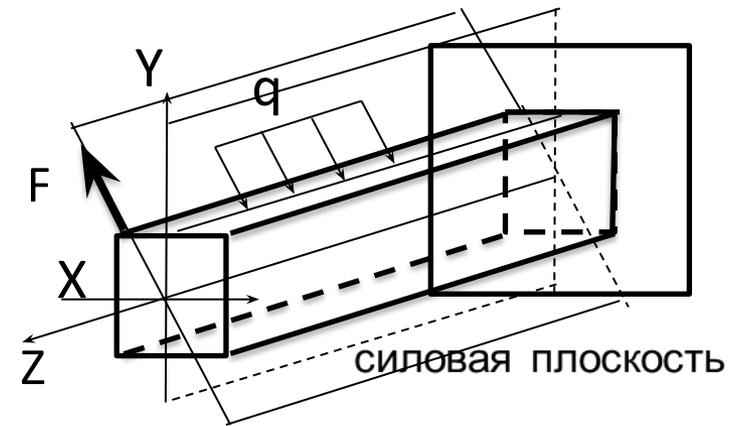
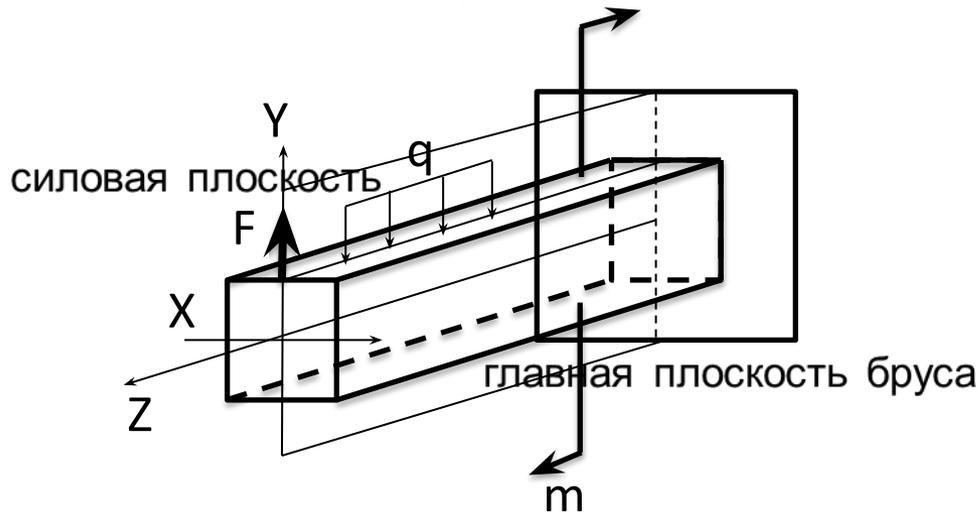


Изгиб – вид нагружения, при котором возникает внутренний силовой фактор – изгибающий момент.

Брус, работающий на изгиб, называется балкой.

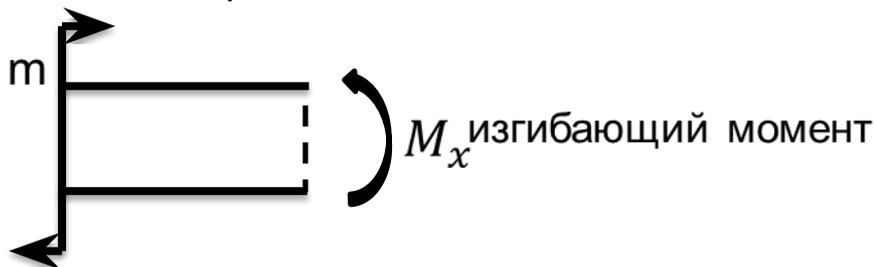


Прямой плоский изгиб – силовая плоскость совпадает с главной плоскостью бруса, внешние силы лежат в одной плоскости.

Косой плоский изгиб – силовая плоскость не совпадает с главной плоскостью бруса, внешние силы лежат в одной плоскости

Чистый изгиб –

изгиб при котором в поперечном сечении бруса возникает только изгибающий момент.



Поперечный изгиб –

изгиб при котором в поперечном сечении бруса возникает изгибающий момент и поперечная сила.

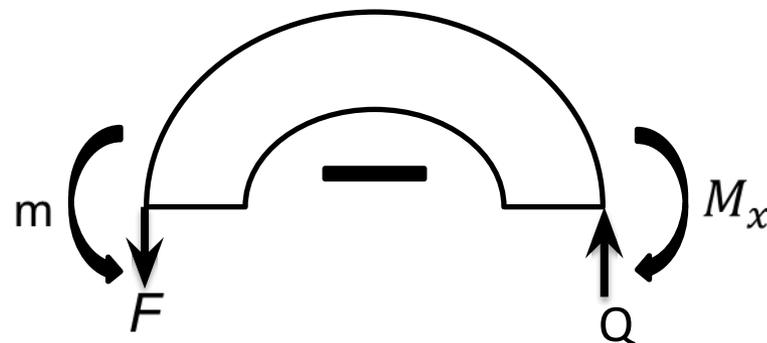


Обозначения, принятые в машиностроении.

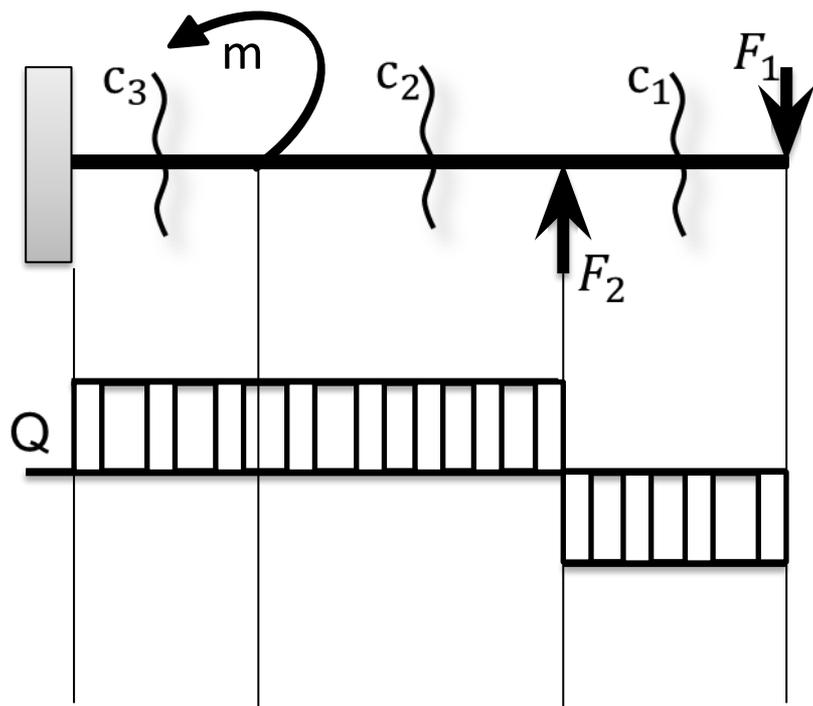
1. Если внешняя сила и момент изгибают балку впадиной, то поперечная сила и изгибающий момент считаются *положительными*.



2. . Если внешняя сила и момент изгибают балку горбом, то поперечная сила и изгибающий момент считаются *отрицательными*.

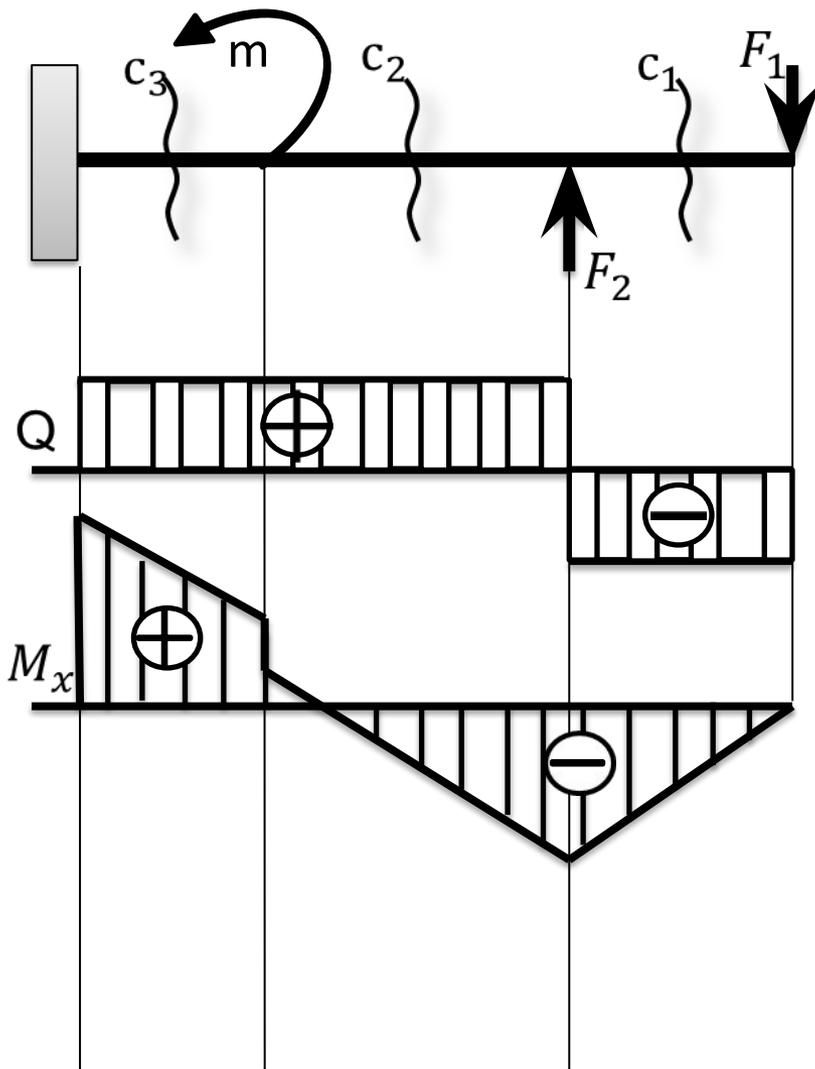


Построение эпюры поперечных сил защемленной балки.



1. Поделить балку на участки нагружения вертикальными линиями по точкам приложения сил и моментов.
2. Провести сечения в каждом участке нагружения и пронумеровать от свободного конца балки.
3. Для каждого сечения определить поперечную силу по формуле:
$$Q = \sum F$$
4. По полученным значениям построить эпюру: положительные участки над линией, отрицательные под линией оси эпюры.

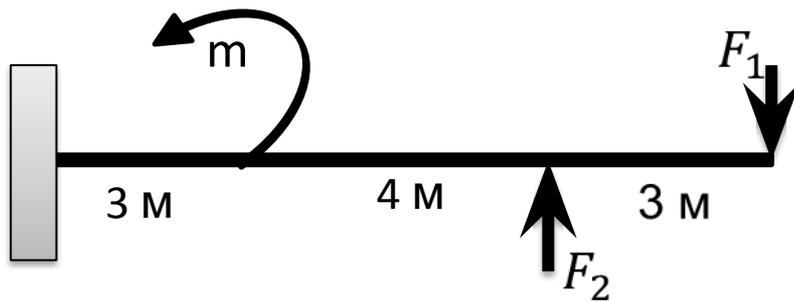
Построение эпюры изгибающих моментов защемленной балки.



1. Построить эпюру поперечных сил - Q .
2. Для каждого сечения определить изгибающий момент по формуле: $M_x = \sum F \cdot x$, где x - расстояние от силы до сечения.
В каждом участке нагружения изгибающий момент рассчитывается дважды: сечение перемещается в начало участка и определяется расстояние - x , затем в конец и опять определяется расстояние - x .
3. По полученным значениям построить эпюру: значения изгибающих моментов откладываются на вертикальных линиях разделения участков нагружения.

Задание № 1,2.

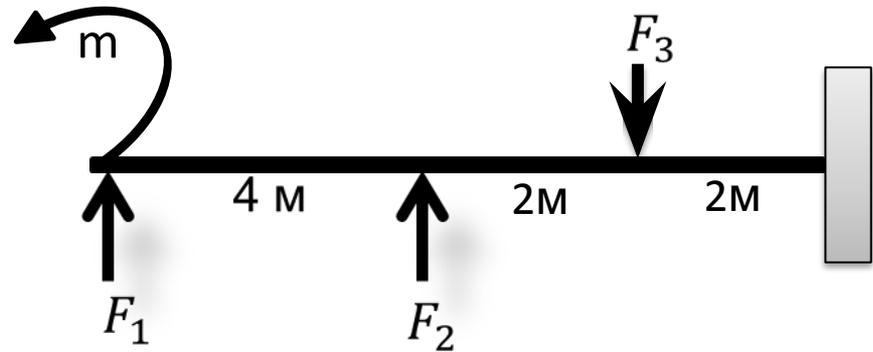
1.



$F_1 = 10 \text{ кН}$
 $F_2 = 20 \text{ кН}$
 $m = 15 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

2.

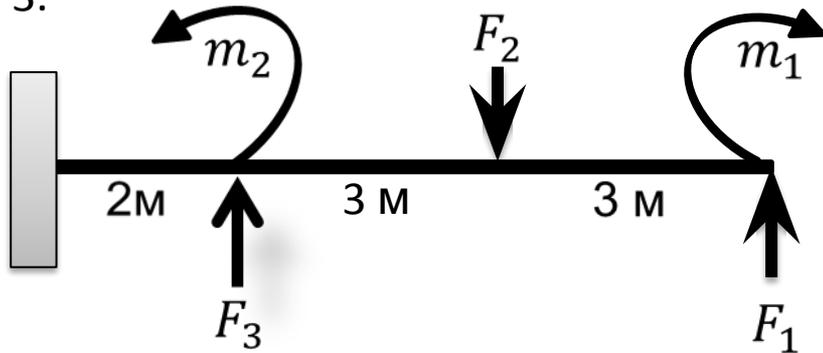


$F_1 = 5 \text{ кН}$
 $F_2 = 15 \text{ кН}$
 $F_3 = 25 \text{ кН}$
 $m = 35 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Задание № 3,4.

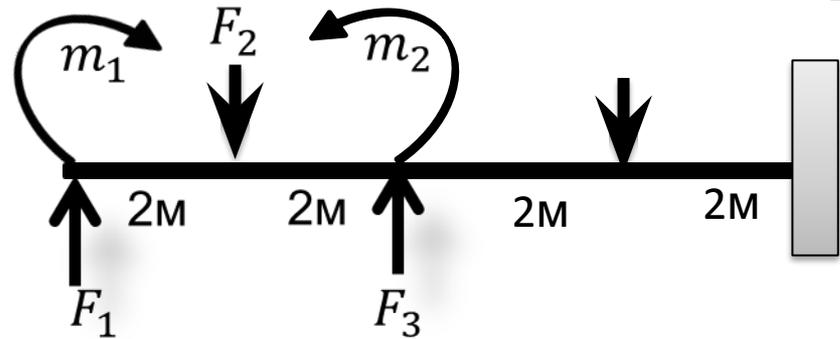
3.



- $F_1 = 12 \text{ кН}$
- $F_2 = 22 \text{ кН}$
- $F_3 = 5 \text{ кН}$
- $m = 25 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

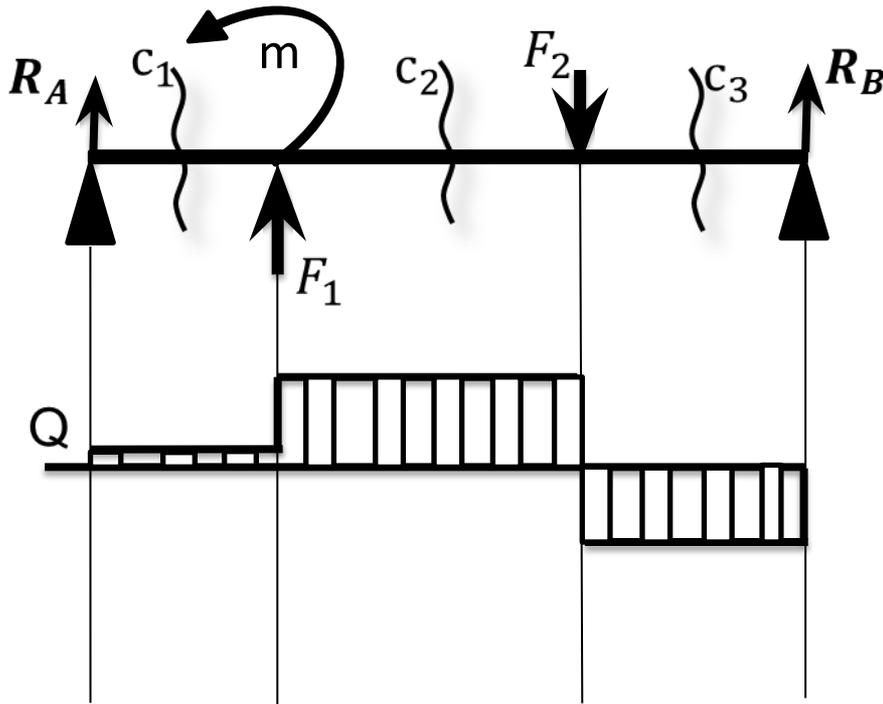
4.



- $F_1 = 25 \text{ кН}$
- $F_2 = 10 \text{ кН}$
- $F_3 = 35 \text{ кН}$
- $F_4 = 20 \text{ кН}$
- $m = 50 \text{ кН} \cdot \text{м}$

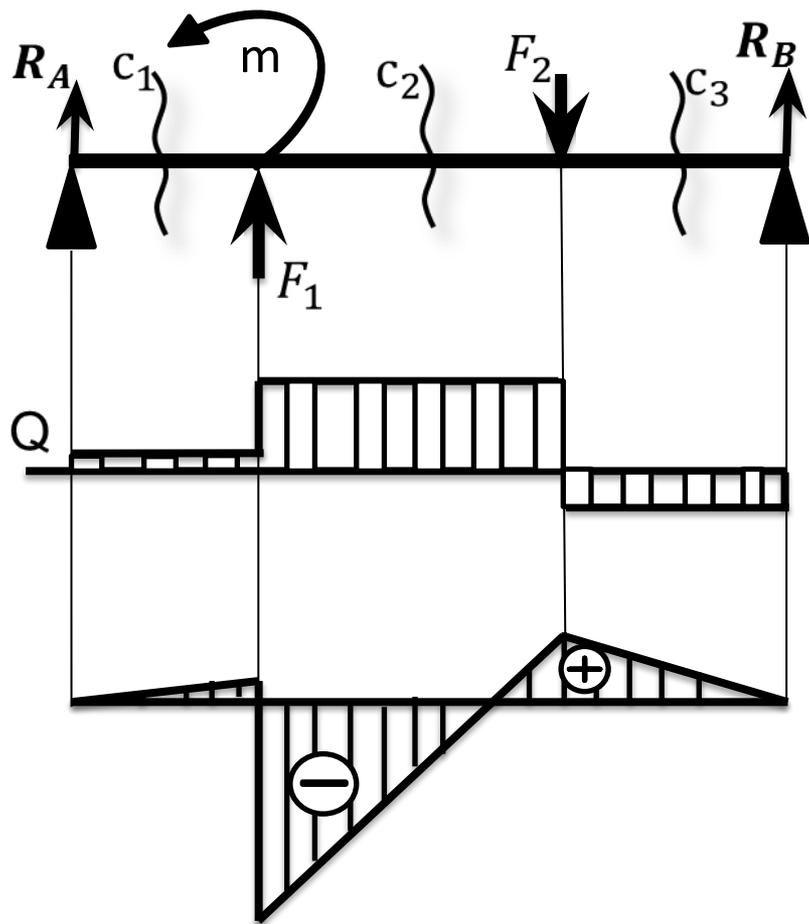
Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Построение эпюры поперечных сил двухопорной балки.



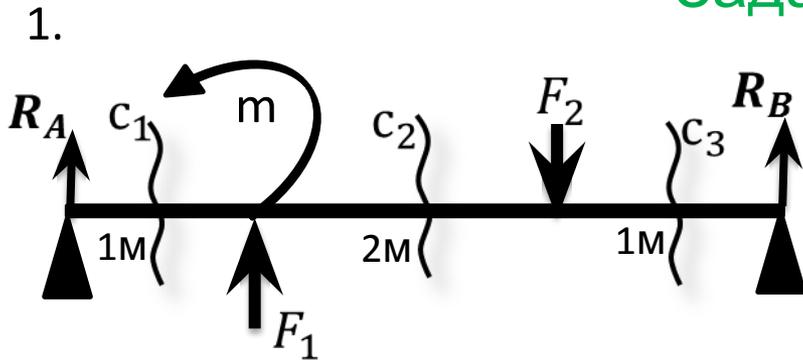
1. Нанести на чертеж реакции опор R_A и R_B .
2. Определить реакцию R_B из уравнения $\sum m_A = 0$.
3. Определить реакцию R_A из уравнения $\sum m_B = 0$.
4. Сделать проверку решения по уравнению $\sum F_y = 0$.
5. Поделить балку на участки нагружения вертикальными линиями по точкам приложения сил и моментов.
6. Провести сечения в каждом участке нагружения и пронумеровать слева направо.
7. Для каждого сечения определить поперечную силу по формуле: $Q = \sum F$ (моменты в расчете не учитывать)
8. По полученным значениям построить эпюру: положительные участки над линией, отрицательные под линией оси эпюры.

Построение эпюры изгибающих моментов двухопорной балки.



1. Нанести на чертеж реакции опор R_A и R_B .
2. Определить реакции R_A и R_B из уравнений $\sum m_B=0$, $\sum m_A=0$, проверку сделать по уравнению $\sum F_y=0$.
3. Поделить балку на участки нагружения, провести сечения и пронумеровать слева направо.
4. Для каждого сечения определить поперечную силу по формуле: $Q=\sum F$ (моменты в расчете не учитывать)
5. Для каждого сечения определить изгибающий момент по формуле: $M_x = \sum F \cdot x$, где x - расстояние от силы до сечения.
6. По полученным значениям построить эпюры Q и M_x : положительные участки над линией, отрицательные под линией оси эпюры.

Задания №1,2.

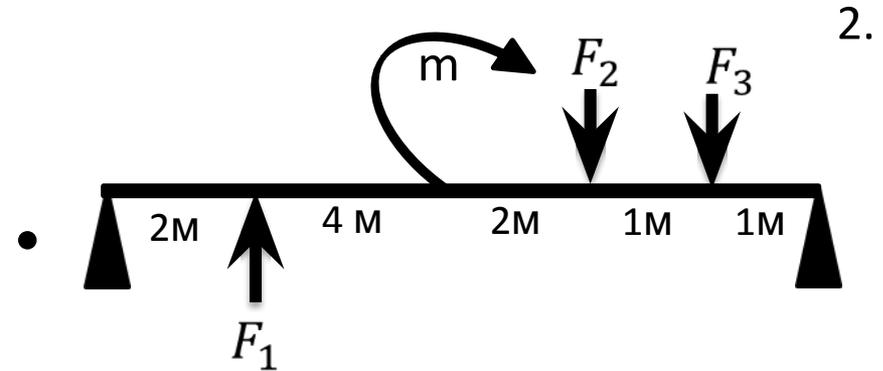


Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов:

$$F_1 = 10 \text{ кН}$$

$$F_2 = 15 \text{ кН}$$

$$m = 20 \text{ кНм}$$



Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов:

$$F_1 = 5 \text{ кН}$$

$$F_2 = 25 \text{ кН}$$

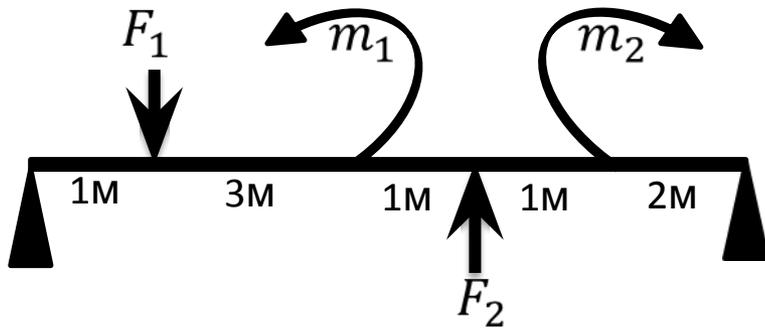
$$F_3 = 20 \text{ кН}$$

$$m = 30 \text{ кНм}$$

1. 2. 3. 4.

Задания № 3,4.

3.



Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов:

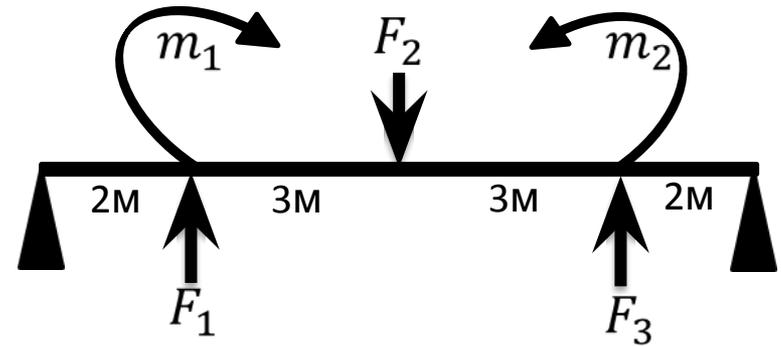
$$F_1 = 20 \text{ кН}$$

$$F_2 = 35 \text{ кН}$$

$$m_1 = 50 \text{ кНм}$$

$$m_2 = 70 \text{ кНм}$$

4.



Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов:

$$F_1 = 8 \text{ кН}$$

$$F_2 = 12 \text{ кН}$$

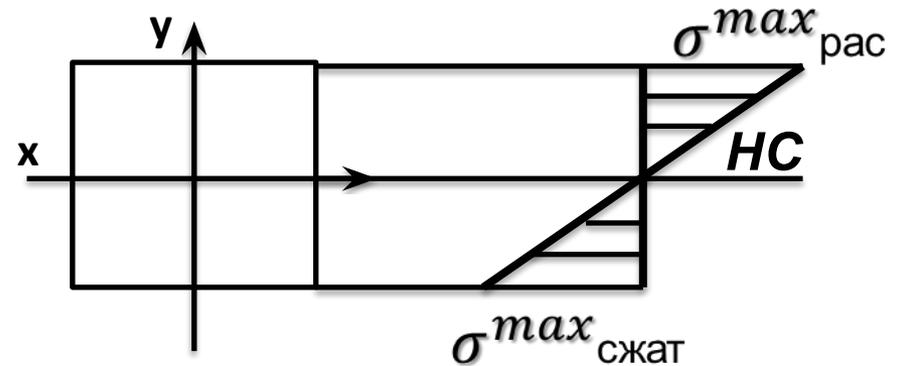
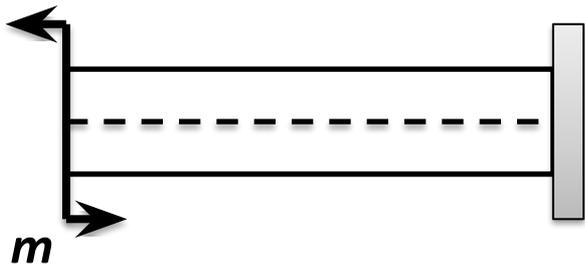
$$F_3 = 16 \text{ кН}$$

$$m_1 = 60 \text{ кНм}$$

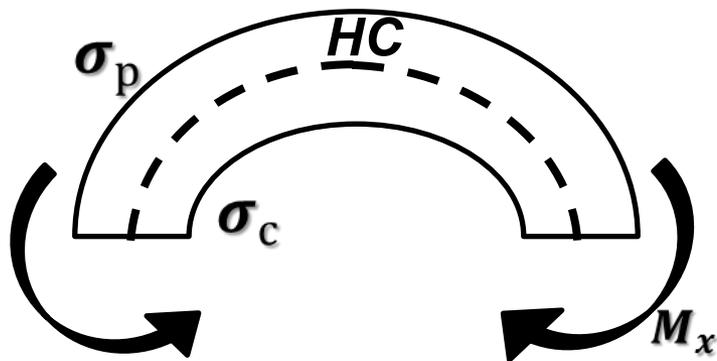
$$m_2 = 80 \text{ кНм}$$

Нормальные напряжения при изгибе. Расчеты на прочность.

- Эпюра нормальных напряжений.



Максимальные напряжения возникают на поверхности балки.



$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x}$$

σ_{max} - напряжение при изгибе (Мпа)

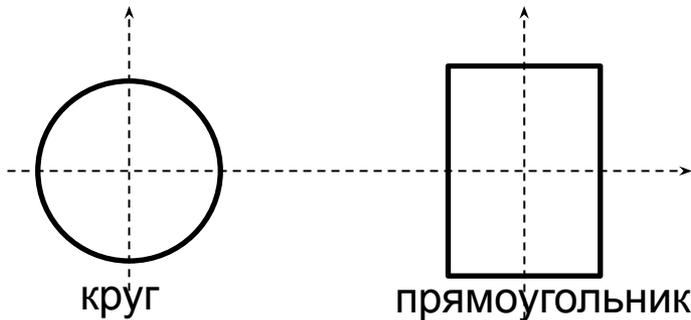
M_x - изгибающий момент (Н·мм)

W_x - момент сопротивления сечения (мм³)

Рациональные сечения при изгибе.

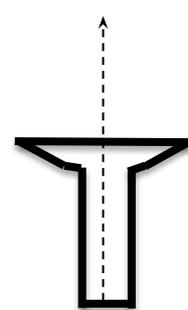
Пластичные материалы – одинаково работают на растяжение и сжатие, поэтому рациональны сечения, симметричные относительно оси изгиба.

Хрупкие материалы – обладают большей прочностью на сжатие, поэтому выбирают несимметричные сечения.

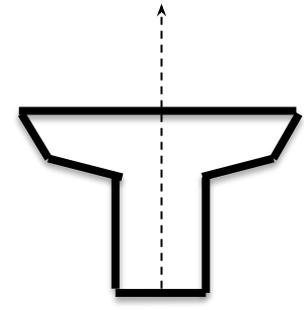


круг

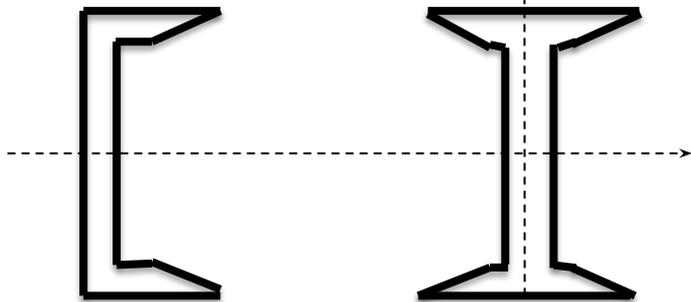
прямоугольник



тавр



рельс



швеллер

двутавр

Условие прочности при изгибе.

- *Расчетное напряжение не должно превышать допускаемого.*

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$$

σ_{max} - расчетное напряжение при изгибе (Мпа)

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение при изгибе (Мпа)

M_x - изгибающий момент (Н·мм)

W_x - момент сопротивления сечения (мм³)

Виды расчетов.

1. Проектировочный – определяет размер поперечного сечения балки.

а) для квадрата

$$b = \sqrt[3]{6W_x}$$

$$W_x = \frac{M_x}{[\sigma_{и}]}$$

б) для прямоугольника

$$W_x = \frac{bh^2}{6}$$

в) для круга

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} = 0,1d^3 \quad d = \sqrt[3]{\frac{W_x}{0,1}}$$

2. Проверочный – проверяет выполнение условия прочности:

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma_{и}]$$

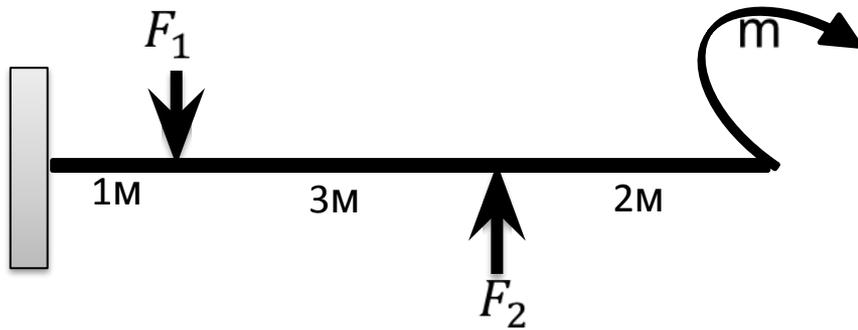
3. Определение нагрузочной способности - расчет максимального изгибающего момента, который можно приложить к балке заданного размера:

$$[M_x] = [\sigma] \cdot W_x$$

b-сторона квадрата (мм); **b, h**- стороны прямоугольника (мм); **d**- диаметр круга (мм)

Задания № 5,6.

3.



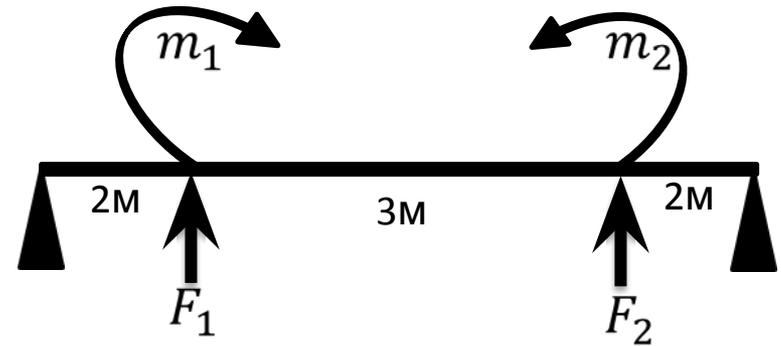
Определить размер сечения балки (квадрат), нагружение которой задано чертежом, если допустимое напряжение при изгибе 160 Мпа.

$$F_1 = 20 \text{ кН}$$

$$F_2 = 30 \text{ кН}$$

$$m = 40 \text{ кНм}$$

4.



Определить размер сечения балки (круг), нагружение которой задано чертежом, если допустимое напряжение при изгибе 160 Мпа.

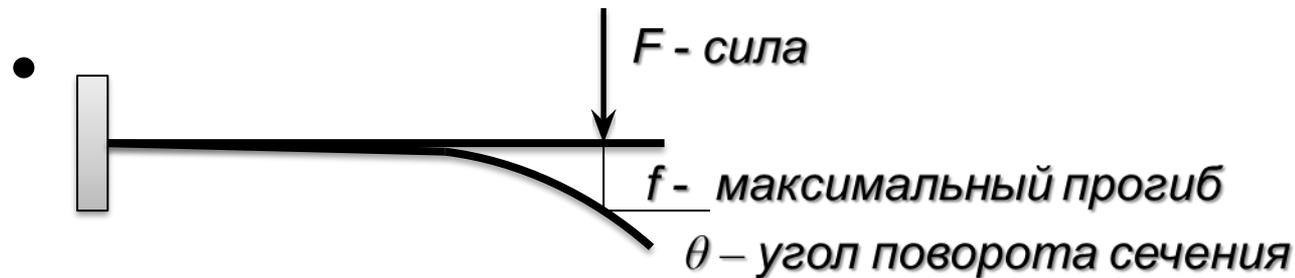
$$F_1 = 18 \text{ кН}$$

$$F_2 = 12 \text{ кН}$$

$$m_1 = 90 \text{ кНм}$$

$$m_2 = 80 \text{ кНм}$$

Линейные и угловые перемещения при изгибе.



Под действием поперечных нагрузок продольная ось балки искривляется - f , а сечение поворачивается на некоторый угол - θ .

Условие жесткости:

Максимальный прогиб и угол поворота сечения не должны превышать допусковых.

$$f \leq [f]$$

$$\theta \leq [\theta]$$

$[f]$ — от 1/200 до 1/1000 пролета балки

$[\theta]$ - 10^{-3} рад или 1 град