Ув. студенты! Ознакомиться с лабораторной работой, решить задачу и ответить на контрольные вопросы письменно. Выполненное задание и ответы на контрольные вопросы предоставить до **09.03** на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru
Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

Лабораторная работа

Тема: Изгиб прямого бруса

Цель работы: Расчеты балок на прочность по нормальным и касательным напряжениям. Подбор поперечного сечения балки

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется прочностью сечения?
2. По какой формуле определяется нормальное напряжение в поперечном сечении балки при изгибе?
3. Изменяются ли нормальные напряжения при изгибе по высоте сечения балки?
4. Что называется осевым моментом сопротивления сечения?
5. Каковы единицы измерения момента сопротивления?
6. По какой формуле определяется касательное напряжение при изгибе?
7. Чему равны касательные напряжения при изгибе в крайних волокнах балки?
8. Чему равны максимальные касательные при изгибе в двутавровом сечении?
9. Как производится расчет балки на прочность?

Задача. Для балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Определить момент сопротивления. Подобрать сечение стальной двутавровой балки (рис. а). Для выбранного двутавра построить эпюры нормальных и касательных напряжений. Материал — сталь марки С-235, *m* = 1.

Методические указания

1. *Построить эпюры* Q_x и M_x.

2. *Подобрать сечение стальной балки* в следующем порядке:

а) определяют требуемый момент сопротивления сечения балки:

$$W_x^{тр} \geq \frac{M_{max}}{m \cdot R},$$

где M_{max} — наибольший по абсолютному значению изгибающий момент, принимаемый по эпюре M_x;

R — расчетное сопротивление материала по пределу текучести,

m – коэффициент условий работы;

б) по ГОСТам прил. 1 подбирают номер двутавровой стальной балки, которая должна иметь момент сопротивления W_x наиболее близкий по значению к требуемому моменту сопротивления $W_x^{тр}$.

3. *Определить максимальные и минимальные нормальные напряжения* (на растяжение и сжатие) по формуле

$$\sigma_{\substack{max\\min}} = \frac{M_{max}}{W_x}$$

где W_x — момент сопротивления относительно нейтральной оси принятого двутаврового сечения.

4. *Построить эпюру нормальных напряжений* σ . Для этого вычерчивают крупно поперечное сечение балки и проводят на отдельном рисунке основную линию перпендикулярно нейтральной оси. Затем на уровне крайних точек сечения (верхней и нижней) откладывают найденные ранее значения σ_{max} и σ_{min} и соединяют эти значения прямой линией. Полученный график называется эпюрой σ . Значения σ_{max} и σ_{min} откладывают по разные стороны от нулевой линии (на растяжение – вправо от основной линии, на сжатие - влево).

5. *Проверить прочность принятой двутавровой балки по касательным напряжениям.* Наибольшие касательные напряжения возникают в том сечении по длине балки, в котором действует наибольшая поперечная сила (по абсолютному значению), а по высоте сечения — на уровне нейтрального слоя.

Касательные напряжения на уровне нейтрального слоя определяют по формуле Журавского:

$$\tau_{max} = \frac{Q_x S_x}{J_x b},$$

где Q_X — максимальная поперечная сила в рассматриваемом сечении балки;

S_x— статический момент сечения, расположенного выше или ниже нейтральной оси (выбирается по сортаменту);

J_x — момент инерции всего сечения, принимается по сортаменту;

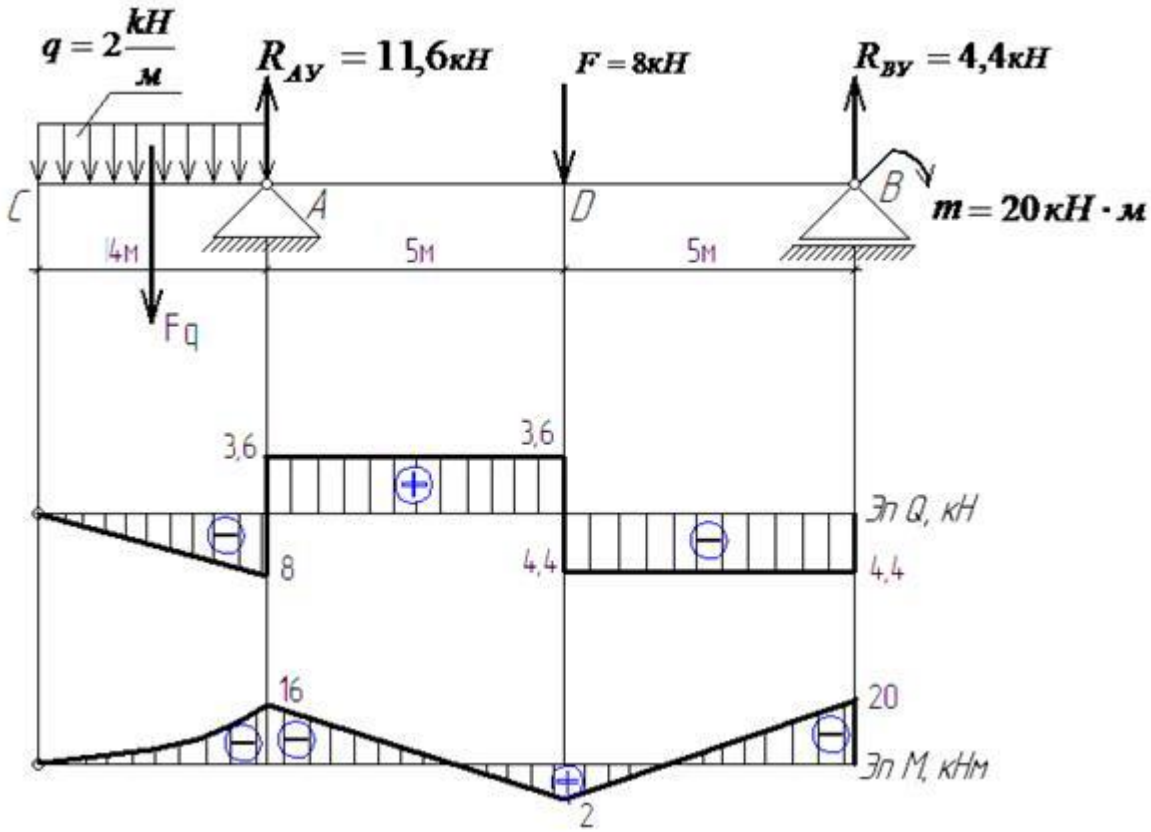
b — ширина сечения балки на уровне нейтрального слоя (для двутавра выбирается по сортаменту, размер «d»).

6. *Построить эпюру касательных напряжений*. Касательные напряжения изменяются по высоте балки по криволинейному закону и имеют скачок в месте соединения полки и стенки. Поэтому эпюру τ строят по значениям, найденным в пяти точках сечения: крайних точках, на уровне нейтральной оси и на уровне сопряжения стенки и полки — чуть ниже и чуть выше этого сопряжения.

Напряжение в этих точках определяется по формуле Журавского. При этом статический момент S_x и ширина сечения b определяются для каждой точки сечения. Касательные напряжения в крайних точках сечения равны нулю.

Пример выполнения задания

Для балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Определить момент сопротивления. Подобрать сечение стальной двутавровой балки (рис. а). Для выбранного двутавра построить эпюры нормальных и касательных напряжений. Материал — сталь марки С-235, m = 1.



Решение

1. *Построить эпюры Q_y, M_x* (см. пример расчетно-графической работы № 7). Наибольшее значение поперечной силы Q_{max} = 73,6 кН, изгибающего момента M_{max} = 95,4 кН×м (см. рис. 21).

2. *Подобрать сечение стальной двутавровой балки* по наибольшему изгибающему моменту

$$W_x^{тр} = \frac{M_{max}}{m \cdot R} = \frac{95{,}4 \cdot 10^3}{1 \cdot 230} = 415 \cdot 10^{-6}\,м^3 = 415\ см^3,$$

где R = 230 МПа — расчетное сопротивление стали марки С-235.

По сортаменту принимаем двутавровую балку № 30 с W_x = 472 см^3, что больше, чем расчетный момент сопротивления $W_x^{тр}$ = 415 см^3.

3. *Проверить прочность принятого сечения*:

$$\sigma_{\substack{max\\min}} = \mp\frac{M_{max}}{m \cdot R} = \mp\frac{95{,}4 \cdot 10^{-3}}{10^{-6}} = \mp 202{,}1\,МПа < R = 230\ МПа.$$

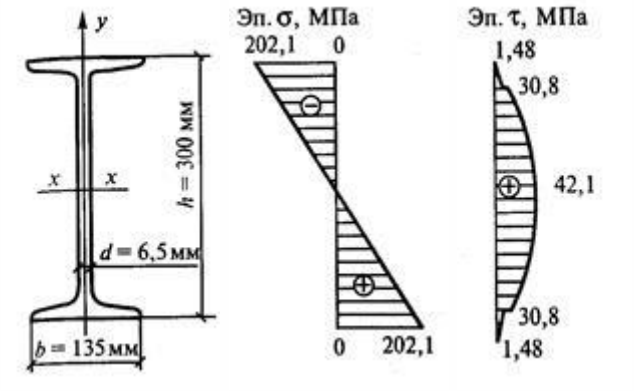
Прочность сечения по нормальным напряжениям обеспечена.

4. *Построить эпюру нормальных напряжений*. Отложим от нулевой линии 0—0 (рис. 22, б) значение σ_{max} = 202,1 МПа и σ_{min} = 202,1 МПа и соединим полученные точки. Верхняя часть испытывает сжатие, нижняя — растяжение, так как по эпюре M_x видно, что балка прогибается (обращена выпуклостью) вниз.

5. *Проверить прочность балки по касательным напряжениям*. Заменим действительное сечение упрощенным (рис. 22, в). Размеры d = 6,5 мм; b = 135 мм приняты по сортаменту.

Определим наибольшее касательное напряжение

$$\tau_{1-1} = \tau_{max} = \frac{Q_{max} S_x}{J_x b},$$



а б в

рис. 22

где $Q_{max} = 73{,}6$ Кн $= 73{,}6 \cdot 10^{-3}$ МН;

$S_x = 263$ см^3 = 263 $\cdot 10^{-6}$ м^3;

J_x = 7080 см^4 = 7080 $\cdot 10^{-8}$ м^4;

d = 6,5 мм = 6,5 $\cdot 10^{-3}$ м.

Подставим числовые значения в формулу для τ_{max} (сечение 1—1):

$$\tau_{max} = \frac{73{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot 263 \cdot 10^{-6}}{7080 \cdot 10^{-8} \cdot 6{,}5 \cdot 10^{-3}} = 42{,}1 \text{ МПа}$$

Проверим прочность сечения по касательным напряжениям:

$$\tau_{max} = 42{,}1 \text{ МПа} < R_s = 130 \text{ МПа},$$

т. е. прочность обеспечена.

В прокатных балках, которые не несут больших сосредоточенных сил в приопорных участках, это условие обычно соблюдается с большим запасом.