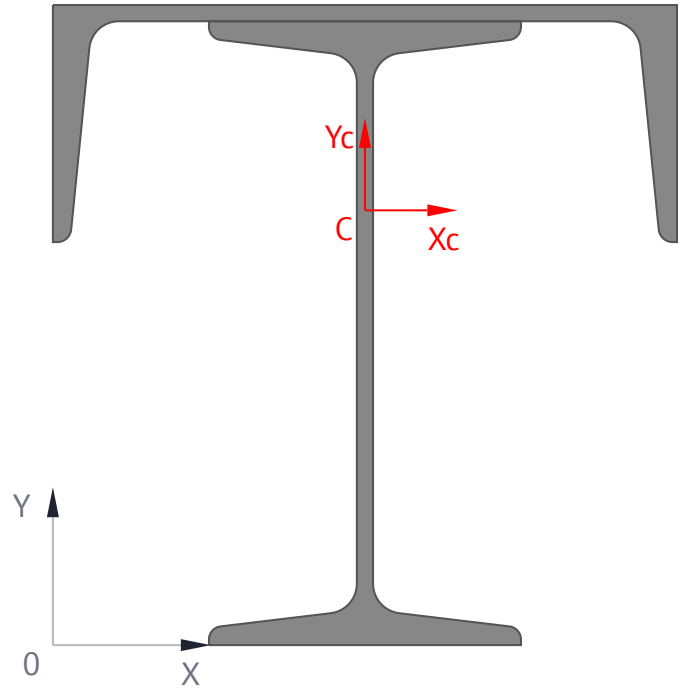
# Расчет геометрических характеристик




## Площадь сечения

Суммарную площадь фигуры вычислим по формуле:

$$A = A_1 + A_2$$

где: $A_1$ - площадь двутавра №1, $A_2$ - площадь швеллера №2.

$A_1$ = 26.79 (см$^2$) – данные получены из справочника: Двутавры с уклоном полок по ГОСТ 8239-89

$A_2$ = 23.39 (см$^2$) – данные получены из справочника: Швеллеры с уклоном полок по ГОСТ 8240-97

Получим, $A$ = 26.79 + 23.39 = 50.18 (см$^2$)

## Статические моменты

Обозначим начало координат в самой левой нижней точке сечения. Тогда статический момент сложной фигуры относительно оси $Ox$ равен сумме статических

моментов простых фигур составляющих эту фигуру.

$$S_x = S_x^{(1)} + S_x^{(2)}$$

где $S_x^{(1)}$ - статический момент двутавра №1 отн. оси $Ox$; $S_x^{(2)}$ - статический момент швеллера №2 отн. оси $Ox$.

$$S_x^{(1)} = A_1 \times y_c^{(1)} = 26.79 \times 10 = 267.9 \text{ (см}^3\text{)}$$
$$S_x^{(2)} = A_2 \times y_c^{(2)} = 23.39 \times 18.45 = 431.546 \text{ (см}^3\text{)}$$

где $y_c^{(1)}$ - расстояние от центра тяжести двутавра №1 до оси $Ox$ (по оси $Oy$), $y_c^{(2)}$ - расстояние от центра тяжести швеллера №2 до оси $Ox$ (по оси $Oy$).

Получим, $S_x = 267.9 + 431.546 = 699.446$ (см$^3$)

Статический момент сложной фигуры относительно оси $Oy$ равен сумме статических моментов простых фигур составляющих эту фигуру.

$$S_y = S_y^{(1)} + S_y^{(2)}$$

где $S_y^{(1)}$ - статический момент двутавра №1 отн. оси $Oy$; $S_y^{(2)}$ - статический момент швеллера №2 отн. оси $Oy$.

$$S_y^{(1)} = A_1 \times x_c^{(1)} = 26.79 \times 10 = 267.9 \text{ (см}^3\text{)}$$
$$S_y^{(2)} = A_2 \times x_c^{(2)} = 23.39 \times 10 = 233.9 \text{ (см}^3\text{)}$$

где $x_c^{(1)}$ - расстояние от центра тяжести двутавра №1 до оси $Oy$ (по оси $Ox$), $x_c^{(2)}$ - расстояние от центра тяжести швеллера №2 до оси $Oy$ (по оси $Ox$).

Получим, $S_y = 267.9 + 233.9 = 501.8$ (см$^3$)

## Центр тяжести

Зная площадь сечения и его статические моменты можно определить координаты центра тяжести по следующим формулам:

$$x_c = S_y / A = 501.8 / 50.18 = 10 \text{ (см)}$$
$$y_c = S_x / A = 699.446 / 50.18 = 13.94 \text{ (см)}$$

Значения координат получены относительно выбранного начала координат $O$. На схеме центр тяжести обозначен точкой С.

## Моменты инерции

Моменты инерции будем вычислять относительно центральных осей фигуры (центра тяжести).

$$I_{xc} = I_{xc}^{(1)} + I_{xc}^{(2)}$$

где: $I_{xc}^{(1)}$ - осевой центральный момент инерции двутавра №1 отн. оси $X_c$; $I_{xc}^{(2)}$ - осевой центральный момент инерции швеллера №2 отн. оси $X_c$.

Вычислим осевой центральный момент инерции двутавра №1 отн. оси $X_c$ по формуле:

$$I_{xc}^{(1)} = I'_x{}^{(1)} + y_1{}^2 \times A_1$$

где: $I'_x{}^{(1)}$ - осевой момент инерции двутавра №1 относительно собственного центра тяжести, $y_1$ - расстояние от центра тяжести двутавра №1 до оси $Xc$ (по оси $Yc$);

$I'_x{}^{(1)} = 1838$ (см$^4$) – данные получены из справочника: Двутавры с уклоном полок по ГОСТ 8239-89

$$I_{xc}^{(1)} = 1838 + (13.939 - 10)^2 \times 26.79 = 2253.609 \text{ (см}^4\text{)}$$

Вычислим осевой центральный момент инерции швеллера №2 отн. оси $X_c$ по формуле:

$$I_{xc}^{(2)} = I'_x{}^{(2)} + y_2{}^2 \times A_2$$

где: $I'_x{}^{(2)}$ - осевой момент инерции швеллера №2 относительно собственного центра тяжести, $y_2$ - расстояние от центра тяжести швеллера №2 до оси $Xc$ (по оси $Yc$).

$$I'_x{}^{(2)} = I_x^{(2)} \times cos^2(\alpha) + I_y^{(2)} \times sin^2(\alpha) + I_{xy}^{(2)} \times sin(2 \times \alpha),$$

где: $I_x^{(2)} = 1521.5$ (см$^4$), $I_y^{(2)} = 113.46$ (см$^4$), $I_{xy}^{(2)} = 0$ (см$^4$) – данные получены из справочника: Швеллеры с уклоном полок по ГОСТ 8240-97

$$I'_x{}^{(2)} = 1521.5 \times cos^2(270) + 113.46 \times sin^2(270) + 0 \times sin(2 \times 270) = 113.46 \text{ (см}^4\text{)}$$

$$I_{xc}^{(2)} = 113.46 + (18.45 - 13.939)^2 \times 23.39 = 589.483 \text{ (см}^4\text{)}$$

Получим, $I_{xc} = 2253.609 + 589.483 = 2843.092$ (см$^4$)

$$I_{yc} = I_{yc}^{(1)} + I_{yc}^{(2)}$$

где: $I_{yc}^{(1)}$ - осевой центральный момент инерции двутавра №1 отн. оси $Y_c$; $I_{yc}^{(2)}$ - осевой центральный момент инерции швеллера №2 отн. оси $Y_c$.

Вычислим осевой центральный момент инерции двутавра №1 отн. оси $Y_c$ по формуле:

$$I_{yc}^{(1)} = I'_y{}^{(1)} + x_1{}^2 \times A_1$$

где: $I'_y{}^{(1)}$ - осевой момент инерции двутавра №1 относительно собственного центра тяжести, $x_1$ - расстояние от центра тяжести двутавра №1 до оси *Yc* (по оси *Xc*);

$I'_y{}^{(1)} = 115.52$ (см$^4$) – данные получены из справочника: Двутавры с уклоном полок по ГОСТ 8239-89

$$I_{yc}{}^{(1)} = 115.52 + (10 - 10)^2 \times 26.79 = 115.52 \text{ (см}^4\text{)}$$

Вычислим осевой центральный момент инерции швеллера №2 отн. оси $Y_c$ по формуле:

$$I_{yc}{}^{(2)} = I'_y{}^{(2)} + x_2{}^2 \times A_2$$

где: $I'_y{}^{(2)}$ - осевой момент инерции швеллера №2 относительно собственного центра тяжести, $x_2$ - расстояние от центра тяжести швеллера №2 до оси *Yc* (по оси *Xc*).

$$I'_y{}^{(2)} = I_x{}^{(2)} \times sin^2(\alpha) + I_y{}^{(2)} \times cos^2(\alpha) - I_{xy}{}^{(2)} \times sin(2 \times \alpha),$$

где: $I_x{}^{(2)} = 1521.5$ (см$^4$), $I_y{}^{(2)} = 113.46$ (см$^4$), $I_{xy}{}^{(2)} = 0$ (см$^4$) – данные получены из справочника: Швеллеры с уклоном полок по ГОСТ 8240-97

$$I'_y{}^{(2)} = 1521.5 \times sin^2(270) + 113.46 \times cos^2(270) - 0 \times sin(2 \times 270) = 1521.5 \text{ (см}^4\text{)}$$

$$I_{yc}{}^{(2)} = 1521.5 + (10 - 10)^2 \times 23.39 = 1521.5 \text{ (см}^4\text{)}$$

Получим, $I_{yc} = 115.52 + 1521.5 = 1637.02$ (см$^4$)

## Моменты сопротивления

Осевым моментом сопротивления площади сечения относительно главной центральной оси называется отношение момента инерции площади относительно этой же оси к расстоянию до наиболее удаленной точки от этой оси.

$$y_{max} = max(y_c; h - y_c) = max(13.939; 20.52 - 13.939) = 13.939 \text{ (см)}$$

$$W_{xc} = I_{xc}/y_{max} = 2843.092/13.939 = 203.971 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$x_{max} = max(x_c; b - x_c) = max(10; 20 - 10) = 10 \text{ (см)}$$

$$W_{yc} = I_{yc}/x_{max} = 1637.02/10 = 163.702 \text{ (см}^3\text{)}$$