4}ql - ql + \frac{3}{4}ql = 0$$

2. Из условия прочности по максимальным напряжениям найдем момент сопротивления поперечного сечения.

Допускаемое напряжение $[\sigma] = \dfrac{\sigma_{0,2}}{[n]} = \dfrac{220 \cdot 10^6}{1{,}75} = 126$ МПа

Условие прочности при изгибе $|\max\sigma| = \dfrac{\max M}{W_x} \le [\sigma]$

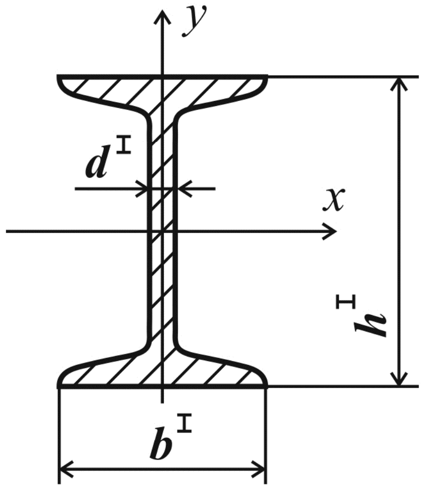
Момент сопротивления

$$W_x \ge \frac{\max M}{[\sigma]} = \frac{9}{32}\frac{ql^2}{[\sigma]} = \frac{9}{32} \cdot \frac{80 \cdot 10^3 \cdot (0{,}7)^2}{126 \cdot 10^6} = 8{,}77 \cdot 10^{-5}\ м^3$$

3. По таблице сортамента прокатной стали найдем номер двутавра.

Согласно условию $W_x \geq 87{,}7$ см^3, получим <u>двутавр №16.</u>

Момент сопротивления двутавра №16



$$W_x^{\text{I}} = 109{,}0 \text{ см}^3$$

Размеры:

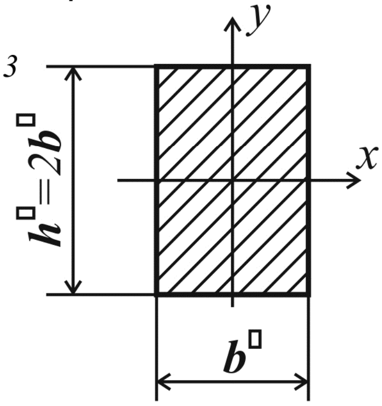
$$h^{\text{I}} = 160 \text{ мм} = 16 \text{ см}$$

$$b^{\text{I}} = 81 \text{ мм} = 8{,}1 \text{ см}$$

$$d^{\text{I}} = 5 \text{ мм} = 0{,}5 \text{ см}$$

Площадь двутавра $S^{\text{I}} = 20{,}2$ см^2

4. Вычислим размеры и площадь прямоугольного поперечного сечения.



$$W_x^{\square} = \frac{b^{\square}(h^{\square})^2}{6} = \frac{b^{\square}(2b^{\square})^2}{6} = \frac{2}{3}(b^{\square})^2 \geq 87{,}7 \text{ см}^3$$

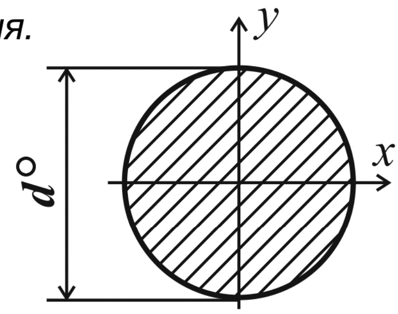
$$b^{\square} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot 87{,}7} = 5{,}09 \text{ см}$$

По таблице нормальных линейных размеров

$$[b^{\square}] = 5 \text{ см} \Rightarrow [h^{\square}] = 2[b^{\square}] = 10 \text{ см}$$

Площадь прямоугольного сечения $S^{\square} = [b^{\square}][h^{\square}] = 50$ см^2

5. Вычислим размеры и площадь круглого сечения.



$$W_x^{\circ} = \frac{\pi (d^{\circ})^3}{32} \geq 87{,}7 \text{ см}^3$$

$$d^{\circ} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 87{,}7}{\pi}} = 9{,}63 \text{ см}$$

По таблице нормальных линейных размеров $[d^{\circ}] = 10$ см

Площадь круглого сечения $S^{\circ} = \dfrac{\pi [d^{\circ}]^2}{4} = 78{,}5$ см^2

6. Максимальные касательные напряжения действуют в поперечном сечении с максимальной поперечной силой

$$\max \boldsymbol{Q} = \frac{3}{4}\boldsymbol{ql} = \frac{3}{4}\cdot 50\cdot 10^{3}\ \cdot 0{,}7 = 42\cdot 10^{3}\ \text{Н}$$

Вычислим максимальные касательные напряжения для каждого типа поперечного сечения.

а) Двутавр

Момент инерции двутавра №16 относительно оси x

$$\boldsymbol{I}_{\boldsymbol{x}}^{\text{I}} = 873\ \text{см}^{4} = 873\cdot 10^{-8}\ \text{м}^{4}$$

Статический момент верхней (или нижней) половины двутавра №16 относительно оси x

$$\boldsymbol{S}_{\boldsymbol{x}}^{*} = 62{,}3\ \text{см}^{3} = 62{,}3\cdot 10^{-6}\ \text{м}^{3}$$

$$\max \tau^{\text{I}} = \frac{\max \boldsymbol{Q}\cdot \boldsymbol{S}_{\boldsymbol{x}}^{*}}{\boldsymbol{I}_{\boldsymbol{x}}^{\text{I}}\cdot \boldsymbol{d}^{\text{I}}} = \frac{42\cdot 10^{3}\cdot 62{,}3\cdot 10^{-6}}{873\cdot 10^{-8}\cdot 5\cdot 10^{-3}} = 60\cdot 10^{6}\ \text{Па} = \underline{60\ \text{МПа}}$$

б) Прямоугольное поперечное сечение

$$\max \tau^{\square} = \frac{3}{2}\frac{\max \boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{S}^{\square}} = \frac{3}{2}\cdot\frac{42\cdot 10^{3}}{50\cdot 10^{-4}} = 12{,}6\cdot 10^{6}\ \text{Па} = \underline{12{,}6\ \text{МПа}}$$

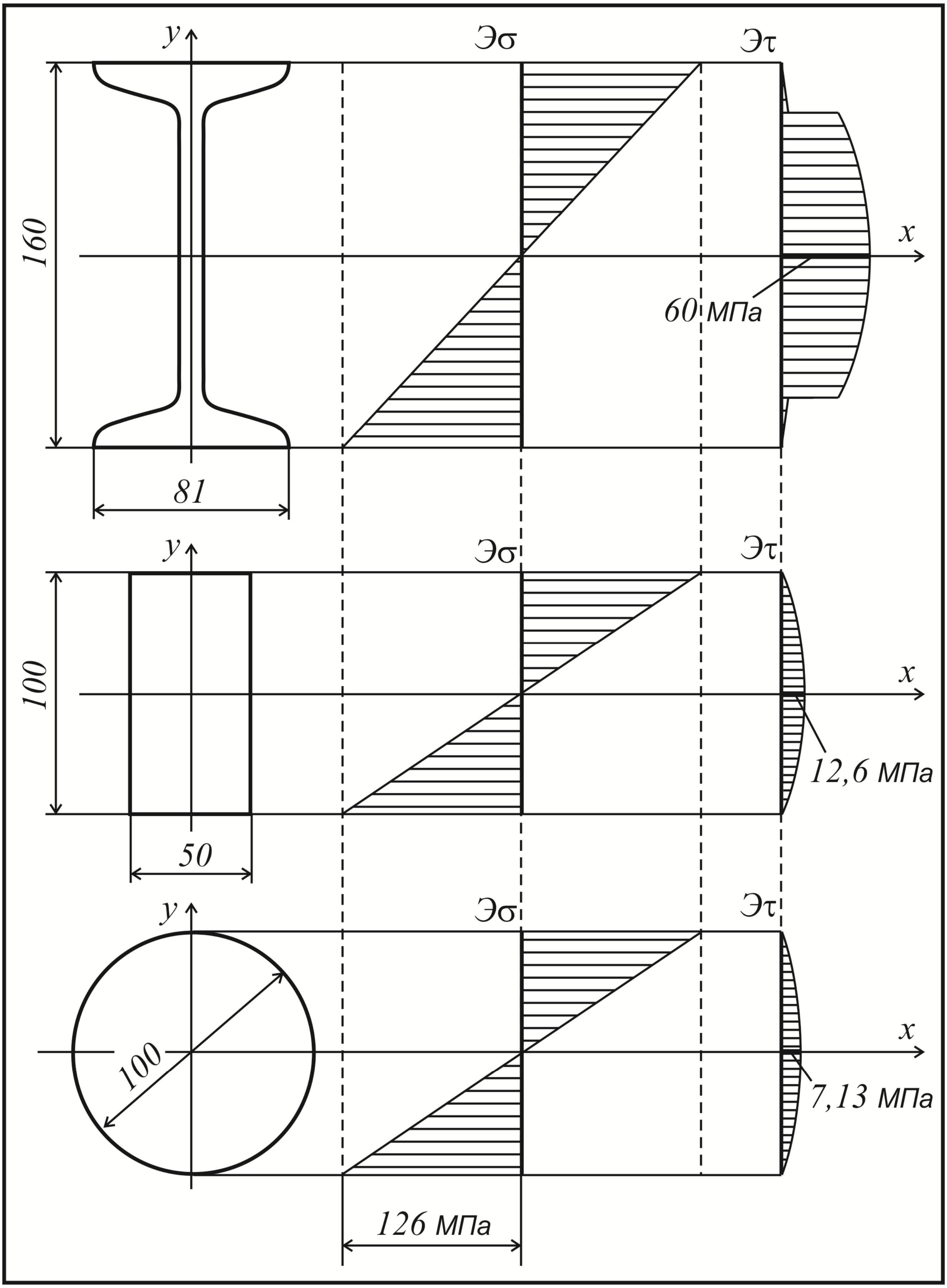
в) Круглое поперечное сечение

$$\max \tau^{\circ} = \frac{4}{3}\frac{\max \boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{S}^{\circ}} = \frac{4}{3}\cdot\frac{42\cdot 10^{3}}{78{,}5\cdot 10^{-4}} = 7{,}13\cdot 10^{6}\ \text{Па} = \underline{7{,}13\ \text{МПа}}$$

7. Найдем соотношение весов трех типов балок.

При равных значениях длины и плотности материала балок их веса соотносятся как площади поперечных сечений.

$$\boldsymbol{G}^{\text{I}}:\boldsymbol{G}^{\square}:\boldsymbol{G}^{\circ} = \boldsymbol{S}^{\text{I}}:\boldsymbol{S}^{\square}:\boldsymbol{S}^{\circ} = 20{,}2 : 50{,}0 : 78{,}5 = \underline{1 : 2{,}48 : 3{,}89}$$


y
Эσ
Эτ
160
x
60 МПа
81
y
Эσ
Эτ
100
x
12,6 МПа
50
y
Эσ
Эτ
x
100
7,13 МПа
126 МПа