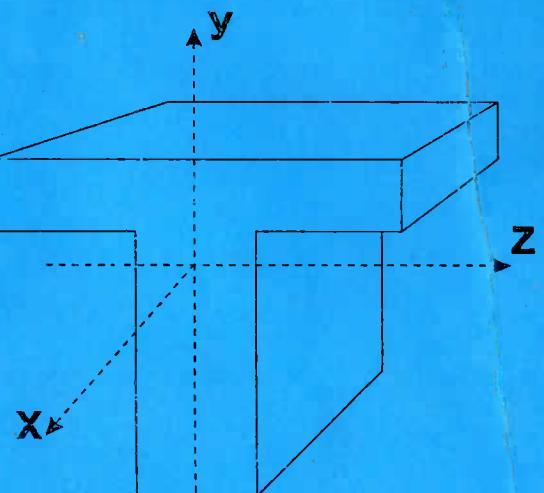


## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

Методические указания к расчетно-графической работе по сопротивлению материалов для студентов всех форм обучения



Ханты-Мансийск  
2005

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Югорский государственный университет

**Инженерный факультет**

*Кафедра «Строительные технологии и конструкции»*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ  
СЕЧЕНИЙ**

**Методические указания к расчетно-графической  
работе по сопротивлению материалов для студентов  
всех форм обучения**

Ханты-Мансийск  
2005

УДК 593.3/6

ББК 30.121

И 98

*Рецензент:*

канд. техн. наук, доц. кафедры «Строительная механика»

СИБАДИ В.М. Романовский

**И 98 Определение геометрических характеристик плоских сечений:** Методические указания к расчетно-графической работе по сопротивлению материалов для студентов всех форм обучения / сост. А.Е. Ищенко, Ж.Б. Ищенко. – Ханты-Мансийск: РИЦ ЮГУ, 2005. – 20 с.

Содержатся краткие теоретические сведения и примеры расчетов сечений сложной формы, состоящих из прямоугольников и из прокатных профилей.

В приведенных примерах излагается методика определения различных геометрических характеристик – статических моментов площади сечений, осевых и центробежного моментов инерции; показано определение положения главных осей инерции. Даётся численное решение всех примеров. Сформулированы вопросы для самоконтроля, указана рекомендуемая для изучения литература.

В методических указаниях даны варианты и расчетные схемы всех индивидуальных заданий, изложена последовательность выполнения расчетно-графической работы и требования к ее содержанию и оформлению.

## **Введение**

Так как на несущую способность стержня влияет не только размеры, но и форма сечения, то при расчетах на прочность, жесткость и устойчивость используются такие геометрические характеристики поперечного сечения стержня, как площадь, осевые, полярный и центробежный моменты инерции, моменты сопротивления и статические моменты площади.

При выполнении расчетно-графической работы студенты получат практику работы с сортаментом прокатной стали, научатся определять геометрические характеристики сечений, составленных из прокатных профилей, анализировать изменение моментов инерции при повороте центральных осей.

Полученные навыки будут использованы не только при выполнении последующих расчетно-графических работ по изучаемой дисциплине, но и в курсовых проектах и работах по металлическим, железобетонным и деревянным конструкциям.

УДК 539.3/6

ББК 30.121

## 1. Формулы, применяемые для определения геометрических характеристик

Для сечения, показанного на рис. 1, геометрические характеристики:

- площадь сечения  $A = \int dA [m^2]$ ; (1)

- статический момент площади сечения  $S_{Z_1} = \int y \cdot dA = y_c \cdot A; S_{Y_1} = \int z \cdot dA = z_c \cdot A [m^3]$ . (2)

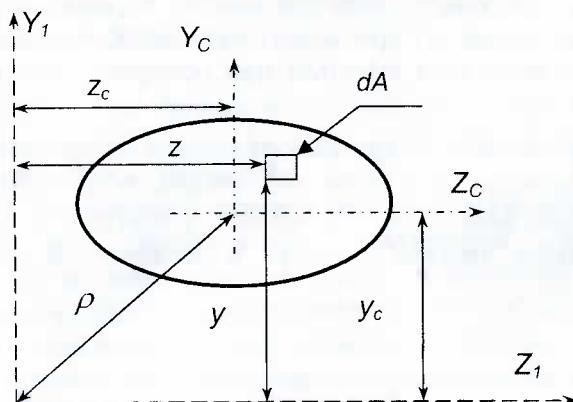


Рис. 1. Расчетная схема для определения геометрических характеристик сечения

Здесь  $y_c$  и  $z_c$  — расстояния от центра тяжести сечения  $A$  до координатных осей  $Z_1$  и  $Y_1$ . Статический момент площади может быть как положительным, так и отрицательным, в зависимости от положения начала отсчета. Относительно любой центральной оси статический момент равен 0.

$$S_{Z_0} = A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 = \sum A_i \cdot y_i;$$

$$S_{Y_0} = A_1 \cdot z_1 + A_2 \cdot z_2 + A_3 \cdot z_3 = \sum A_i \cdot z_i.$$

Координаты центра тяжести сечения:

$$z_c = \sum A_i \cdot z_i / \sum A_i; \quad y_c = \sum A_i \cdot y_i / \sum A_i. \quad (3)$$

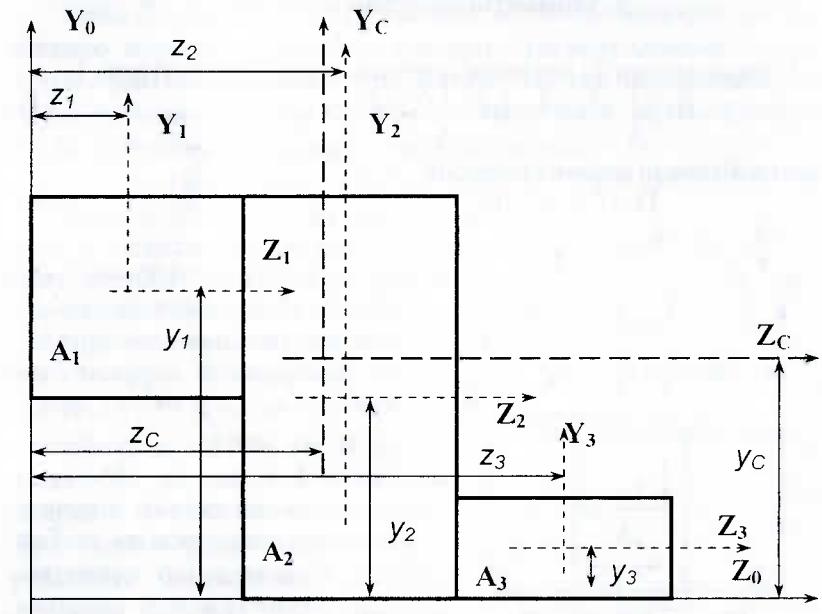


Рис. 2. Схема сечения к примеру №1

## 2. Пример расчета №1

Вычислим координаты центра тяжести сечения, показанного на рис. 2. Прямоугольники, из которых состоит сечение, имеют такие размеры:  $A_1 = 4 \times 4 = 16 \text{ см}^2$ ,  $A_2 = 4 \times 8 = 32 \text{ см}^2$ ,  $A_3 = 4 \times 2 = 8 \text{ см}^2$ . Площадь  $A = \sum A_i = 56 \text{ см}^2$

Координаты центров тяжести  $z_1 = 2 \text{ см}$ ,  $y_1 = 6 \text{ см}$ ;

$z_2 = 6 \text{ см}$ ,  $y_2 = 4 \text{ см}$ ;  $z_3 = 10 \text{ см}$ ,  $y_3 = 1 \text{ см}$ .

Статический момент площади сечения относительно оси  $Z_0$ :  $S_{Z_0} = 16 \times 6 + 32 \times 4 + 8 \times 1 = 232 \text{ см}^3$

Статический момент площади сечения относительно оси  $Y_0$ :  $S_{Y_0} = 16 \times 2 + 32 \times 6 + 8 \times 10 = 304 \text{ см}^3$

Координаты центра тяжести сечения вычислены по формуле (3):

$$z_c = 304 / 56 = 5,43 \text{ см}, \quad y_c = 323 / 56 = 5,77 \text{ см}$$

### 3. Моменты инерции сечения

Оевые моменты инерции сечения, показанного на рис. 1

$$I_{Z_1} = \int y^2 \cdot dA, I_{Y_1} = \int z^2 \cdot dA, \quad (4)$$

A                    A

а центробежный момент инерции

$$D = \int z \cdot y \cdot dA. \quad (5)$$

A

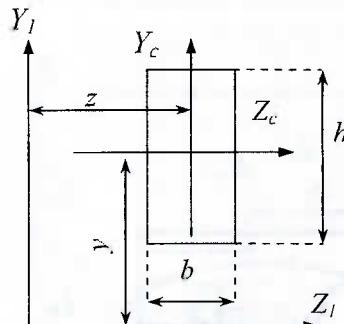


Рис. 3. Определение моментов инерции прямоугольника

Для прямоугольного сечения, показанного на рис. 3, момент инерции относительно центральной горизонтальной оси  $z_c$ :  $I_{Zc} = bh^3/12$ , относительно центральной вертикальной оси  $y_c$ :  $I_{Yc} = hb^3/12$ .

Оевой момент инерции сечения относительно любой оси, параллельной центральной, равен моменту инерции относительно центральной оси плюс площадь сечения, умноженная на квадрат расстояния между осями:

$$I_{Z_1} = I_{Zc} + A \cdot y^2, I_{Y_1} = I_{Yc} + A \cdot z^2. \quad (6)$$

Момент инерции сложного сечения относительно любой оси равен сумме моментов инерции ее составных частей относительно этой оси. Тогда момент инерции сложного сечения, показанного на рис. 2, относительно горизонтальной оси  $Z_0$  вычисляется следующим образом:

$$I_{Z_0} = I_{Z_1} + A_1 \cdot y_1^2 + I_{Z_2} + F_2 \cdot y_2^2 + I_{Z_3} + A_3 \cdot y_3^2.$$

$$I_{Z_0} = 4 \cdot 4^3/12 + 4 \cdot 6^2 + 4 \cdot 8^3/12 + 4 \cdot 8 \cdot 4^2 + 4 \cdot 2^3/12 + 4 \cdot 2 \cdot 1^2 = 1578,7 \text{ см}^4$$

Момент инерции этого же сечения относительно вертикальной оси  $Y_0$ :

$$I_{Y_0} = I_{Y_1} + A_1 \cdot z_1^2 + I_{Y_2} + F_2 \cdot z_2^2 + I_{Y_3} + A_3 \cdot z_3^2.$$

$$I_{Y_0} = 4 \cdot 4^3/12 + 4 \cdot 4 \cdot 2^2 + 8 \cdot 4^3/12 + 4 \cdot 8 \cdot 6^2 + 2 \cdot 4^3/12 + 4 \cdot 2 \cdot 10^2 = 2090,7 \text{ см}^4$$

Центробежный момент инерции рассматриваемого сечения:

$$D = D_1 + A_1 \cdot y_1 \cdot z_1 + D_2 + A_2 \cdot y_2 \cdot z_2 + D_3 + A_3 \cdot y_3 \cdot z_3.$$

Здесь  $D_1, D_2, D_3$  – центробежные моменты инерции соответственно первого, второго и третьего прямоугольника относительно центральных осей этих фигур. Так как центральные оси прямоугольников являются осями симметрии, то  $D_1=D_2=D_3=0$ , тогда центробежный момент инерции сечения:

$$D = 4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 2 + 4 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 6 + 4 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10 = 1040 \text{ см}^4$$

Для круглого сечения диаметром  $d$ , показанного на рис. 4, момент инерции относительно любой центральной оси:  $I_{Zc} = \pi \cdot d^4/64$ .

Если за полюс принять центр тяжести круга, то полярный момент инерции этого сечения:  $I_p = \pi \cdot d^3/32$ .

Для треугольного сечения, показанного на рис. 5, моменты инерции относительно центральных осей (центр тяжести треугольника расположен на расстояниях  $h/3$  и  $b/3$  от соответствующего основания) определяются по следующим формулам:  $I_{Zc} = b \cdot h^3/36$ ;  $I_{Yc} = h \cdot b^3/36$ .

При расчетах на прочность изгибаемых элементов часто используется вспомогательная геометрическая характеристика, называемая осевым моментом сопротивления.

Момент сопротивления обозначается  $W_{Zc}$  или  $W_{Yc}$  и показывает величину отношения осевого момента инерции сечения  $I_{Zc}$  или  $I_{Yc}$  к максимальному расстоянию от наиболее удаленной точки сечения до его центра тяжести. Так, для круглого сечения момент сопротивления относительно любой центральной оси  $W_{Zc} = \pi \cdot D^4/64 : D/2 = \pi \cdot D^3/32$ .

Для прямоугольного сечения момент сопротивления относительно горизонтальной оси:

$$W_{Zc} = b \cdot h^3/12 : h/2 = b \cdot h^2/6.$$

Относительно вертикальной оси момент сопротивления такого сечения равен:

$$W_{Yc} = h \cdot b^3/12 : b/2 = hb^2/6.$$

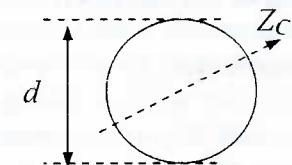


Рис.4. Круглое сечение

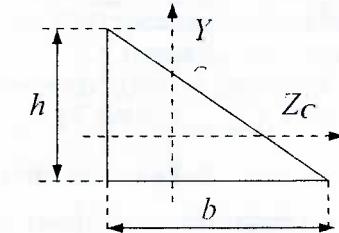


Рис.5. Треугольное сечение

#### 4. Главные центральные оси и главные моменты инерции

Центральные оси, относительно которых осевые моменты инерции достигают экстремальных значений, называются главными. Центробежный момент инерции относительно главных центральных осей равен нулю. Моменты инерции, вычисленные относительно главных центральных осей, также называются главными и обозначаются  $I_{\max}$  и  $I_{\min}$  ( $I_v, I_u$ ).

Положение главных центральных осей определяется углом  $\alpha_0$ , определяемым по формуле:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = -2D/(I_z - I_y) = 2D/(I_y - I_z) \quad (7)$$

В этой формуле направление осей:  $z$  – горизонтальная,  $y$  – вертикальная.

Если центробежный момент инерции положительный ( $D > 0$ ), то главная ось, относительно которой момент инерции максимальный, пересекает II-IV четверти, а если  $D < 0$ , то эта ось пересекает I-III четверти.

Величина главных моментов инерции определяется по формуле:

$$I_{\max/min} = 0.5(I_z + I_y) \pm 0.5 [(I_z - I_y)^2 + 4D^2]^{0.5} \quad (8)$$

#### 5. Радиусы инерции, эллипс инерции

Существует следующая зависимость между осевыми моментами инерции и площадью сечения:

$$I_z = i_z^2 \cdot A; \quad I_y = i_y^2 \cdot A. \quad (9)$$

В этой формуле  $i_z$  и  $i_y$  – радиусы инерции сечения. Если  $I_v$  и  $I_u$  – максимальный и минимальный моменты инерции сечения, то  $i_v$  и  $i_u$  – максимальный и минимальный радиусы инерции.

Эллипс, построенный на этих главных радиусах инерции, как на полуосах, называется эллипсом инерции.

При построении эллипса от центра тяжести сечения вдоль оси  $U$  откладывается максимальный радиус  $i_v$ , а вдоль оси  $V$  откладывается минимальный радиус  $i_u$ .

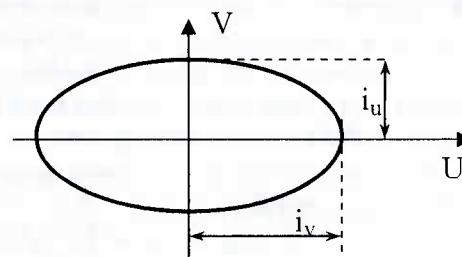


Рис. 6. Построение эллипса инерции

#### 6. Геометрические характеристики прокатных профилей

В учебной литературе геометрические характеристики стандартных прокатных профилей обычно приводятся в приложениях (сортамент прокатной стали): равнополочных (ГОСТ 8509) и неравнополочных (ГОСТ 8510) стальных горячекатанных уголков, швеллеров стальных горячекатанных (ГОСТ 8240) и двутавров стальных горячекатанных (ГОСТ 8239).

В табличной форме приводятся данные о размерах прокатного профиля, площади сечения, координатах центра тяжести, моментах инерции, моментах сопротивления и т.д. Например, для показанного на рис. 7 швеллера №16 по ГОСТ 8240-89 параметры профиля:

высота сечения  $h = 160\text{мм}$ , ширина полки  $b = 64\text{мм}$ , толщина стенки  $s = 5\text{мм}$ , толщина полки  $t = 8.4\text{мм}$ ; расстояние от наружной грани стенки до вертикальной центральной оси  $z_0 = 18\text{ мм}$ ; площадь сечения  $A = 18.1\text{cm}^2$ ; момент инерции относительно горизонтальной центральной оси  $I_{zc} = 491\text{cm}^4$ ; момент инерции относительно вертикальной центральной оси  $I_{yc} = 63.3\text{cm}^4$ . Кроме этих характеристик сечения в сортаменте также даны величины радиусов инерции  $i_z, i_y$ ; моментов сопротивления  $W_z, W_y$ ; статического момента площади полусечения  $S_z$ , масса одного погонного метра профиля.

Равнополочные и неравнополочные уголки обозначаются следующим образом:

10 / 6,3 / 0,6.

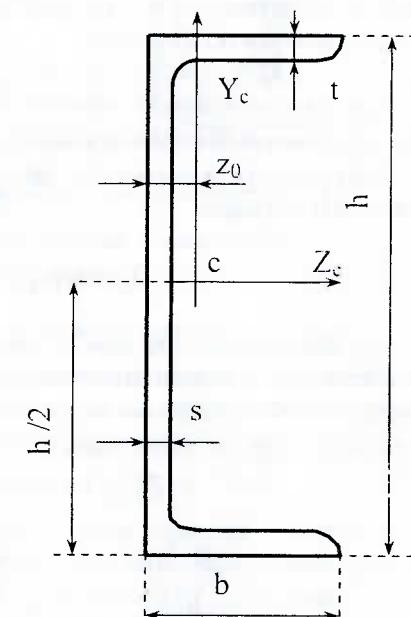


Рис. 7. Швеллер

Здесь первые две цифры – размеры полок, а третья – толщина полок (в см). Для равнополочных и неравнополочных уголков (рис. 8) помимо перечисленных характеристик, сортамент дает значение минимального момента инерции  $I_{min}$ , а также значение тангенса угла наклона  $\tg \alpha_0$  между главной максимальной осью инерции  $v$  и осью  $z$  (для неравнополочных уголков).

В том случае, если центробежный момент инерции уголкового профиля не приведен в сортаменте, он определяется по формуле:

$$D = \sin 2 \alpha_0 (I_v - I_u) / 2 \quad (10)$$

Знак центробежного момента уголкового профиля определяется по ориентации максимальной оси инерции.

Для профиля, показанного на рис. 8,  $D < 0$ , так как ось  $v$  пересекает I-III четверти.

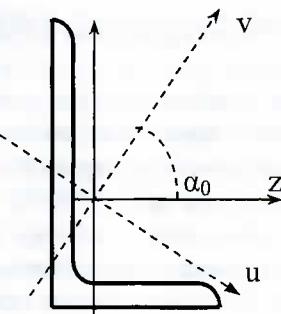


Рис. 8. Неравнополочный уголок

## 7. Пример расчета №2

Для показанного на рис. 9 сечения, состоящего из листа (1), швеллера (2) и неравнополочного уголка (3), определить положение главных центральных осей, вычислить величины главных моментов инерции, построить эллипс инерции.

### 1. Сбор исходных данных

Для листа с размерами  $b_1 \cdot \delta = 24 \times 2$  см определяются следующие геометрические характеристики: площадь сечения  $A_1 = 24 \times 2 = 48 \text{ см}^2$ , осевые моменты инерции  $I_{Z1} = b_1 \cdot \delta^3 / 12 = 24 \cdot 2^3 / 12 = 16 \text{ см}^4$ ,  $I_{Y1} = \delta \cdot b_1^3 / 12 = 2 \cdot 24^3 / 12 = 2304 \text{ см}^4$ . Центр тяжести листа расположен на пересечении осей симметрии этой фигуры.

Для прокатных профилей из сортамента выбираются данные об их площади, положении центра тяжести и моментах инерции.

Швеллер № 20:  $A_2 = 23,4 \text{ см}^2$ ,  $z_{02} = 2,07 \text{ см}$ ,  $I_{Z2} = 1520 \text{ см}^4$ ,  $I_{Y2} = 113 \text{ см}^4$ ; ширина полки  $b_2 = 7,6 \text{ см}$ .

Неравнополочный уголок 14/9/0,8:  $A_3 = 18 \text{ см}^2$ ,  $z_{03} = 2,03 \text{ см}$ ,  $y_{03} = 4,49 \text{ см}$ ,  $I_{Z3} = 364 \text{ см}^4$ ,  $I_{Y3} = 120 \text{ см}^4$ ,  $D = 121 \text{ см}^4$ .

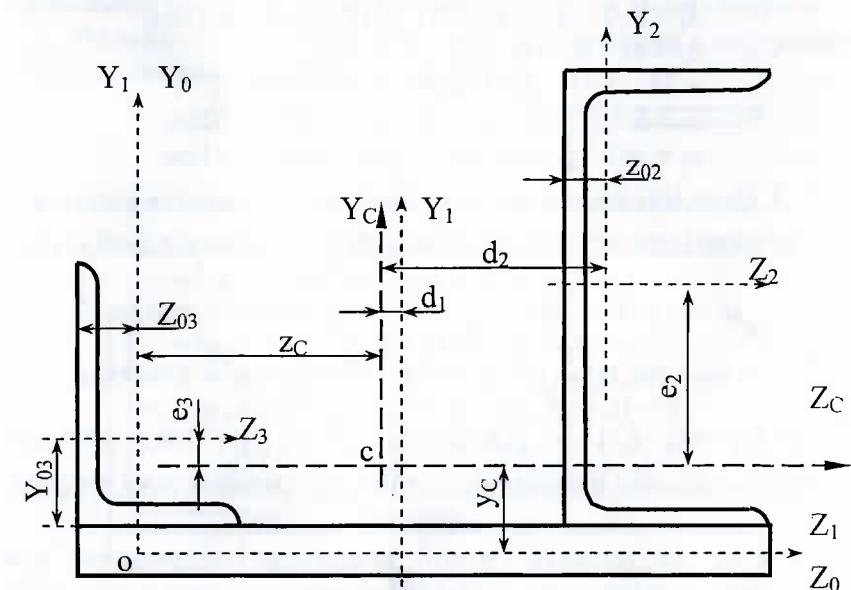


Рис. 9. Схема поперечного сечения к примеру № 2

### 2. Определение координат центра тяжести сечения

Координаты центра тяжести сечения в системе произвольных осей  $z_0, y_0$  определяются следующим образом: вычисляются статические моменты площади сечения  $S_{Z0}$  и  $S_{Y0}$ , а затем рассчитываются расстояния  $z_C$  – между осями  $Y_C$  и  $Y_0$  и  $y_C$  – между осями  $Z_C$  и  $Z_0$ .

$$\begin{aligned} S_{Z0} &= A_2(\delta/2 + h_2/2) + A_3(\delta/2 + y_{03}) = \\ &= 23,4(1+10) + 18(1+4,49) = 356,22 \text{ см}^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{Y0} &= A_1(b_1/2 - z_{03}) + A_2(b_1 - z_{03} - b_2 + z_{02}) = \\ &= 48(12 - 2,03) + 23,4(24 - 2,03 - 7,6 + 2,07) = 863,26 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

$$z_C = S_{Y0}/A = 863,26 / 89,4 = 9,66 \text{ см};$$

$$y_C = S_{Z0}/A = 356,22 / 89,4 = 3,98 \text{ см}.$$

Здесь  $A$  – площадь сечения, определяется как сумма площадей трёх фигур  $48+23,4+18 = 89,4 \text{ см}^2$ .

Определим координаты центров тяжести элементов сечения относительно осей  $Z_C, Y_C$ , для этого введем следующие обозначения:

$$d_1 = b_1/2 - z_{03} - z_C = 12 - 2,03 - 9,66 = 0,31 \text{ см};$$

$$d_2 = b_1 - z_{03} - b_2 + z_{02} - z_C =$$

$$= 24 - 2,03 - 7,6 + 2,07 - 9,66 = 6,78 \text{ см};$$

$$e_2 = \delta/2 + h_2/2 - y_C = 1 + 10 - 3,98 = 7,02 \text{ см};$$

$$e_3 = \delta/2 + y_{03} - y_C = 1 + 4,49 - 3,98 = 1,51 \text{ см}.$$

### 3. Определение осевых и центробежных моментов инерции сечения относительно произвольных центральных осей $Z_C, Y_C$

$$I_{ZC} = I_{Z1} + A_1 \cdot y_C^2 + I_{Z2} + A_2 \cdot e_2^2 + I_{Z3} + A_3 \cdot e_3^2 = \\ 16 + 48 \cdot 3,98^2 + 1520 + 23,4 \cdot 7,02^2 + 364 + 18 \cdot 1,51^2 = 3854,54 \text{ см}^4;$$

$$I_{YC} = I_{Y1} + A_1 \cdot d_1^2 + I_{Y2} + A_2 \cdot d_2^2 + I_{Y3} + A_3 \cdot z_C^2 = \\ 2304 + 48 \cdot 0,31^2 + 113 + 23,4 \cdot 6,78^2 + 120 + 18 \cdot 9,66^2 = 5296,95 \text{ см}^4.$$

$$D = D_1 + A_1 \cdot y_C \cdot d_1 + D_2 + A_2 \cdot e_2 \cdot d_2 + D_3 + A_3 \cdot z_C = \\ 0 + 48 \cdot (-3,98) \cdot 0,31 + 0 + 23,4 \cdot 7,02 \cdot 6,78 - 121 + 18 \cdot 1,51 \cdot (-9,66) = 670,96 \text{ см}^4$$

### 4. Определение положения главных центральных осей инерции сечения

Угол, на который следует повернуть произвольные центральные оси инерции, чтобы они стали главными осями, определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = -2D/(I_{ZC} - I_{YC}) = -2 \cdot 670,96 / (3854,54 - 5296,95) = 0,930;$$

$$2\alpha_0 = 42,9^\circ, \alpha_0 = 21,45^\circ.$$

Угол  $\alpha_0 > 0$ , поэтому он отсчитывается против часовой стрелки от вертикальной оси ( $I_{YC} > I_{ZC}$ ). Положение максимальной оси инерции следует также контролировать по знаку центробежного момента инерции. Так как  $D > 0$ , то ось V должна пересекать 2-4 четверти.

### 5. Определение главных центральных моментов инерции сечения

$$I_{\max/\min} = 0,5(I_{ZC} + I_{YC}) \pm 0,5[(I_{ZC} - I_{YC})^2 + 4D^2]^{0.5} = \\ 0,5(3854,54 + 5296,95) \pm 0,5[(3854,54 - 5296,95)^2 + 4 \cdot 670,96^2]^{0.5} = \\ 4575,75 \pm 985,05;$$

$$I_{\max} = I_v = 5560,8 \text{ см}^4; I_{\min} = I_u = 3590,7 \text{ см}^4.$$

### 6. Определение главных радиусов инерции и построение эллипса инерции

$$i_{\max} = i_v = (I_{\max}/A)^{0.5} = (5560,8/8,4)^{0.5} = 7,9 \text{ см};$$

$$i_{\min} = i_u = (I_{\min}/A)^{0.5} = (3590,7/8,4)^{0.5} = 6,3 \text{ см}.$$

Максимальный радиус инерции откладывается от оси V (вдоль минимальной оси), а минимальный – от оси U (вдоль максимальной оси), и на главных радиусах строится эллипс инерции.

Положение главных центральных осей инерции и построение эллипса инерции показано на рис. 10.

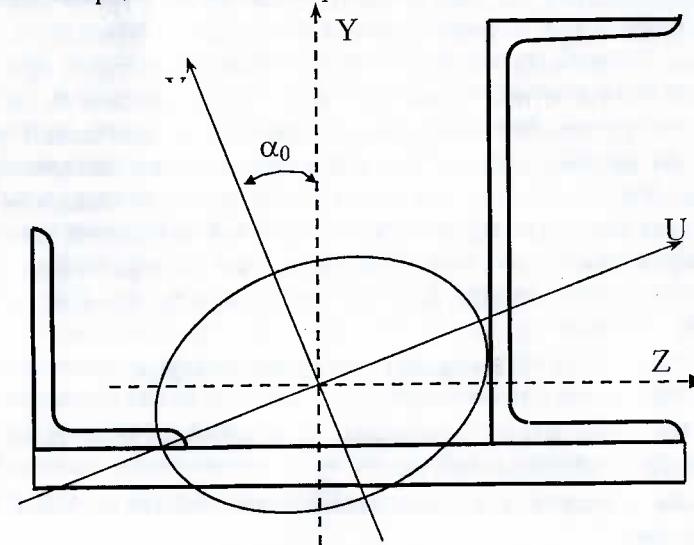


Рис. 10. Построение эллипса инерции

### 8. Расчетно-графическая работа

#### Определение геометрических характеристик плоских сечений

Для заданного поперечного сечения, состоящего из листа (пластины) и двух прокатных профилей требуется:

1. Определить положение центра тяжести сечения.
2. Вычислить осевые и центробежный моменты инерции относительно произвольных центральных осей.
3. Определить положение главных центральных осей инерции сечения.
4. Вычислить величину главных центральных моментов инерции сечения.
5. Определить величину главных радиусов инерции и построить эллипс инерции.

6. Вычертить в масштабе 1:1 или 1:2 сечение, указать все необходимые оси и расстояния между ними для элементов, входящих в состав сечения.

Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы принимаются по шифру, состоящему из двух групп цифр. Первая группа цифр – номер расчетной схемы (см. приложение № 1), вторая группа цифр – номер строки в таблице, в которой приводятся параметры расчетной схемы (см. табл. №1 приложения № 2).

Для успешного выполнения расчетно-графической работы следует предварительно изучить теоретический материал, изложенный в [1, гл.4, §4.1-4.4,4.6], [2, гл.2, §2.1-2.8]; сведения о геометрических характеристиках прокатных профилей (сортаменты) приводятся как в этих учебниках, так и в справочной литературе: [5, гл.2, §2.9, табл. 2-6], [6, гл.8, §8.6, табл. 8.3-8.6].

### 9. Вопросы для самопроверки

1. Что называется статическим моментом инерции сечения относительно заданной оси?
2. Как определить координаты центра тяжести сечения любой формы?
3. Как вычислить осевые, полярный и центробежный моменты инерции сечения?
4. Сформулировать правило параллельного переноса осей. При каких расчетах используется это правило?
5. Как вычислить центробежный момент инерции сечения сложной формы?
6. Какие центральные оси называются главными и как определяется их положение?
7. Как по значению центробежного момента инерции сечения определяется положение максимальной оси инерции?

### 10. Требования к оформлению работы

На титульном листе задания указывается:

- наименование вуза и кафедры;
- название и номер расчетно-графической работы и шифр задания;

- специальность, курс, ФИО студента;
- ФИО преподавателя.

Расчетно-графическая работа выполняется чернилами или компьютерным набором на писчей бумаге формата А4 на одной стороне листа; чертежи – расчетные схемы, эпюры показываются на отдельных листах с указанием масштаба и размерностей (чертежи могут выполняться на миллиметровой бумаге).

Все исходные данные для выполнения задачи должны быть приведены перед ее решением, само решение сопровождается краткими пояснениями. При необходимости графической интерпретации предлагаемого решения в текст пояснительной записи могут включаться фрагменты расчетных схем. Применяемые для решения формулы должны быть записаны как в буквенном, так и в цифровом виде и иметь ссылку на источник, откуда заимствована используемая формула. Выполненные вычисления должны соответствовать требуемой точности. Например, размеры сечения стального бруса должны быть рассчитаны в мм, а деревянного или бетонного – в см.

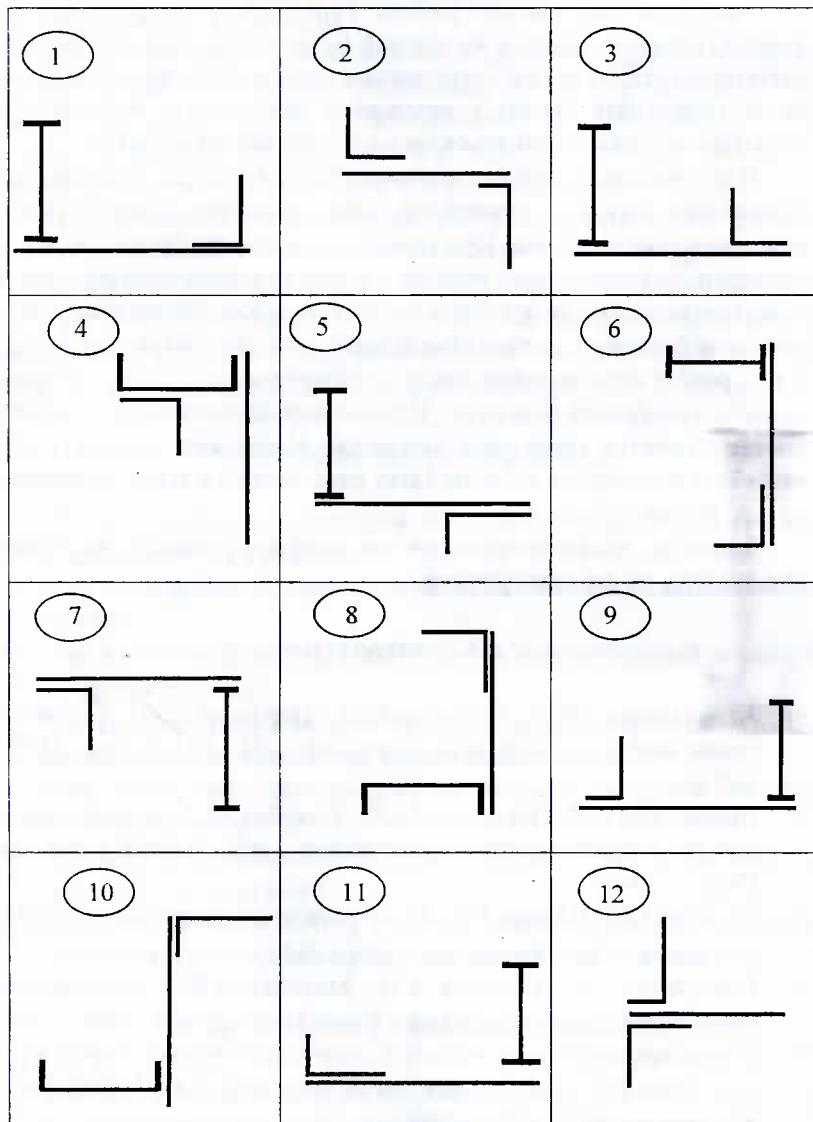
**Задание, выполненное не по шифру, указанному преподавателем, не рецензируется.**

### 11. Литература

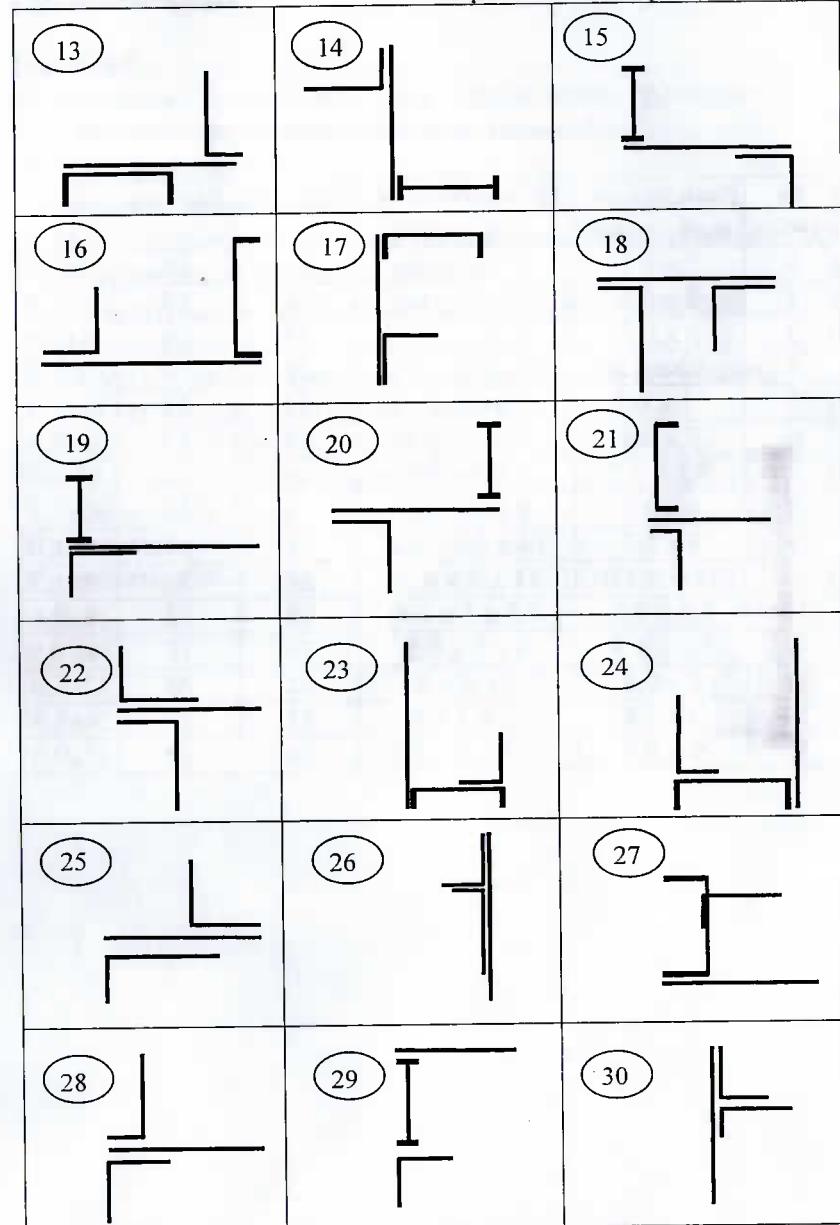
1. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов: Учебн. для вузов. – М.: Высш. шк., 1995. – 560 с.
2. Винокуров Е.Ф., Балыкин М.К., Голубев И.А. и др. Справочник по сопротивлению материалов – Мн.: Наука и техника, 1988. – 464 с.
3. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов: Учебн. для вузов. – М.: Высш. шк. 1989. – 624 с.
4. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов – Киев: Наук. думка, 1988. – 736 с.
5. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебн. для вузов под ред. Г.С. Варданяна. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 568 с.
6. Сопротивление материалов: Учебн. для вузов / под ред. Г.С. Писаренко. – Киев: Высш. шк., 1986. – 736 с.

### Приложение № 1

Расчетные схемы сечений



### Продолжение приложения № 1



## Приложение № 2

Таблица 1

Варианты исходных данных

№ строки	Равнополочный уголок	Неравнополочный уголок	Швеллер	Двутавр	Лист
1	7 x 0.5	7.5 x 5 x 0.5	14	16	20x0,6
2	8 x 0.6	7.5 x 5 x 0.6	16	14	24x0,8
3	9 x 0.7	8 x 5 x 0.6	18	20	26x0,6
4	10 x 0.8	9 x 5.6 x 0.6	20	18	30x0,8
5	11 x 0.7	10 x 6.3 x 0.6	22	27	28x1,0
6	7 x 0.6	7,5 x 5 x 8	12	20	32x0,8
7	7,5 x 0.7	8 x 5 x 0.5	14	16	30x1,0
8	8 x 0.7	8 x 5 x 0,6	16	22	32x1,2
9	9 x 0,7	10 x 6,3 x 0,8	18	24	36x1,0
10	12,5 x 1,0	11 x 7 x 0,8	24	30	36x1,2
11	5.6 x 0.5	7.5 x 5 x 0.6	16	12	18x0,6
12	7.5 x 0.9	8 x 5 x 0.5	20	18	24x 0,9
13	8 x 0.8	7.5 x 5 x 0.6	22	20	32x1,0
14	9 x 0.8	10 x 6.3 x 0.7	27	27	36x0,9
15	9 x 0.6	12.5 x 8 x 0.8	24	22	34x0,8

## Содержание

Введение .....	3
1. Формулы, применяемые для определения геометрических характеристик.....	4
2. Пример расчета №1.....	5
3. Моменты инерции сечения.....	6
4. Главные центральные оси и главные моменты инерции...	8
5. Радиусы инерции, эллипс инерции.....	8
6. Геометрические характеристики прокатных профилей....	9
7. Пример расчета №2.....	10
8. Расчетно-графическая работа «Определение геометрических характеристик плоских сечений» .....	13
9. Вопросы для самопроверки.....	14
10. Требования к оформлению работы.....	14
11. Литература.....	15
Приложение №1.....	16
Приложение № 2.....	18

*Составители:*  
Александр Евгеньевич Ищенко  
Жанна Борисовна Ищенко

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ**

Методические указания и задания  
к расчетно-графической работе по сопротивлению  
материалов для студентов очной и заочной форм обучения

*Оригинал-макет подготовлен РИЦ ЮГУ*

Формат 60x84/16. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. п. л. 1,25. Тираж 60. Заказ № 104.

Редакционно-издательский центр ЮГУ,  
628012, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра,  
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16