

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ  
И ОБРАЗОВАНИЯ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«**ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

Кафедра сопротивления материалов

Утверждаю.  
Проректор по УР  
А.Патрушев

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ БРУСЬЕВ**

**в программных продуктах  
SCAD, MSC.Patran-Nastran-2005 и MathCAD**

Методические указания

Челябинск 2007

Методические указания предназначены для студентов 2-го курса всех специальностей дневной формы обучения и студентов-заочников 3-го курса, изучающих дисциплины «Сопротивление материалов», «Прикладная механика» и «Техническая механика».

Составитель

**Жилкин В.А.** - докт.техн.наук, профессор (ЧГАУ)

Рецензенты

*Сапожников СБ.* - докт. техн. наук, проф. (ЮУрГУ)

*Кромский Е.И.* - канд. техн. наук, доцент (Уральский филиал МАДИ)

Печатается по решению редакционно-издательского совета ЧГАУ

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ БРУСЬЕВ

## МОМЕНТЫ СЕЧЕНИЯ

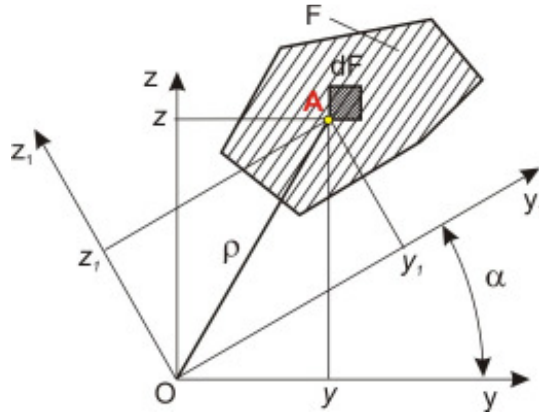


Рис.1

Под моментами сечения, приведенного на *рис.1*, понимаются определенные интегралы вида:

$$\left. \begin{aligned} S_y &= \int_F z dF; \\ S_z &= \int_F y dF; \end{aligned} \right\} - \text{статические моменты сечения относительно осей } y \text{ и } z;$$

$$\left. \begin{aligned} J_y &= \int_F z^2 dF; \\ J_z &= \int_F y^2 dF; \end{aligned} \right\} - \text{осевые моменты инерции сечения относительно осей } y \text{ и } z;$$

$$J_{yz} = \int_F yz dF - \text{центробежный момент инерции сечения относительно осей } y \text{ и } z;$$

$$J_\rho = \int_F \rho^2 dF = \int_F (y^2 + z^2) dF = \int_F z^2 dF + \int_F y^2 dF = J_y + J_z - \text{полярный момент}$$

инерции сечения относительно начала координат. Он равен сумме осевых моментов инерции относительно любых взаимно перпендикулярных осей, проходящих через начало координат.

Моменты инерции  $J_y$ ,  $J_z$ ,  $J_\rho$  всегда положительны и никогда не равняются нулю.  $S_y$ ,  $S_z$ ,  $J_{yz}$  могут быть положительными, отрицательными и равными нулю.

Единицами измерения статического момента и момента инерции сечения являются  $\text{м}^3$ ,  $\text{м}^4$ .

## ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ СЕЧЕНИЯ И СВОЙСТВО СТАТИЧЕСКОГО МОМЕНТА

Центром тяжести сечения называется точка (*рис.2*), координаты которой определяются по формулам:

$$y_{ц.м} = \frac{S_z}{F}; \quad z_{ц.м} = \frac{S_y}{F}. \quad (1)$$

Понятию «центр тяжести» не следует придавать физического смысла.  
Если положение центра тяжести известно, то из (1) следует

$$S_z = y_{ц.м} \cdot F ; \quad S_y = z_{ц.м} \cdot F . \quad (2)$$

*Статический момент сечения относительно оси равняется его площади, умноженной на расстояние от центра тяжести сечения до этой оси.*

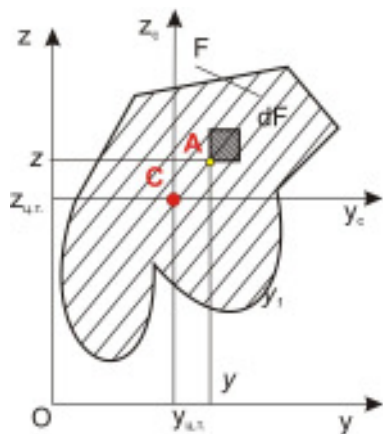


Рис.2

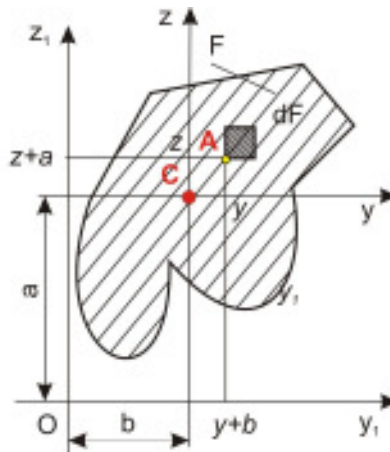


Рис.3

Оси, проходящие через центр тяжести, называются *центральными*.

*Статические моменты сечения относительно центральных осей равны нулю, т.к. для этих осей  $y_c = 0 : z_c = 0$ .*

### ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ МОМЕНТАМИ ИНЕРЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ОСЕЙ

Пусть оси  $y$  и  $z$  будут центральными (рис.3). В соответствии с определением осевые моменты инерции сечения относительно параллельных осей  $y_1$  и  $z_1$  имеют вид

$$\left. \begin{aligned} J_{y_1} &= \int_F (z+a)^2 dF ; \\ J_{z_1} &= \int_F (y+b)^2 dF \end{aligned} \right\}$$

Раскрыв скобки и преобразовав выражения, получим

$$\left. \begin{aligned} J_{y_1} &= J_y + a^2 F ; \\ J_{z_1} &= J_z + b^2 F . \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

*Осевой момент инерции сечения относительно произвольной оси, параллельной центральной, равен сумме момента инерции относительно центральной оси и произведения квадрата расстояния между осями на площадь сечения.*

По определению, центробежный момент инерции сечения относительно перпендикулярных осей  $y_1$  и  $z_1$

$$J_{y_1 z_1} = \int_F (y+a)(z+b) dF = J_{yz} + abF . \quad (4)$$

Центробежный момент инерции сечения относительно перпендикулярных осей равен центробежному моменту инерции относительно центральных осей, параллельных им, сложенному с произведением расстояний между осями на площадь сечения.

### ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ МОМЕНТАМИ ИНЕРЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСЕЙ, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ ДАННУЮ ТОЧКУ

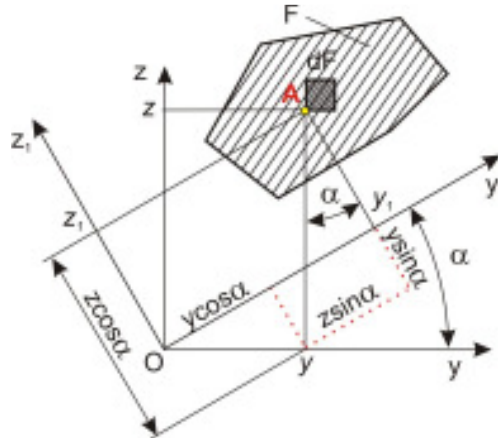


Рис.4

Пусть известны координаты  $y$  и  $z$  левого нижнего угла площадки  $dF$  (рис.4). Определим координаты  $y_1$  и  $z_1$  этой точки в системе координат  $y_1 O z_1$ , повернутой относительно системы координат  $y O z$  на угол  $\alpha$ :

$$y_1 = y \cos \alpha + z \sin \alpha; \quad z_1 = -y \sin \alpha + z \cos \alpha .$$

По определению:

$$\left. \begin{aligned} J_{y_1} &= \int_F z_1^2 dF = J_y \cos^2 \alpha + J_z \sin^2 \alpha - J_{yz} \sin 2\alpha; \\ J_{z_1} &= \int_F y_1^2 dF = J_y \sin^2 \alpha + J_z \cos^2 \alpha + J_{yz} \sin 2\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Если сложить выражения (5), получим

$$J_{y_1} + J_{z_1} = J_y + J_z = \text{const} .$$

Сумма осевых моментов инерции относительно ортогональных осей есть величина постоянная.

$$J_{y_1 z_1} = \int_F y_1 z_1 dF = \frac{J_y - J_z}{2} \sin 2\alpha + J_{yz} \cos 2\alpha . \quad (6)$$

Формулы (5) можно переписать в виде:

$$\left. \begin{aligned} J_{y_1} &= \frac{J_y + J_z}{2} + \frac{J_y - J_z}{2} \cos 2\alpha - J_{yz} \sin 2\alpha \\ J_{z_1} &= \frac{J_y + J_z}{2} - \frac{J_y - J_z}{2} \cos 2\alpha + J_{yz} \sin 2\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

# ГЛАВНЫЕ ОСИ И ГЛАВНЫЕ МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЛАВНЫХ ОСЕЙ И ЗНАЧЕНИЙ ГЛАВНЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ

Пусть в системе координат  $yOz$  известны моменты инерции  $J_y, J_z, J_{yz}$ .

*Главными осями сечения, проходящими через данную точку, называются оси, относительно которых центробежный момент инерции равняется нулю.*

Обозначим главные оси цифрами  $1$  и  $2$ . Моменты инерции относительно главных осей называются главными и обозначаются  $J_1$  и  $J_2$ , причем  $J_1 > J_2$ .

Моменты инерции относительно главных осей достигают экстремальных значений, т.е. главный момент инерции  $J_1$  есть наибольший из всех моментов инерции относительно осей, проходящих через данную точку, момент  $J_2$  - наименьший.

Приравняв  $J_{xy}$  в формуле (6) нулю, найдём значения углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2 = \alpha_1 + \pi/2$ , определяющие соответственно положения первой и второй главных осей:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_{1,2} = -\frac{2J_{yz}}{J_y - J_z}. \quad (8)$$

Положительный угол  $\alpha_1$  следует откладывать от оси  $y$  против хода часовой стрелки.

Главные моменты инерции можно вычислить по формулам (5), подставив в них углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , но практически удобнее пользоваться формулами, не содержащими тригонометрических функций:

$$J_{\max} = J_1 = \frac{J_y + J_z}{2} + \sqrt{\left(\frac{J_y - J_z}{2}\right)^2 + J_{yz}^2}; \quad (9)$$

$$J_{\min} = J_2 = \frac{J_y + J_z}{2} - \sqrt{\left(\frac{J_y - J_z}{2}\right)^2 + J_{yz}^2}. \quad (10)$$

Для определения положения главных осей вместо формулы (8) можно применять формулы

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = -\frac{J_y - J_1}{J_{yz}}, \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = -\frac{J_y - J_2}{J_{yz}}, \quad (11)$$

где  $J_1$  и  $J_2$  - главные моменты инерции.

Если оси  $y$  и  $z$  главные (в сортаменте прокатных профилей они обозначены  $u$  и  $v$ ), то формулы (5), (6) и (7) принимают вид

$$\left. \begin{aligned} J_{y_1} &= J_y \cos^2 \alpha + J_z \sin^2 \alpha; \\ J_{z_1} &= J_y \sin^2 \alpha + J_z \cos^2 \alpha. \end{aligned} \right\}; \quad (12)$$

$$J_{y_1 z_1} = \frac{J_y - J_z}{2} \sin 2\alpha; \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} J_{y_1} &= \frac{J_y + J_z}{2} + \frac{J_y - J_z}{2} \cos 2\alpha; \\ J_{z_1} &= \frac{J_y + J_z}{2} - \frac{J_y - J_z}{2} \cos 2\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Для равнобоких уголков центробежный момент инерции вычисляется по формуле (13), где  $J_y$  и  $J_z$  - главные моменты инерции;  $\alpha$  - угол поворота главных осей до исходных, взятый со знаком плюс или минус.

Обратите внимание, поворачиваются **главные оси**!

Если при определении по формуле (8) угол  $\alpha_1$  положительный, то при определении по формуле (13) - отрицательный ( $-\alpha_1$ ).

Для неравнобоких уголков удобно воспользоваться формулами (11), которые для данного случая примут вид

$$J_{y_1 z_1} = -\frac{J_{y_1} - J_{z_1}}{\operatorname{tg} \alpha_1}; \quad J_{y_1 z_1} = -\frac{J_{y_1} - J_{z_1}}{\operatorname{tg} \alpha_2}. \quad (15)$$

## СВОЙСТВО МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСЕЙ СИММЕТРИИ

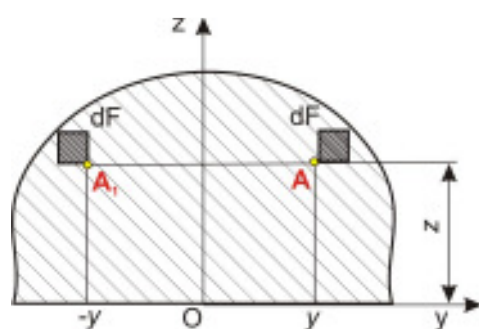


Рис.5

Пусть ось  $y$  будет осью симметрии сечения, а ось  $z$  ей перпендикулярна (рис.5). В силу симметрии каждой площадке с положительным произведением координат справа будет соответствовать площадка с таким же, но отрицательным произведением координат слева, поэтому

$$J_{yz} = \int_F yz dF = 0.$$

*Ось симметрии сечения и любая ось ей перпендикулярная, есть главные оси сечения.*

## СВОЙСТВО МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ПРАВИЛЬНЫХ ФИГУР ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОСЕЙ

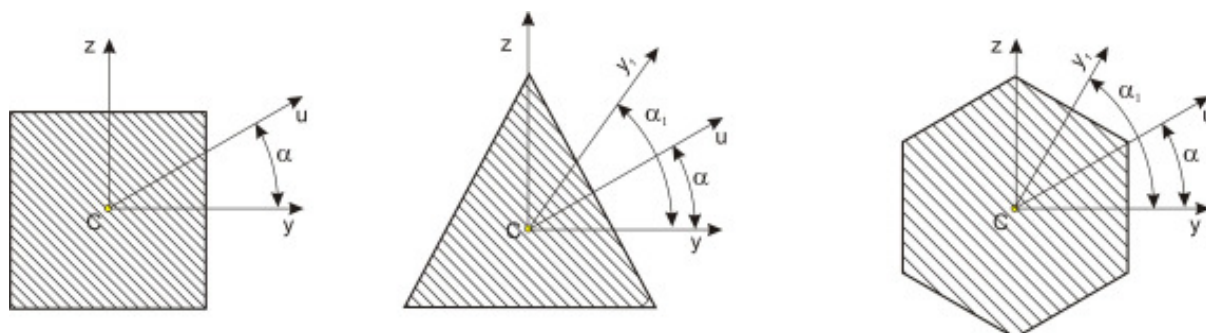


Рис.6

Для правильных фигур (рис.6)  $J_{yz} = 0$ ;  $J_y = J_z$ .

Для квадрата последнее равенство очевидно, так как он одинаково расположен относительно осей  $y$  и  $z$ .

Для остальных фигур это можно доказать следующим образом: в правильной фигуре всегда найдется ось  $y_1$ , относительно которой фигура будет расположена так же, как относительно оси  $y$ , и потому  $J_{y_1} = J_y$ . В соответствии с зависимостью (5)

$$J_{y_1} = J_y \cos^2 \alpha_1 + J_z \sin^2 \alpha_1$$

или

$$J_y(1 - \cos^2 \alpha_1) = J_z \sin^2 \alpha_1,$$

откуда  $J_y = J_z$ . Тогда

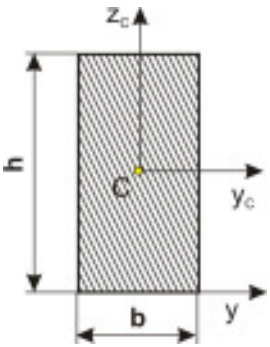
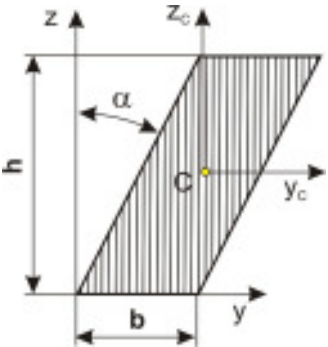
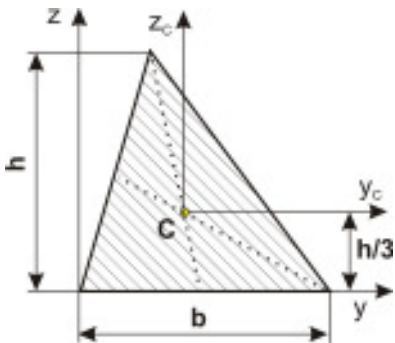
$$J_u = J_y \cos^2 \alpha + J_z \sin^2 \alpha$$

или  $J_u = J_y$ .

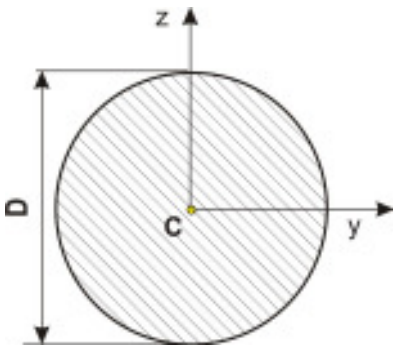
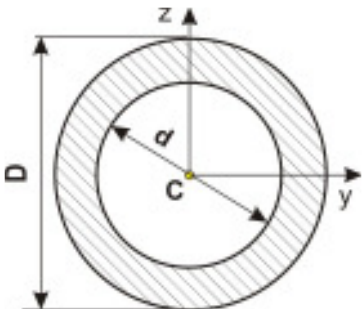
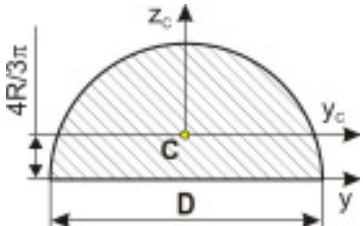
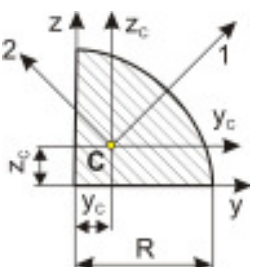
*Моменты инерции правильных фигур относительно центральных осей равны и любые центральные взаимно перпендикулярные оси являются главными.*

Геометрические характеристики некоторых элементарных фигур приведены в таблице 1.

Таблица 1

Фигура	Площадь и координаты центра тяжести	Статические моменты	Моменты инерции
	$F = b \cdot h$ $y_c = \frac{b}{2},$ $z_c = \frac{h}{2}.$	$S_{y_c} = 0,$ $S_{z_c} = 0,$ $S_y = F \cdot z_c.$	$J_y = \frac{bh^3}{3},$ $J_{y_c} = \frac{bh^3}{12},$ $J_{z_c} = \frac{b^3h}{12}$
	$F = b \cdot h$ $y_c = \frac{b}{2} + \frac{h}{2} \sin \alpha,$ $z_c = \frac{h}{2}.$	$S_y = F \cdot z_c,$	$J_y = \frac{bh^3}{3},$ $J_{y_c} = \frac{bh^3}{12}$
	$F = \frac{b \cdot h}{2}$ $z_c = \frac{h}{3}.$	$S_y = F \cdot z_c$	$J_y = \frac{bh^3}{12},$ $J_{y_c} = \frac{bh^3}{36}$



Фигура	Площадь и координаты центра тяжести	Статические моменты	Моменты инерции
	$F = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4},$ $y_C = 0,$ $z_C = 0.$	$S_y = 0,$ $S_z = 0.$	$J_y = J_z = \frac{\pi D^4}{64}$
	$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4},$ $y_C = 0,$ $z_C = 0.$	$S_y = 0,$ $S_z = 0.$	$J_y = J_z =$ $= \frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64} =$ $= \frac{\pi D^4}{64} (1 - c^4)$ <p>где <math>c = d / D</math></p>
	$F = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{\pi D^2}{8},$ $y_C = \frac{4R}{3\pi},$ $z_C = R.$	$S_y = \frac{2R^3}{3}.$	$J_y = J_z \approx 0,393 R^4$ $J_{y_C} \approx 0,11 R^4$
	$F = \frac{\pi R^2}{4} = \frac{\pi D^2}{16},$ $y_C = z_C \approx 0,424 R.$	$S_y = S_z = \frac{\pi R^2}{4} \cdot z_C.$	$J_{y_C} = J_{z_C} \approx 0,055 R^4,$ $J_{y_C z_C} \approx -0,017 R^4,$ $J_{yz} = R^4 / 8,$ $J_1 \approx 0,072 R^4,$ $J_2 \approx 0,038 R^4$

### ЭЛЛИПС ИНЕРЦИИ И ЕГО СВОЙСТВА<sup>1</sup>

Радиус инерции  $i_s$  - это расстояние от оси  $s$  до точки, в которой надо сосредоточить площадь плоской фигуры, так чтобы момент инерции  $J_s$  точки относительно этой оси вычислялся по формуле

$$J_s = i_s^2 F.$$

<sup>1</sup> Соппротивление материалов. Под ред. А.Ф. Смирнова. М.: «Выш. школа», 1975. – 480 с.

Пусть для какой-либо фигуры оси  $u$  и  $v$  являются главными центральными осями. Тогда момент инерции для повернутой оси  $y_I$  определяется по первой из формул (12). Разделив все слагаемые этого равенства на  $F$ , получим

$$i_{y_I}^2 = i_u^2 \cos^2 \alpha + i_v^2 \sin^2 \alpha. \quad (16)$$

Построим в осях  $u$  и  $v$  эллипс, взяв за полуоси радиусы инерции фигуры (рис.7). При этом вдоль оси  $u$  отложим радиус  $i_v$ , а на оси  $v$  - радиус инерции  $i_u$ . Запишем уравнение этого эллипса:

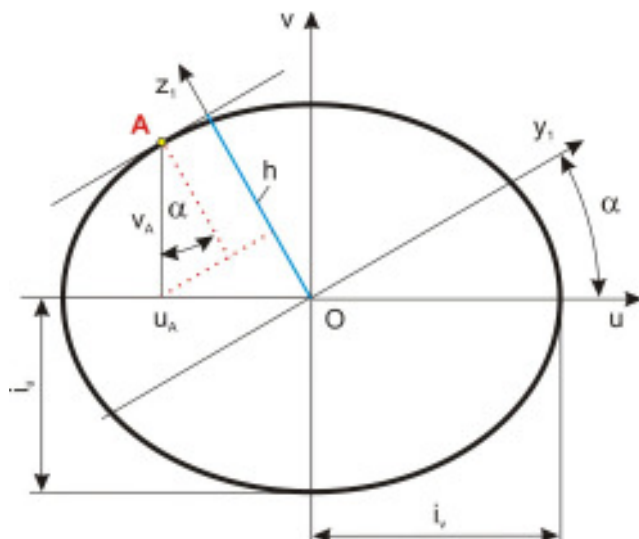


Рис.7

$$\frac{u^2}{i_v^2} + \frac{v^2}{i_u^2} = 1. \quad (17)$$

Данный эллипс называют **эллипсом инерции фигуры**.

Проведём касательную к эллипсу параллельную оси  $y_I$ . Если координаты точки касания  $u_A$  и  $v_A$ , то уравнение касательной к эллипсу можно записать в виде

$$\frac{uu_A}{i_v^2} + \frac{vv_A}{i_u^2} = 1. \quad (18)$$

Найдем расстояние между касательной и осью  $y_I$ .

Из рис.7 видно, что

$$h = v_A \cos \alpha + u_A \sin \alpha$$

или

$$\frac{u_A \sin \alpha}{h} + \frac{v_A \cos \alpha}{h} = 1. \quad (19)$$

Сравнивая уравнения (18) и (19), можно заключить

$$\frac{u}{i_v^2} = \frac{\sin \alpha}{h}; \quad \frac{v}{i_u^2} = \frac{\cos \alpha}{h}$$

или

$$\frac{u^2}{i_v^2} = \frac{i_v^2 \sin^2 \alpha}{h^2}; \quad \frac{v^2}{i_u^2} = \frac{i_u^2 \cos^2 \alpha}{h^2}.$$

Подставим в уравнение эллипса инерции полученные величины:

$$\frac{i_v^2 \sin^2 \alpha}{h^2} + \frac{i_u^2 \cos^2 \alpha}{h^2} = 1,$$

откуда

$$h^2 = i_u^2 \cos^2 \alpha + i_v^2 \sin^2 \alpha$$

Сравнение полученной зависимости с выражением (16) показывает, что величина  $h$  численно равна радиусу инерции относительно наклонной оси. Установленное свойство эллипса инерции позволяет графически определить момент инерции относительно любой оси, проходящей через начало координат. Для этого достаточно провести касательную к эллипсу параллельно этой оси и измерить кратчайшее расстояние между касательной и осью. Это расстояние  $h$  и будет равно радиусу инерции для рассматриваемой оси.

Главные радиусы инерции вычисляются по формулам

$$i_u = i_{max} = \sqrt{\frac{J_{max}}{F}}; \quad i_v = i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{F}}. \quad (20)$$

Найдем параметрическое уравнение эллипса в произвольных осях  $y$  и  $z$ , относительно которых главные оси инерции  $u$  и  $v$  повернуты на угол  $\alpha$  (рис.8).

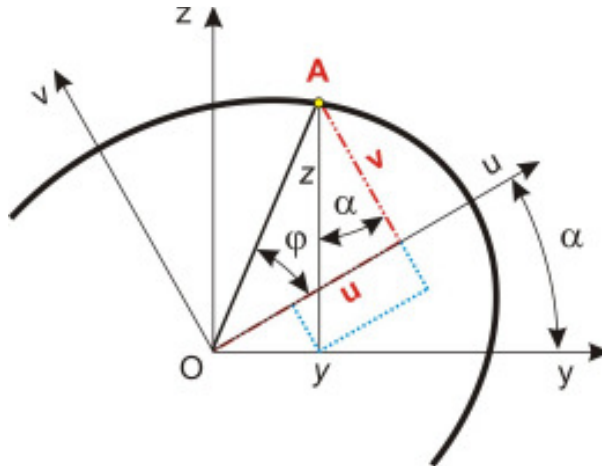


Рис.8

Выразим координаты точки  $A$  в осях  $u$  и  $v$  через координаты этой точки в осях  $y$  и  $z$

$$u = y \cos \alpha + z \sin \alpha; \quad (21)$$

$$v = -y \sin \alpha + z \cos \alpha \quad (22)$$

Уравнение эллипса инерции (17), записанное для главных центральных осей  $u$  и  $v$ , можно переписать в параметрической форме

$$u = i_v \cos \varphi;$$

$$v = i_u \sin \varphi.$$

С учетом зависимостей (21) и (22) параметрическое уравнение эллипса инерции в осях  $y$  и  $z$  примет вид:

$$y \cos \alpha + z \sin \alpha = i_{min} \cos \varphi;$$

$$-y \sin \alpha + z \cos \alpha = i_{max} \sin \varphi.$$

Отсюда, в соответствии с правилом Крамера:

$$y = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} i_v \cos \varphi & \sin \alpha \\ i_u \sin \varphi & \cos \alpha \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{vmatrix}} = i_v \cos \varphi \cos \alpha - i_u \sin \varphi \sin \alpha; \quad (23)$$

$$z = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} \cos \alpha & i_v \cos \varphi \\ -\sin \alpha & i_u \sin \varphi \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{vmatrix}} = i_u \sin \varphi \cos \alpha + i_v \cos \varphi \sin \alpha. \quad (24)$$

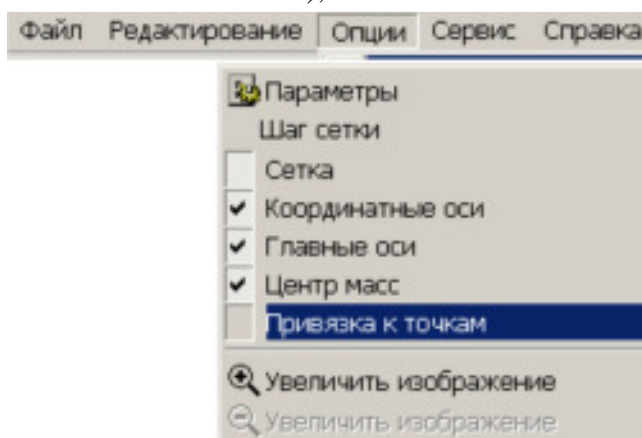
## КОНСТРУКТОР СЕЧЕНИЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SCAD OFFICE<sup>2</sup>

Проектно-вычислительный комплекс **SCAD**, широко используемый для расчета и проектирования конструкций зданий и сооружений, в последнее время окружен «свитой» малых специализированных программ. К их числу принадлежат программы **Конструктор Сечений**, **Консул**, **Тонкостенные сечения**, а также **Каталоги сортаментов**, которые ориентированы на реализацию проектных процедур, связанных с расчетом элементов стальных конструкций и их соединений. Каждая из этих программ может работать автономно, а все вместе они входят в набор взаимоувязанных по управлению и информации программных средств, который по известной аналогии называется **SCAD Office**.

**Конструктор Сечений** предназначен для формирования произвольных составных сечений из стальных прокатных профилей и листов, а также расчета их геометрических характеристик, необходимых для выполнения расчета конструкций. Элементы пользовательского интерфейса **Конструктора** не отличаются от большинства других программ, работающих в среде **Windows**.

Для сконструированного сечения по обычным правилам сопротивления материалов определяются:

- площадь поперечного сечения  $F$ ;
- значения моментов инерции  $J_y$  и  $J_z$  относительно центральных осей, параллельных координатным осям сечения правой декартовой системы координат  $y$  и  $z$ ;
- радиусы инерции  $i_y$  и  $i_z$  относительно тех же осей;
- координаты центра масс (центра тяжести плоских сечений);
- значение угла наклона главных центральных осей инерции (угол  $\alpha$  между осями  $u$  и  $y$ );
- максимальный  $J_u$  и минимальный  $J_v$  моменты инерции;
- максимальный  $i_{max}$  и минимальный  $i_{min}$  радиусы инерции и ряд других геометрических параметров сечений.



### Параметры настройки


Параметры настройки позволяют назначить единицы измерения основных величин и правила формирования отчета, определить выбор каталогов сортамента металлопроката, настроить цветовые шкалы и др. Эти функции сосредоточены в многостраничном диалоговом окне **Параметры**, состав и содержание страниц в котором зависят от вызывающей его программы пакета. Окно **Параметры** может быть вызвано из раздела меню **Опции** (рис.9), а также из инструментальной панели (кнопка **Параметры настройки** - ) (рис.10).

Рис.9

<sup>2</sup> SCAD Structure. Формирование сечений и расчет геометрических характеристик. Руководство пользователя/ В.С. Карпиловский, Е.З. Криксунов, А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер.- К.: ВВП Компас, 2000. – 80 с.

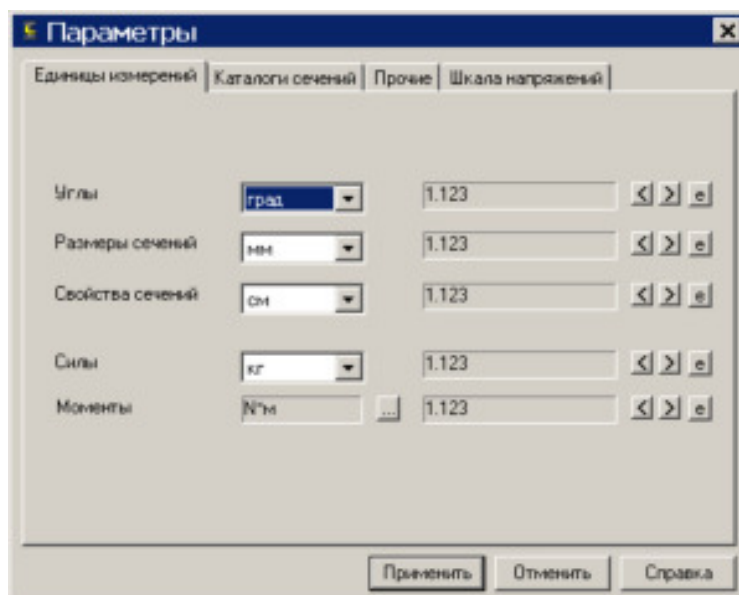


Рис.10

Страница **Единицы измерений** (рис.10) используется для назначения единиц, в которых описываются угловые (**Углы**) и линейные размеры (**Размеры сечений**), а также результаты расчета характеристик сечения. Единицы выбираются из соответствующих выпадающих списков. Точность представления данных (количество значащих цифр после запятой) назначается с помощью кнопок **<** и **>**, а установка экспоненциальной формы числа - кнопкой **e**.

При назначении точности представления размеров сечения следует обратить внимание на то, что этот параметр влияет и на результаты операции измерения расстояния между точками сечения.

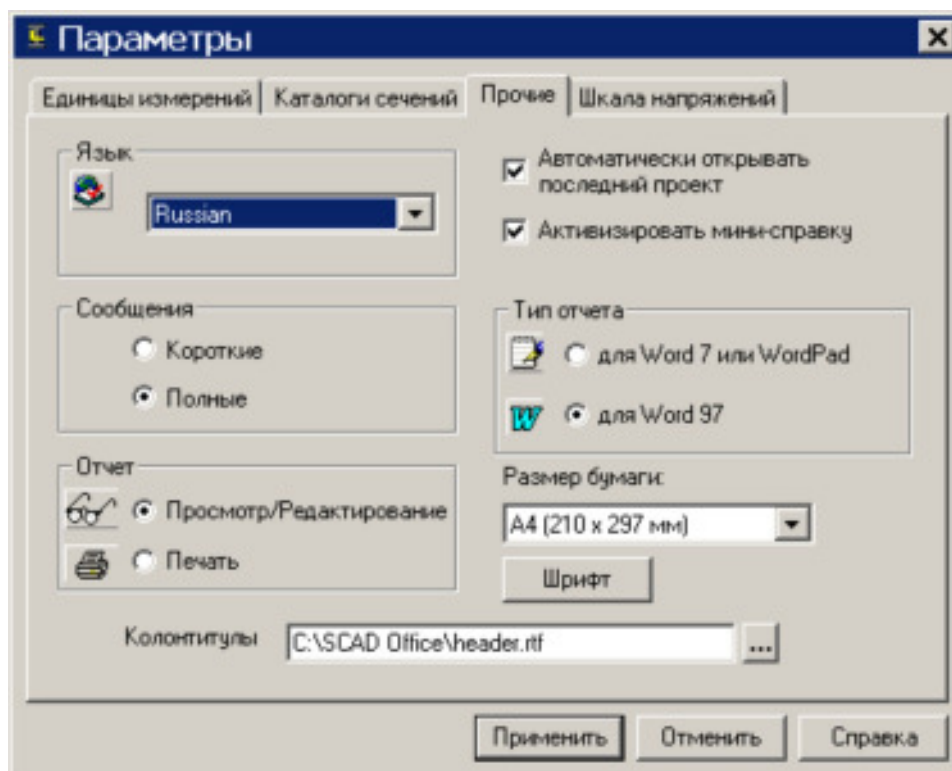


Рис.11

На странице **Прочие** (рис. 11) выполняется настройка следующих параметров:

- язык выдачи сообщений;
- режим работы с отчетом (просмотр/редактирование, печать);

- тип отчета (формат **RTF** файла);
  - размер бумаги для печати отчета;
  - установка стиля и размеров экранного шрифта;
  - наименование файла с колонтитулами отчета.
- Кроме того, имеются дополнительные опции:
- автоматическое открытие последнего проекта при загрузке программы;
  - активизация мини-справки.

**Язык** выдачи сообщений - определяет язык представления информации, выбираемый из выпадающего списка.

В режиме **Просмотр/Редактирование** нажатие кнопки **Отчет** позволяет просмотреть текст отчета на экране и отредактировать его.

Включение переключателя **Печать** в группе **Отчет** вызывает печать отчета в той форме, в которой он сформирован программой.

Опция **Привязка к сетке** позволяет при построении контуров автоматически привязывать точки перелома контура к узлам заданной сетки. Привязка выполняется к ближайшему к курсору узлу сетки.

Если активна опция **Показывать узлы**, то на контуре будут показаны узлы (точки перелома).

На странице **Каталоги сечений** (рис.12) выполняется назначение каталогов сортамента металлопроката, из которых собирается сечение. В левом списке представлены наименования каталогов, включенных в программу, в правом - каталоги, выбранные для сборки текущего сечения. Перенос выбранных (отмеченных) каталогов из левого списка в правый и наоборот выполняется кнопками **Добавить** и **Удалить** соответственно. Удаление каталогов из левого списка не предусмотрено.

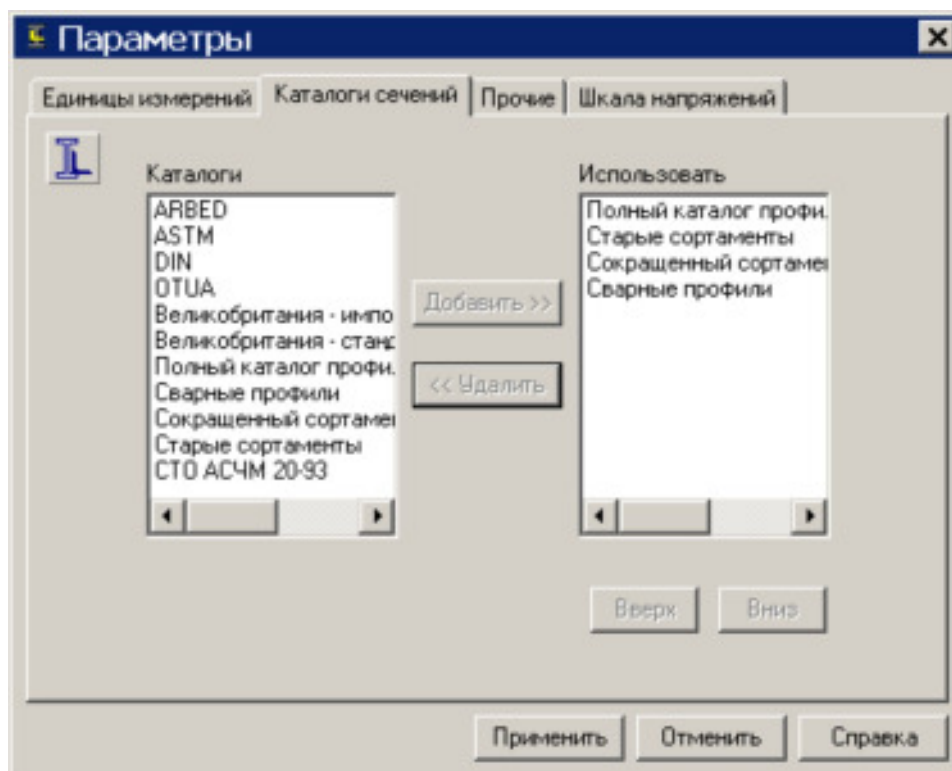


Рис.12

Каталоги, помещенные в правый список, можно расположить в удобном для работы порядке (в этом порядке они будут находиться в списке **Каталог** диалогового окна **Выбор элемента** или **Стандартное сечение**). Чтобы переместить выбранное наименование вверх или вниз по списку, используются одноименные кнопки.



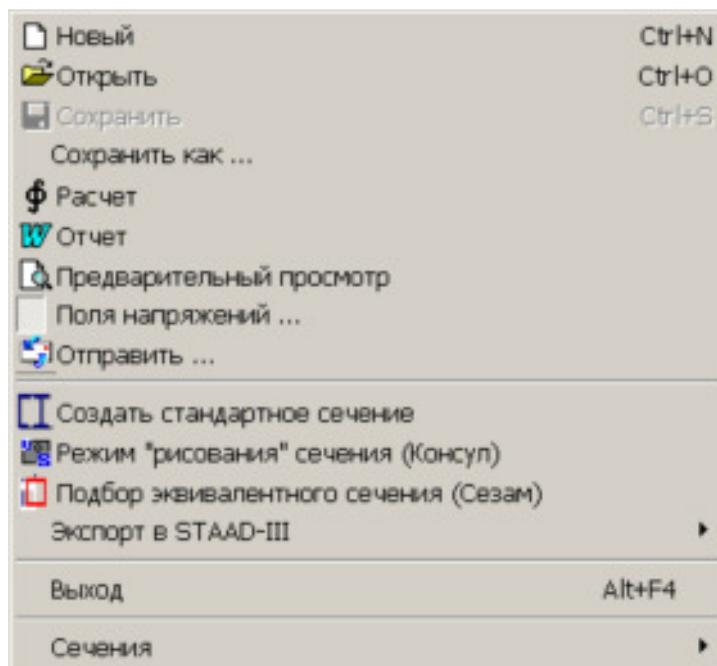


Рис.13

## Меню

Меню расположено в верхней части окна и содержит пять разделов: **Файл**, **Редактировать**, **Опции**, **Сервис** и **Справка**.

Раздел **Файл** (рис.13) включает следующий набор операций:

- **Новый** - создание нового сечения (комбинация «горячих клавиш»: **Ctrl+N**);
- **Открыть** - загрузка ранее созданного сечения (комбинация «горячих клавиш»: **Ctrl+O**);
- **Сохранить** - сохранение на диске сформированного сечения (комбинация горячих клавиш: **Ctrl+S**);
- **Сохранить как...** - сохранение сформированного сечения (файла) под новым именем;
- **Расчет** - вычисление геометрических характеристик сечения;
- **Отчет** - формирование отчета с характеристиками сечения;
- **Предварительный просмотр** - отображение сформированного сечения;
- **Поля напряжений** – построение полей нормальных напряжений.
- **Отправить** - активизация режима передачи файла с описанием сечения по электронной почте;
- **Создать стандартное сечение** - создание сечения на основе набора прототипов;
- **Режим «рисования» сечения** - вызов программы **КОНСУЛ**;
- **Подбор эквивалентного сечения** — активация программы **СЕЗАМ**, предназначенной для поиска сечения (коробки, двутавра или швеллера), которое наиболее близко аппроксимирует созданное пользователем произвольное сечение по геометрическим характеристикам;
- **Экспорт в STAAD-III** — выполняется экспорт данных в программу STAAD-III.

В разделе **Редактирование** (рис.14) производятся операции:

- **Отменить** - отмена последней выполненной операции;
- **Восстановить** - повтор отмененной операции;

- **Удалить** - удаление выбранного элемента из текущего сечения;
- **Сдвиг, поворот выбранного элемента** - изменение положения выбранного элемента в сечении;
- **Сдвиг начала координат** - перенос начала системы координат;
- **Копирование выбранного элемента** - копирование выбранного элемента  $n$  раз с заданным шагом.
- **Перемещение элемента** - перемещение элемента, захваченного курсором мыши.

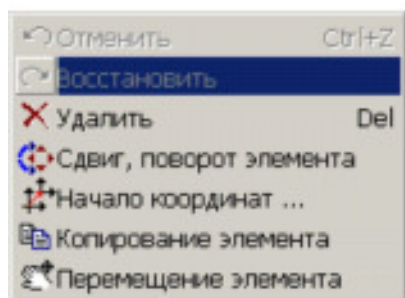


Рис.14

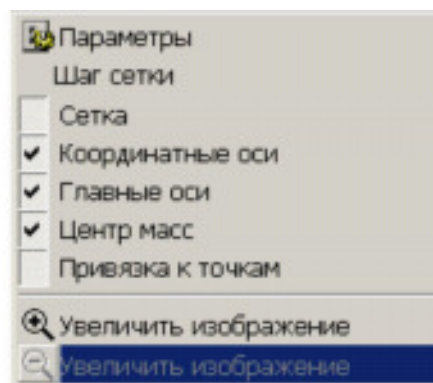


Рис.15

Раздел **Опции** (рис.15) содержит следующие операции:

- **Параметры** - вызов диалогового окна с параметрами настройки;
- **Шаг сетки** - назначение шага размерной сетки;
- **Сетка** - отображение размерной сетки в рабочем поле;
- **Координатные оси** - отображение координатных осей сечения;
- **Главные оси** - отображение главных осей инерции сечения;
- **Центр масс** - отображение положения центра тяжести плоского сечения;
- **Увеличить изображение** - увеличение изображения сечения в рабочем поле;
- **Уменьшить изображение** - уменьшение изображения сечения в рабочем поле (операция становится доступна только после увеличения изображения сечения).

Из раздела меню **Сервис** можно вызвать стандартный калькулятор Windows, калькулятор для расчета по формулам, программу преобразования единиц измерения (рис.16). Для того чтобы преобразовать единицы измерения некоторой физической величины, необходимо её набрать в соответствующем окне и нажать клавишу **Enter**, после чего в остальных окнах появятся цифры, соответствующие заданной величине, но для других единиц измерения. На рис.16 в первом окне набрано число **15000**.

Раздел меню **Справка** включает операции доступа к справочной информации.

### Строка состояния

Строка состояния, расположенная внизу рабочего окна, включает три поля: **Габариты сечения**, **Координаты текущего положения курсора** и **Расстояние**. В первом поле отображаются заданные габариты сечения. Во втором поле выводятся координаты курсора. Третье поле используется для вывода расстояния между двумя точками сечения в режиме измерения.

### Операции

Установка курсора на определенную кнопку на инструментальной панели (рис.17) и нажатие левой клавиши мыши активизирует соответствующую операцию или команду.



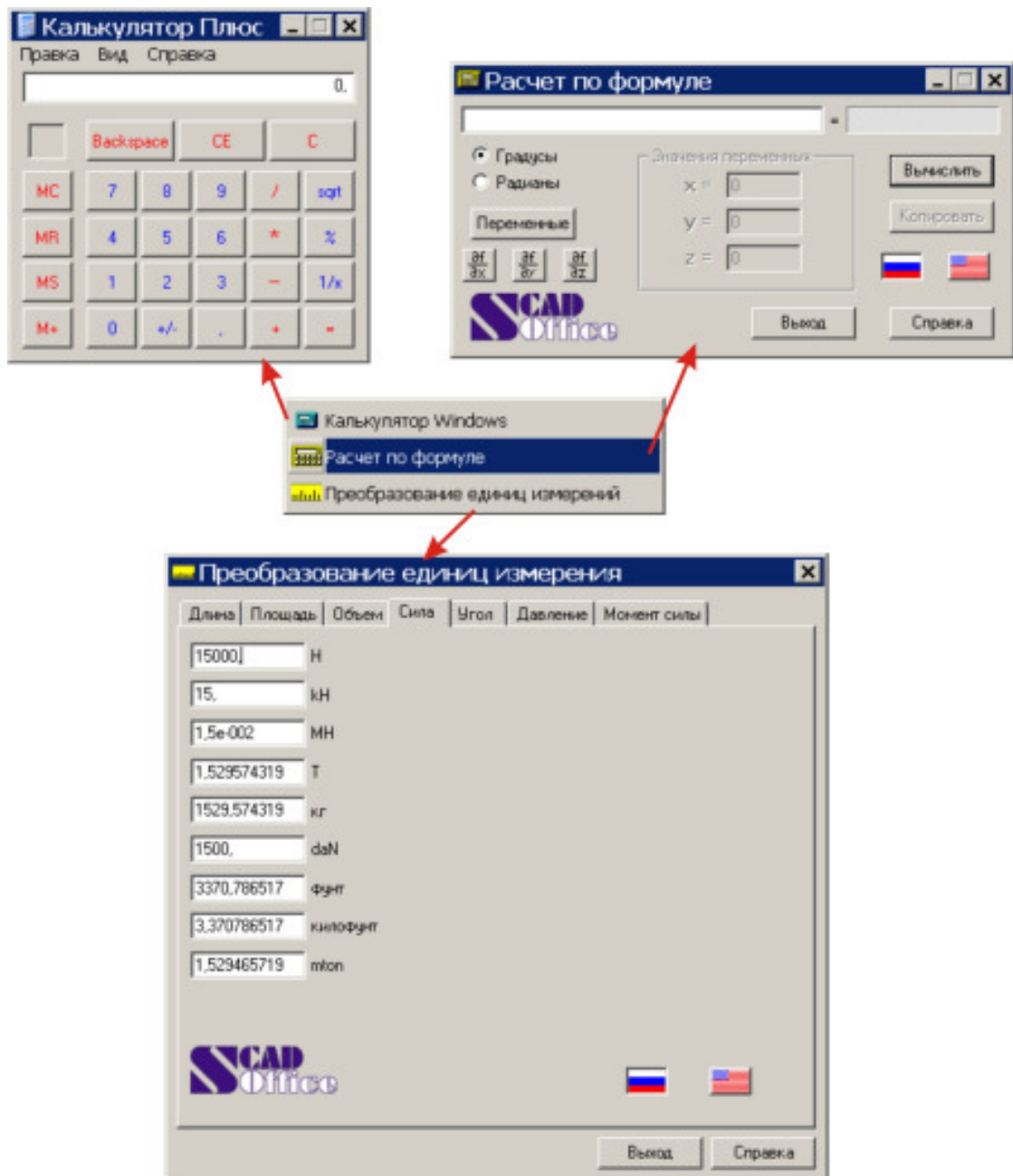


Рис.16

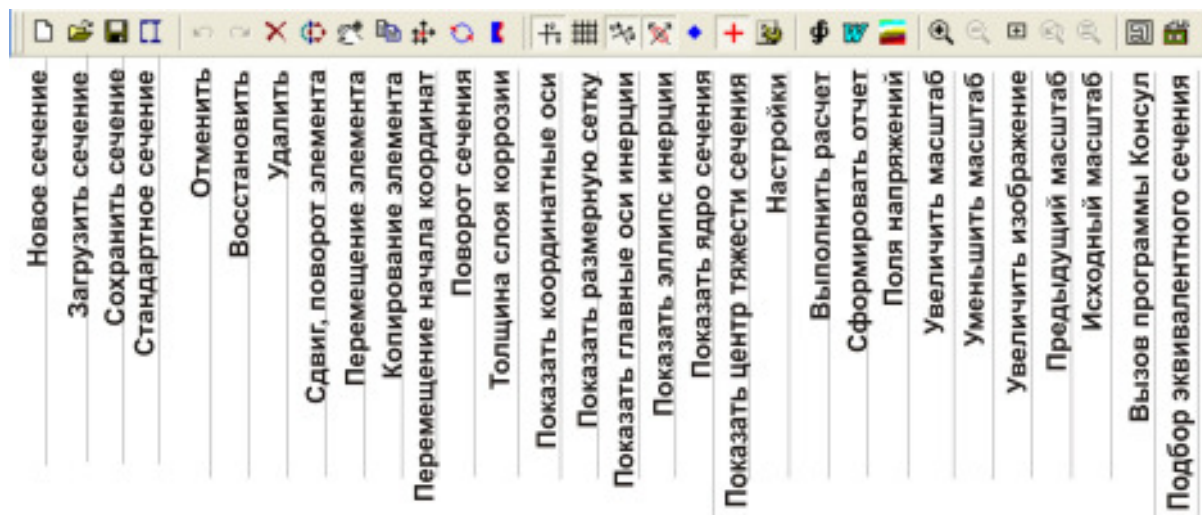






Рис.17

Как видим, многие кнопки инструментальной панели такие же, что и во многих программах, ориентированных на операционную систему Windows.

Активизация кнопки  **Стандартное сечение** позволяет создать исходное сечение в виде составного сечения с использованием набора прототипов. Выбор прототипа и задание параметров составного сечения выполняется в диалоговом окне **Сечение**, которое появляется после инициализации функции (рис.18).

В группе **Выбор сечения** из выпадающего списка **Каталог** выбирается каталог прокатных профилей, из которого выбирают требуемое сечение. При этом используются только те каталоги, которые включены в список **Использовать** на странице **Каталоги сечений** окна **Параметры**.

После активизации кнопки  **Расчет** выполняется расчет геометрических и жесткостных характеристик сечения, появляется диалоговое окно (рис.19), в котором эти характеристики представлены. Значения характеристик выводятся с назначенной точностью и в установленных для текущего сечения выходных единицах измерения.

Нажатие кнопки  позволяет оперативно изменять единицы измерения, а кнопка  позволяет сформировать отчет. После активизации этой операции формируется отчет с характеристиками выбранного сечения. Отчет представляет собой файл в формате **RTF** (Rich Text Format). После завершения формирования отчета автоматически вызывается приложение, с которым ассоциирован формат **RTF** (например, MS Word или WordPad). При использовании программы MS Word существенной является его версия (это связано с изменениями формата данных). Версия установленной на компьютере программы задается при назначении параметров настройки.

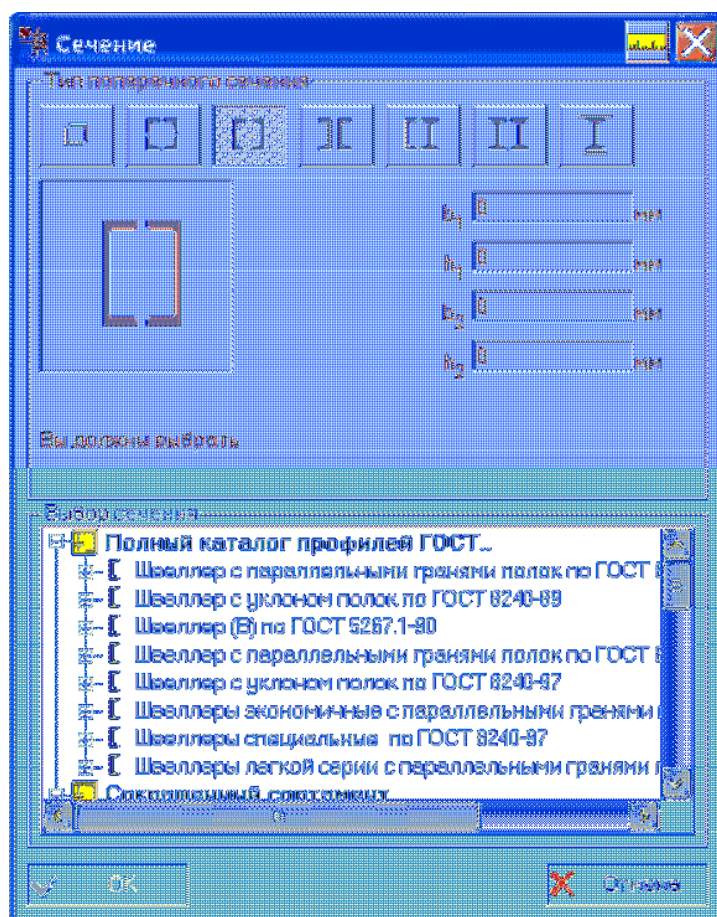


Рис.18

Геометрические характеристики			
	Параметр	Значение	Единицы измерения
A	Площадь поперечного сечения	67,1	см <sup>2</sup>
$\alpha$	Угол наклона главных осей инерции	17,079	град
$I_y$	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	3329,029	см <sup>4</sup>
$I_z$	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	1022,58	см <sup>4</sup>
$I_t$	Момент инерции при свободном кручении	21,441	см <sup>4</sup>
$i_y$	Радиус инерции относительно оси Y1	7,044	см
$i_z$	Радиус инерции относительно оси Z1	3,904	см
$W_{u+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	248,391	см <sup>3</sup>
$W_{u-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	324,396	см <sup>3</sup>
$W_{v+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	74,359	см <sup>3</sup>
$W_{v-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	79,473	см <sup>3</sup>
$W_{pl,u}$	Пластический момент сопротивления относительно оси U	422,105	см <sup>3</sup>
$W_{pl,v}$	Пластический момент сопротивления относительно оси V	163,607	см <sup>3</sup>

Отчет Отмена

Рис.19

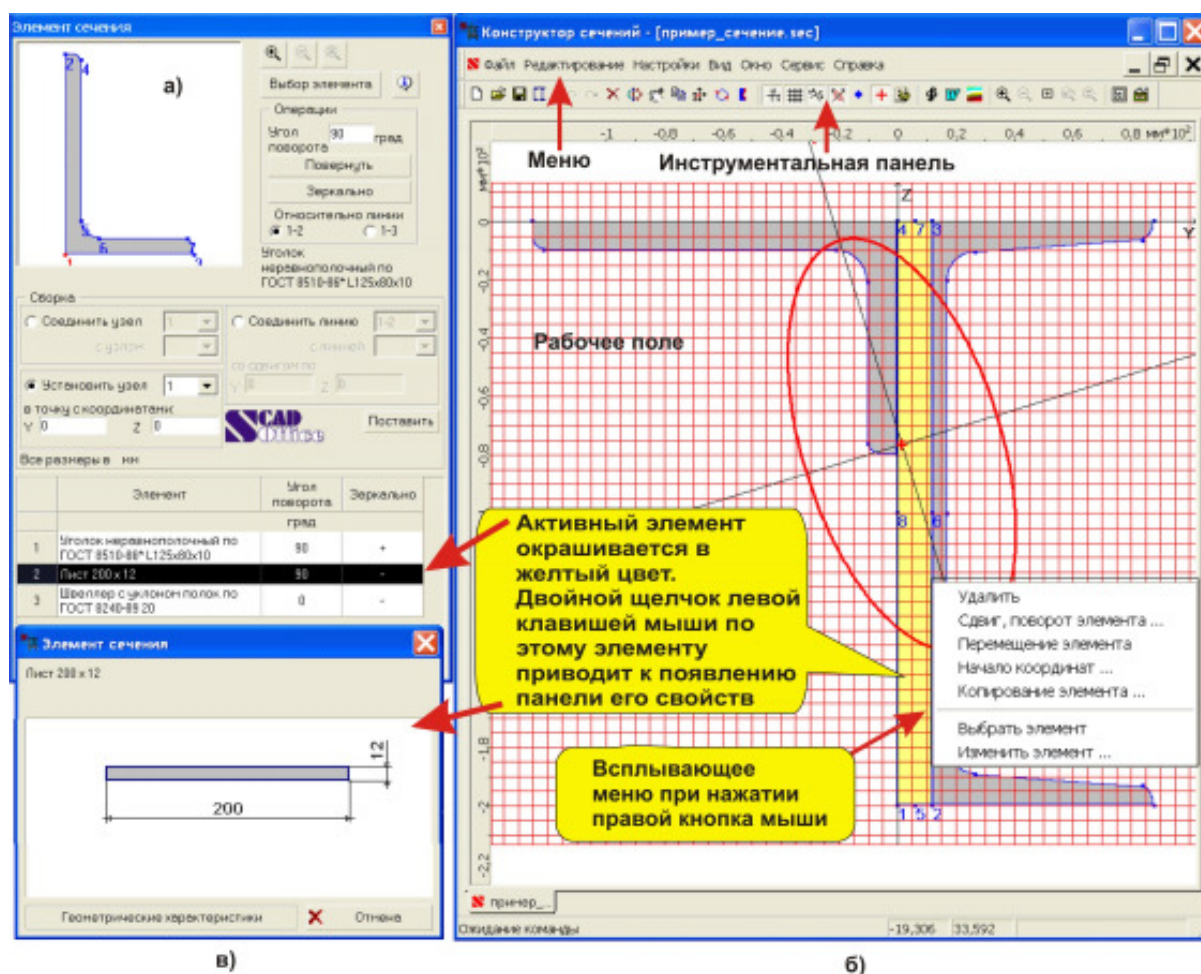


Рис.20



## Пользовательский интерфейс программы

Основные элементы пользовательского интерфейса программы сосредоточены в двух окнах - **Элемент сечения** (рис. 20, а) и **Конструктор сечений** (рис.20, б). Диалоговое окно **Элемент сечения** предназначено для выбора профиля или листа, изменения их положения в пространстве, управления процессом сборки; оно содержит таблицу с историей сборки. Окно **Конструктор сечения** служит для редактирования и сохранения сечений. Основные команды управления функциями могут быть вызваны из меню, а наиболее часто требуемые операции - путем нажатия кнопок на инструментальной панели.

Все операции в рабочем поле выполняются с помощью курсора. С помощью курсора можно **определить расстояние между двумя точками сечения**. Для этого следует подвести его к первой точке и нажать левую кнопку мыши. Не отпуская кнопки, переместить курсор во вторую точку. В правой части строки состояния будет указано расстояние между точками (точность указания зависит от установленного количества значащих цифр на странице **Единицы измерений** окна **Параметры**). Координаты текущего положения курсора выводятся в средней части строки состояния.

Указание курсором на элемент сечения делает этот элемент активным, а нажатие правой клавиши мыши приводит к появлению всплывающего меню, в котором можно выбрать одну из трех операций (рис.20, б):

- удаление активного элемента;
- сдвиг или поворот элемента;
- замена элемента.

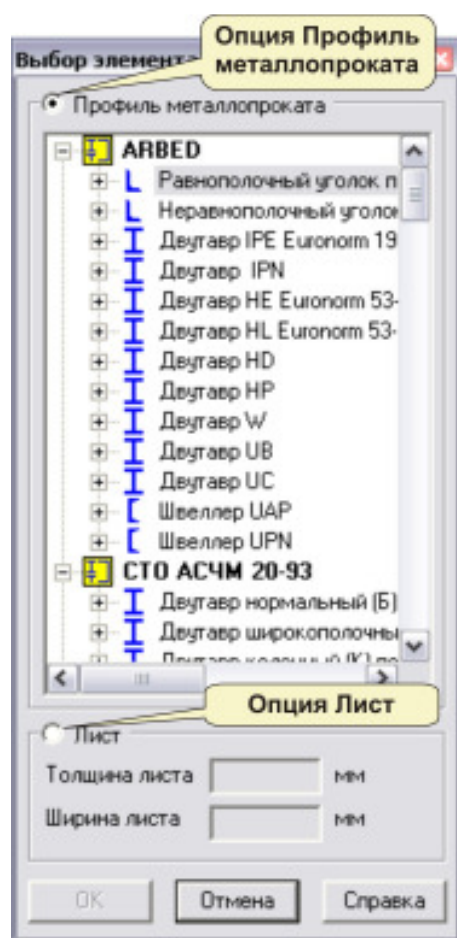


Рис.21

Двойной щелчок левой кнопкой мыши на элементе приводит к появлению окна с информацией об этом элементе (рис.20, в).

Диалоговое окно **Элемент сечения** (рис.20, а) служит для выбора профилей из сортамента металлопроката или листов, указания их ориентации, а также назначения правил установки выбранного элемента в составе сечения. Большинство элементов управления этого окна объединено в две группы - **Операции** и **Сборка**. Кроме того, окно включает кнопки **Выбор элемента**, **Увеличить изображение** и **Уменьшить изображение**, таблицу с историей сборки и поле отображения выбранного элемента.

После нажатия кнопки **Выбор элемента** (рис.20, а) появляется диалоговое окно **Выбор элемента** (рис.21), в котором выполняются операции по выбору профилей из сортамента металлопроката (группа **Профиль металлопроката**) или назначению размеров листов (группа **Лист**).

Для выбора профиля из сортамента металлопроката следует выполнить следующие действия:

- активизировать опцию **Профиль металлопроката**;
- из списка **Сечение** выбрать необходимое сечение;
- нажать кнопку **ОК**.

Если в качестве элемента сечения выбирается лист, следует активизировать опцию **Лист**, ввести в соответствующих полях толщину и ширину листа и


нажать кнопку **ОК**.

После выхода из диалогового окна наименование и масштабное изображение выбранного элемента выводятся в окне **Элемент сечения**.

В тех случаях, когда на изображении выбранного элемента плохо различимы опорные узлы, можно воспользоваться кнопкой **Увеличение изображения**. Одно нажатие этой кнопки вызывает увеличение изображения на 10% вплоть до двукратного увеличения. При увеличении изображения в поле отображения выбранного профиля устанавливаются полосы прокрутки, с помощью которых можно изменить положение рисунка. Кнопка **Уменьшение изображения** уменьшает изображение в окне **Элемент сечения** на 10% при каждом нажатии вплоть до номинального размера элемента в окне.



Рис.22

Кнопкой  **Информация об элементе** открывается информационное окно **Элемент сечения** (рис.23) с изображением выбранного элемента и его размерами. С помощью кнопки **Геометрические характеристики** можно увидеть основные параметры элемента (площадь и моменты инерции). Нажатием кнопки **Выход** производится возврат к диалоговому окну **Элемент сечения**.

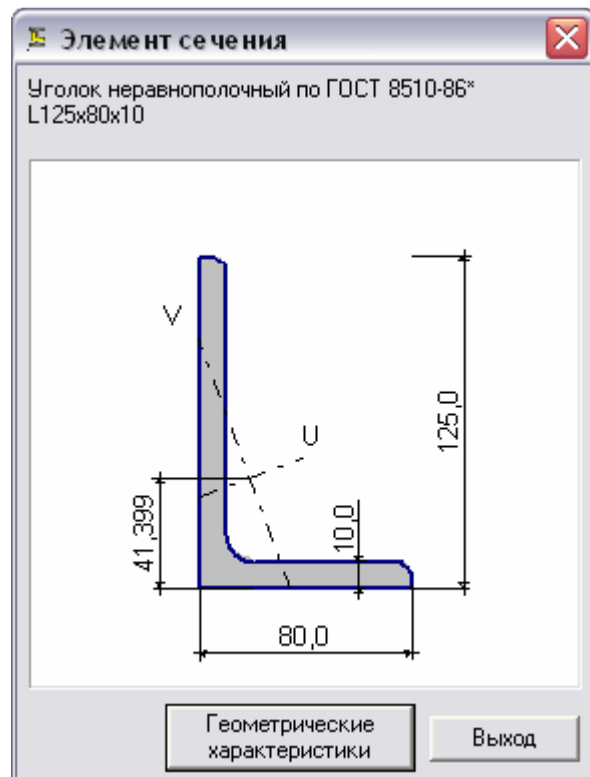


Рис.23

Ориентация выбранного элемента перед включением его в сечение выполняется с помощью команд, сосредоточенных в группе **Операции**. Это команды **Повернуть** и **Зеркально**. Каждый элемент, участвующий в сборке, имеет ряд опорных узлов, с помощью которых выполняется присоединение элемента к сечению. Узел, вокруг которого выполняется поворот, называется **базовым**; его номер зависит от вида профиля. Обычно базовым является узел под номером **1**, за исключением двутавра, у которого базовым является узел номер **10**, а также прямоугольных труб и листов, для которых базовой является точка, расположенная в центре тяжести сечения. Поворот элемента выполняется после нажатия кнопки **Повернуть** на угол, значение которого указано в поле **Угол поворота**. Положительное значение угла соответствует повороту против часовой стрелки.

Для уголков и швеллеров, кроме команды **Повернуть**, предусмотрена команда **Зеркально**, которая активизируется одноименной кнопкой и вызывает поворот изображения относительно вертикальной оси, проходящей через базовую точку **1**.

В нижней части окна **Элемент сечения** расположена таблица истории сборки (рис. 20, а), в которой перечислены все элементы, вошедшие в сечение, в порядке их установки, указаны угол поворота элементов вокруг оси **Y** общей системы координат сечения и признак выполнения команды **Зеркально**.

Указание курсором на строку таблицы выделяет эту строку и делает активным соответствующий элемент сечения (он отмечается желтым цветом в окне **Конструктор сечений**).

В выделенной строке можно нажать правую кнопку мыши и в появившемся меню выбрать одну из следующих команд:

- **Сдвиг, поворот** - дублирует одноименную операцию, вызываемую из инструментальной панели;
- **Выбрать элемент** - дублирует операцию **Выбор профиля**, что позволяет включить в сечение такой же элемент без его поиска в сортаменте или назначения размеров листа;
- **Заменить элемент** - приводит к появлению окна выбора элемента. Если выбран другой элемент и нажата кнопка **ОК**, то происходит замена элемента.

Для включения элемента в сечение необходимо в диалоговом окне **Элемент сечения** выполнить следующие действия:

- нажать кнопку **Выбор профиля**;
- в появившемся диалоговом окне **Выбор элемента** выбрать профиль или ввести размеры листа;
- в группе **Операции** назначить ориентацию элемента в сечении;
- в группе **Сборка** установить способ присоединения элемента к сечению и нажать кнопку **Поставить**.

Операции по включению элемента в сечение выполняются в группе **Сборка**. Сборка заключается в присоединении элемента, выбранного в окне **Элемент сечения**, к одному из ранее установленных элементов или его привязке к точке сечения, заданной координатами **Y** и **Z**.

В **Конструкторе сечений** реализованы следующие способы сборки:

- присоединение нового элемента одним из опорных узлов к опорному узлу одного из уже установленных элементов сечения;
- присоединение нового элемента одним из опорных узлов к точке сечения, заданной координатами **Y** и **Z**;
- присоединение нового элемента путем совмещения линий, соединяющих две опорные точки устанавливаемого элемента и активного уже существующего элемента сечения.

При использовании первых двух способов сборки элемент включается в сечение с ориентацией, заданной в окне **Элемент сечения**. При соединении по линии ориентация элемента в сечении определяется ориентацией линий, по которым стыкуются элементы.

**При установке первого элемента используется только второй способ!**

Пусть требуется собрать поперечное сечение, состоящее из неравнополочного уголка по ГОСТ 8510-86 **125×80×10**, листа **200×12** мм и швеллера **№20** с уклоном полок по ГОСТ 8240-89 (рис.24). Разобьем заданную фигуру на простые:

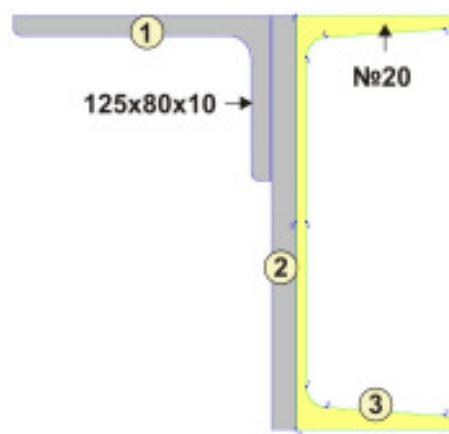


Рис.24

пусть уголок будет первой фигурой, лист – второй, швеллер - третьей.

### Последовательность операций при установке первого элемента сечения

1. Назначить в окне **Элемент сечения** (рис.25, а) с помощью кнопки **Выбор профиля** первый элемент конструируемого сечения уголок  $125 \times 80$ .

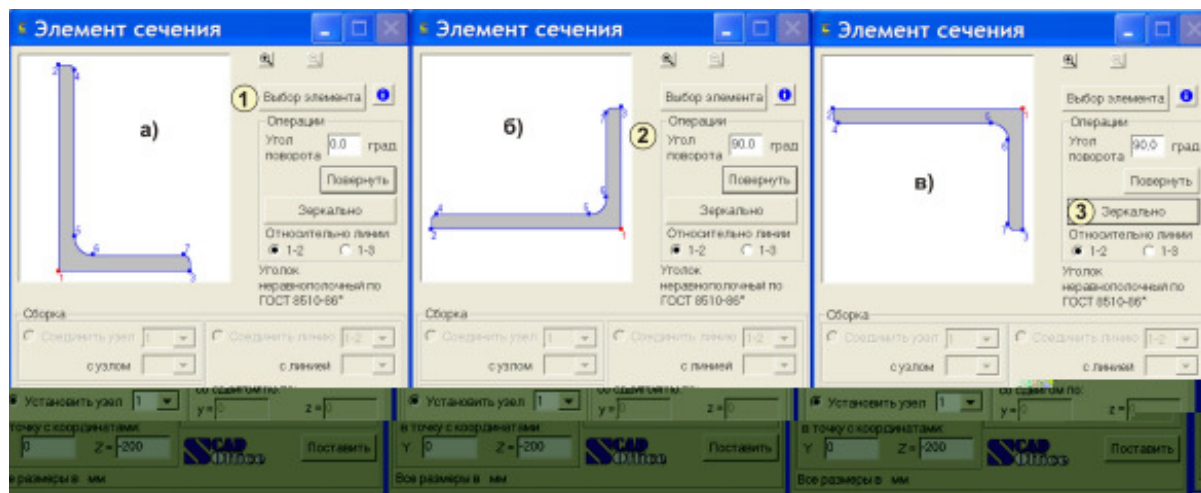


Рис.25

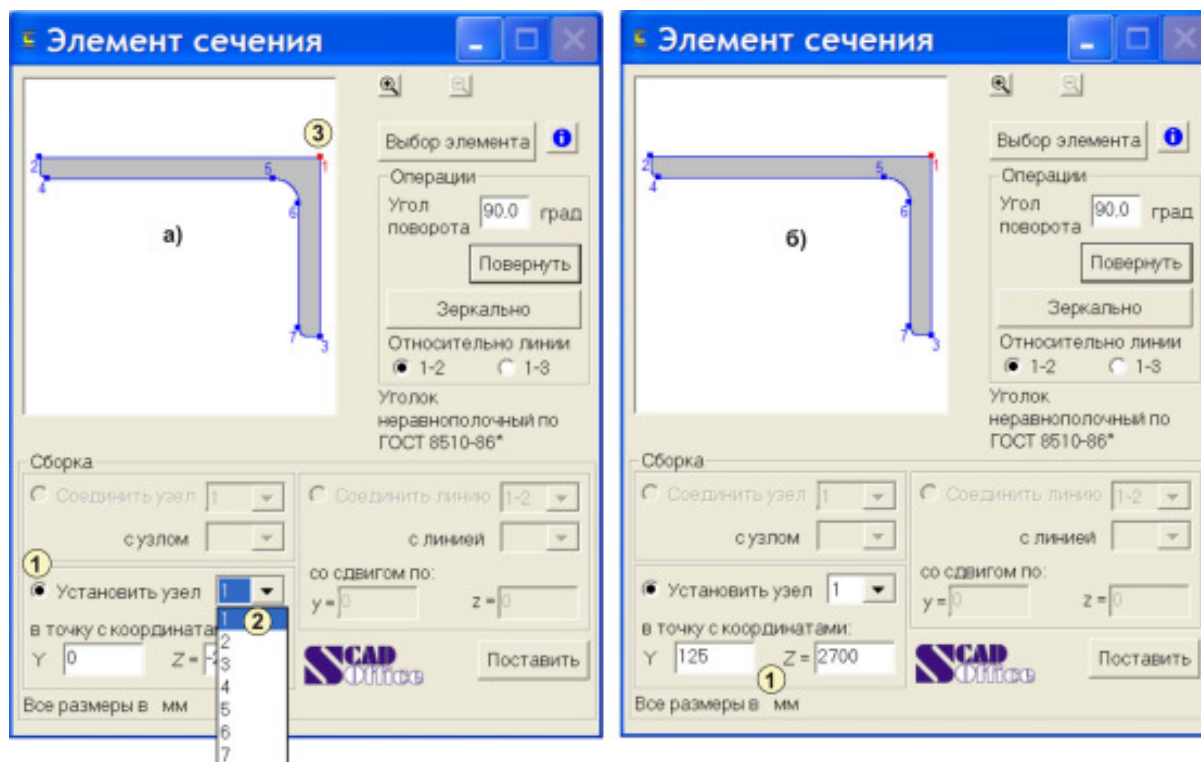


Рис.26

2. Для заданной на рис.24 ориентации уголка повернуть его на угол  $90^\circ$  (в поле ввода **Угол поворота** задать угол  $90^\circ$  и нажать на клавишу **Повернуть** (рис.25, б)) и затем зеркально отразить (щелкнуть левой клавишей мыши по клавише **Зеркально** (рис.25, в)).
3. Активизировать опцию **Установить узел** (рис.26, а).
4. Выбрать из выпадающего списка 2 номер опорного узла (нас устроит узел 1), которым уголок будет установлен в точку с заданными координатами. Опорный узел выделяется на изображении профиля красным цветом (цифра 3 на рис.26, а).

5. Назначить координаты точки (рис.26, б), в которую будет установлен опорный узел **1** ( $Y = 125$ ,  $Z = 200$ ).
6. Нажать кнопку **Поставить**.

После выполнения последней операции в рабочем поле окна **Конструктор сечений** будет показан установленный профиль. Одновременно в нижней части окна **Элемент сечения** будет открыта таблица с историей сборки, в первой строке которой записан этот профиль (рис.27).

### Первый способ сборки

Первый способ сборки позволяет включить новый элемент в сечение путем присоединения выбранного опорного узла этого элемента к выбранному опорному узлу активного элемента сечения. Активным называется тот элемент сечения, к которому присоединяется новый элемент. Активный элемент может быть выбран указанием курсора в рабочем поле окна **Конструктор сечений** или выделением строки в таблице истории сборки диалогового окна **Элемент сечения**.

#### Последовательность сборки

1. В диалоговом окне **Элемент сечения** (рис.25, а) операцией **Выбор элемента** назначить в открывшемся окне **Выбор элемента** второй присоединяемый элемент – лист (рис.28, а). Щелкнуть по клавише **ОК** - в окне **Элемент сечения** появится изображение выбранного элемента (рис.28, б).
2. В группе **Операции** назначить угол поворота профиля  $90^\circ$ , нажать кнопку **Повернуть** (рис.28, в).
3. В группе **Сборка** активизировать опцию **Соединить узел** (на рис.29 цифра 1).
4. Выбрать из выпадающего списка номер опорного узла (4), которым лист будет присоединен к активному элементу сечения (на рис.29 цифра 2). Опорный узел 4 будет выделен на изображении профиля красным цветом.

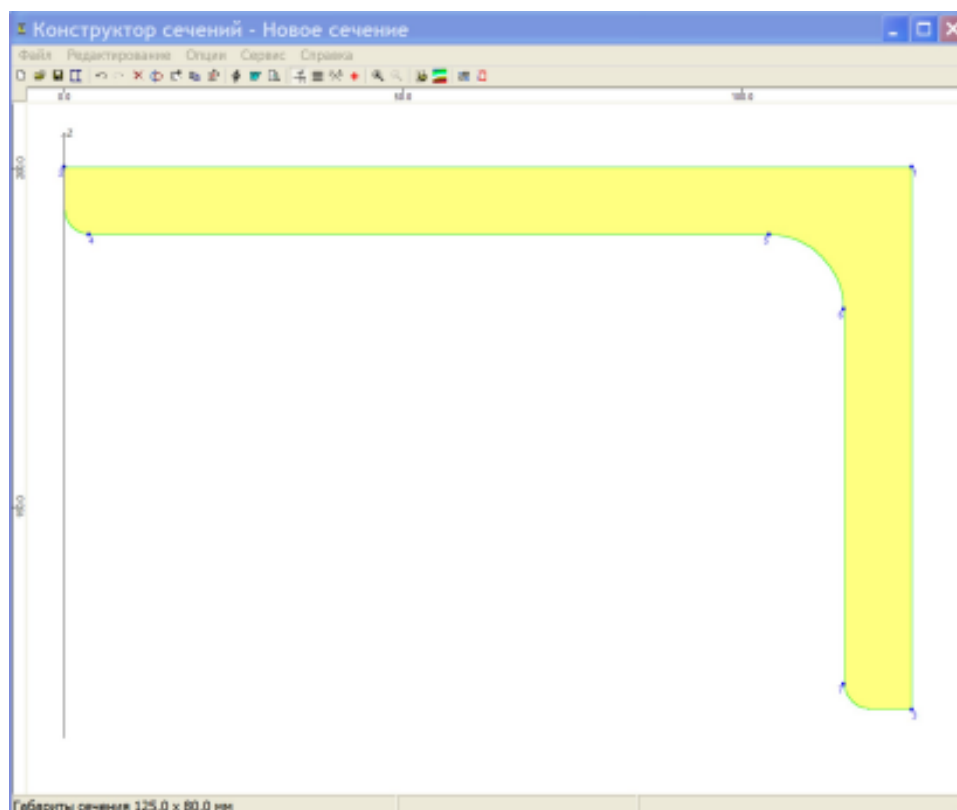


Рис.27



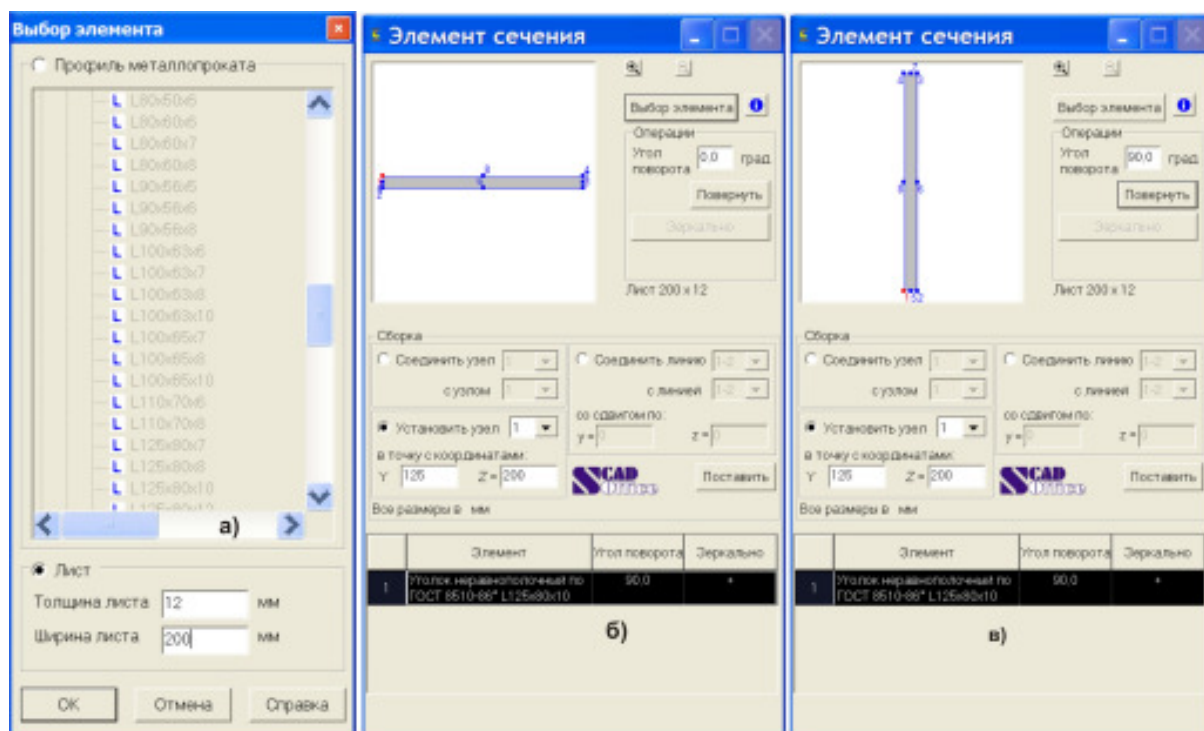


Рис.28

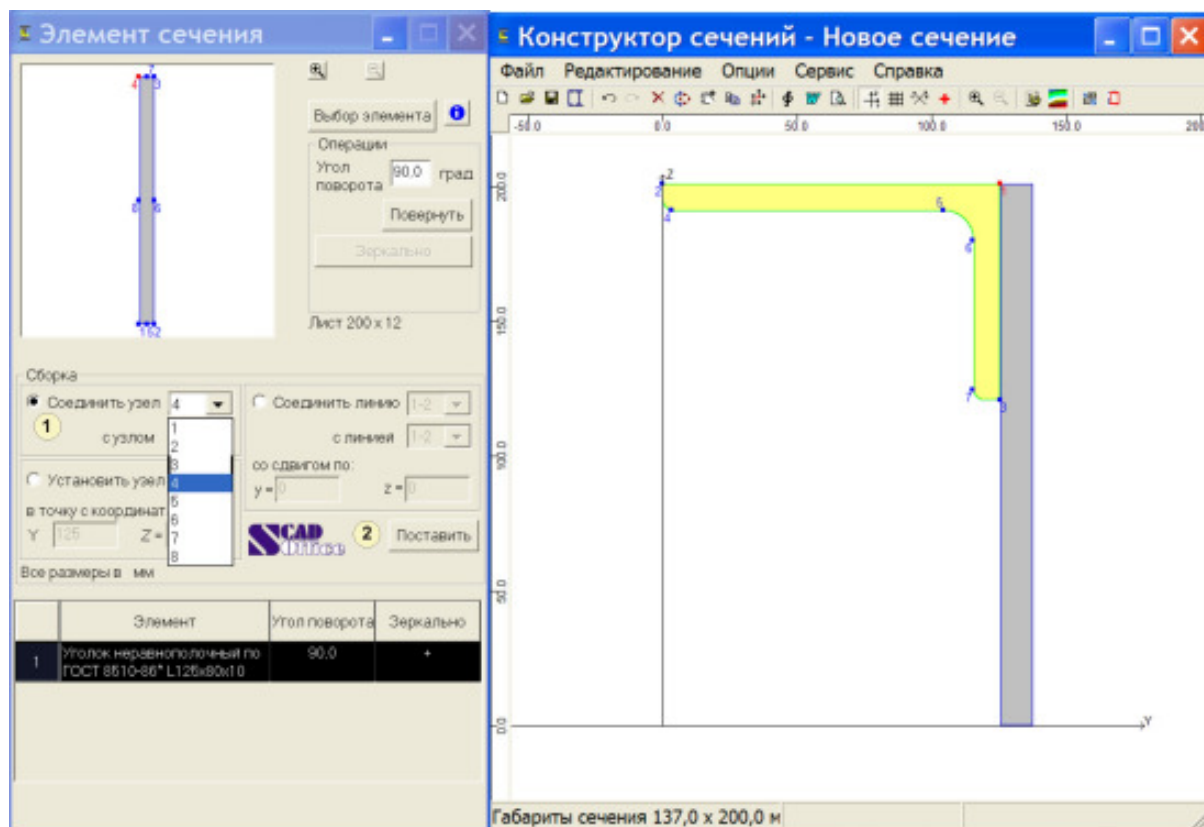


Рис.29

5. В окне **Конструктор сечений** указать курсором на активный элемент сечения. Элемент отмечается желтым цветом, и на нем выделяются опорные узлы. В нашем случае этого делать не надо, так как мы присоединяем лист к первому элементу сечения, в окне **Конструктор сечений** он единственный.
6. В диалоговом окне **Элемент сечения** выбрать из выпадающего списка номер опорного узла активного элемента сечения, к которому лист будет присоединен узлом **4**. Опорный узел на схеме сборки в окне **Конструктор сечений** выделяется на изображении профиля красным цветом. В нашем случае по умолчанию на уголке активизирован узел **1**, с которым должен быть совмещен узел **4** листа.
7. Нажать кнопку **Поставить**. После выполнения последней операции в рабочем поле окна **Конструктор сечений** показывается установленный профиль (рис.29).
8. В диалоговом окне **Элемент сечения** (рис.25, а) операцией **Выбор элемента** назначить в открывшемся окне **Выбор элемента** третий присоединяемый элемент – швеллер (рис.30, а). Щелкнуть по клавише **ОК**, в окне **Элемент сечения** появится изображение выбранного элемента (рис.30, б).
9. В группе **Сборка** активизировать опцию **Соединить узел** (на рис.29 цифра **1**).
10. Выбрать из выпадающего списка номер опорного узла (**1**, он активен по умолчанию), которым швеллер будет присоединен к активному элементу сечения.
11. В окне **Конструктор сечений** указать курсором на активный элемент сечения. Элемент отмечается желтым цветом, и на нем выделяются опорные узлы.

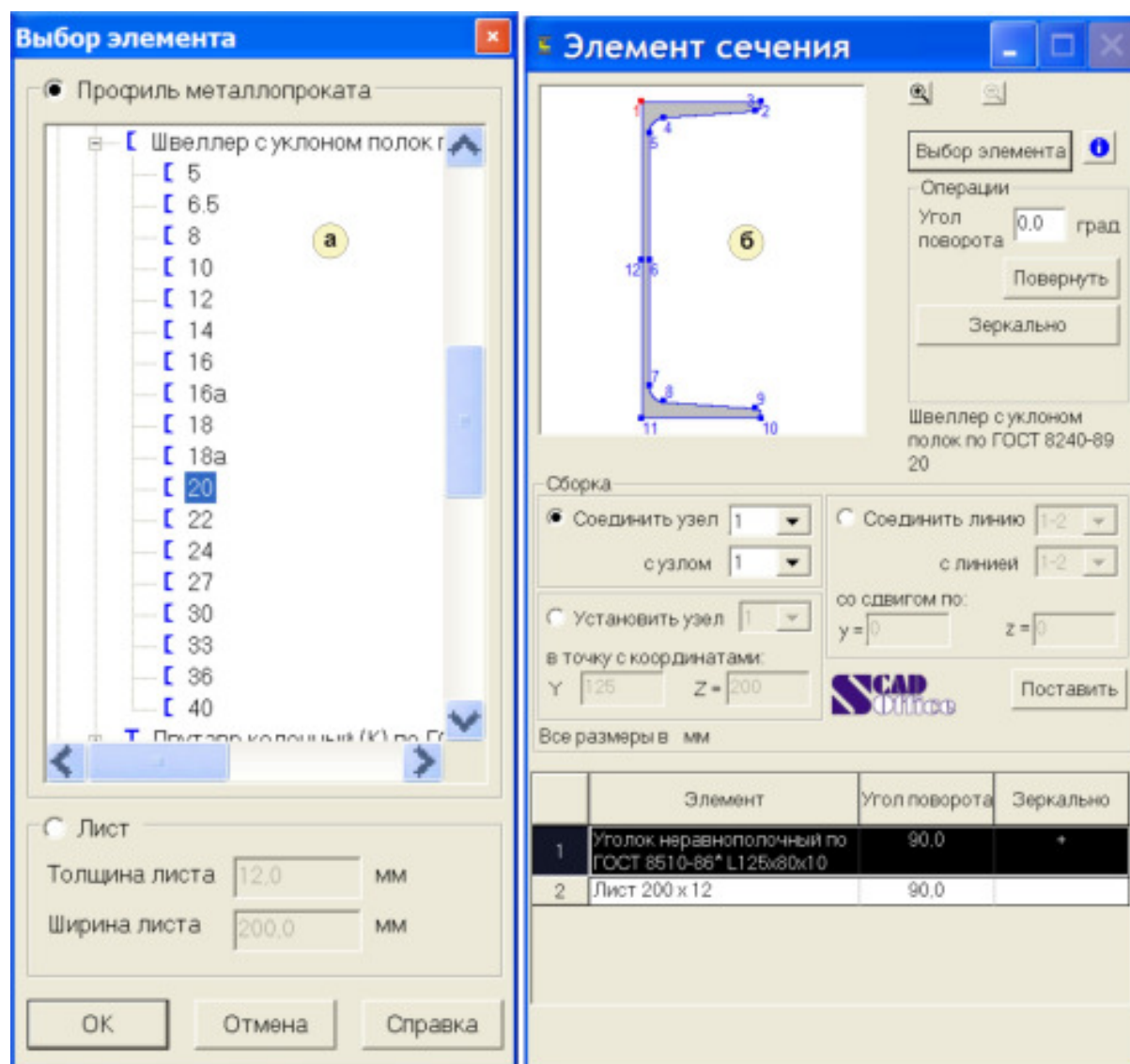








Рис.30

12. В диалоговом окне **Элемент сечения** выбрать из выпадающего списка номер опорного узла активного элемента сечения, к которому швеллер будет присоединен узлом **1**. Опорный узел на схеме сборки в окне **Конструктор сечений** будет выделен на изображении профиля красным цветом. В нашем случае надо активизировать на листе узел **3** (рис.31).
13. Нажать кнопку **Поставить**. После выполнения последней операции в рабочем поле окна **Конструктор сечений** будет показан установленный профиль. Если последовательно нажать кнопки  **Показать координатные оси**,  **Показать сетку**,  **Показать главные оси**,  **Показать центр масс**, то в окне **Конструктор Сечений** собранное сечение будет иметь вид, представленный на рис.32.
14. После активизации кнопки  **Расчет** выполняется расчет геометрических и жесткостных характеристик сечения, появляется диалоговое окно (рис.33), в котором эти характеристики представлены. Значения характеристик выводятся с назначенной точностью и в установленных для текущего сечения выходных единицах измерения.
15. Нажатие кнопки  позволяет сформировать отчет (рис.34).

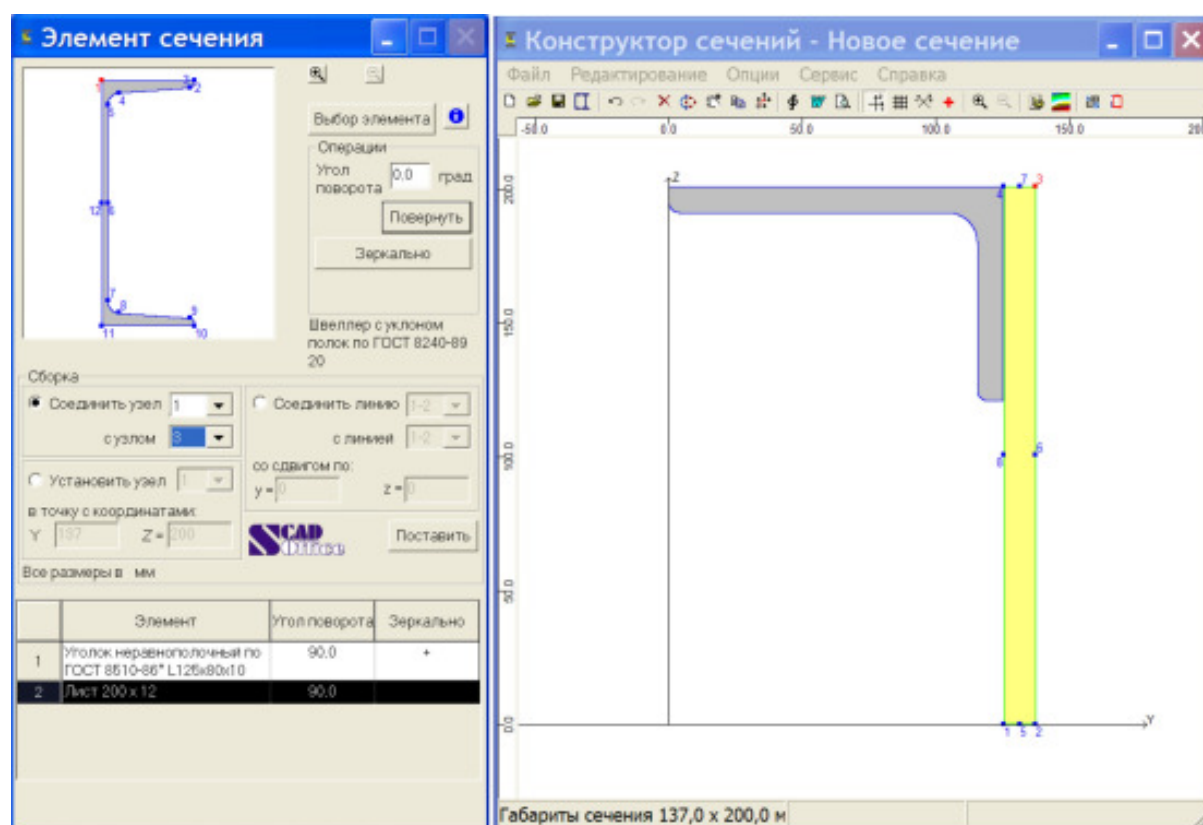


Рис.31

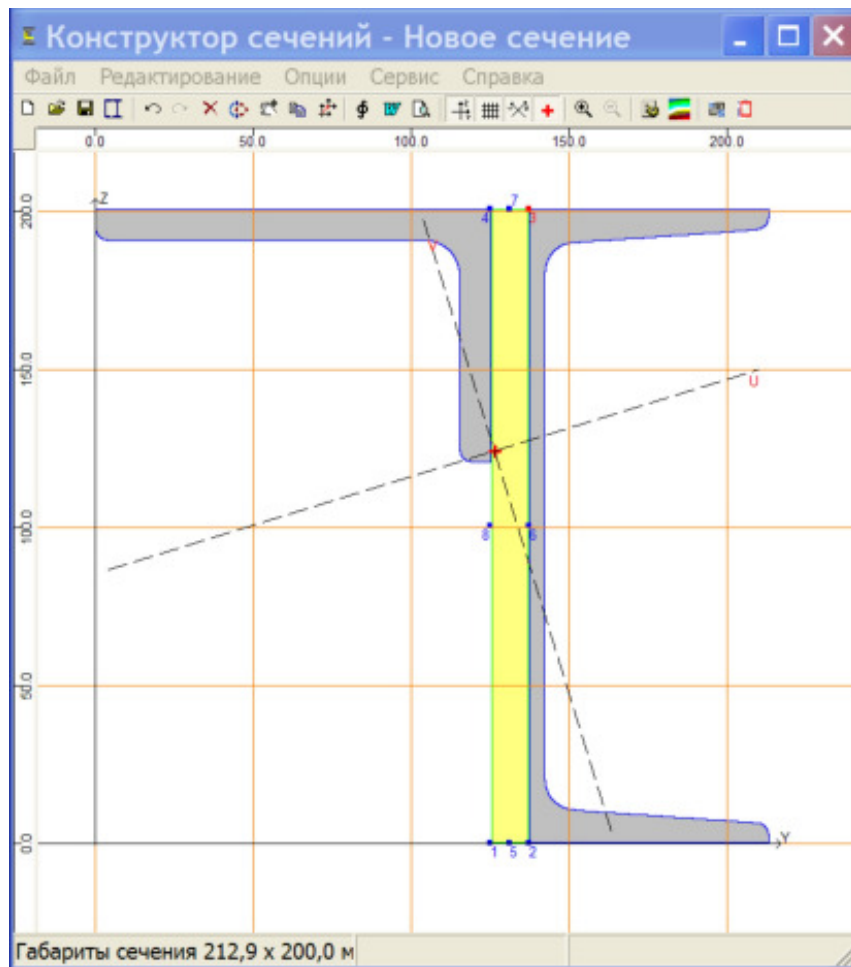
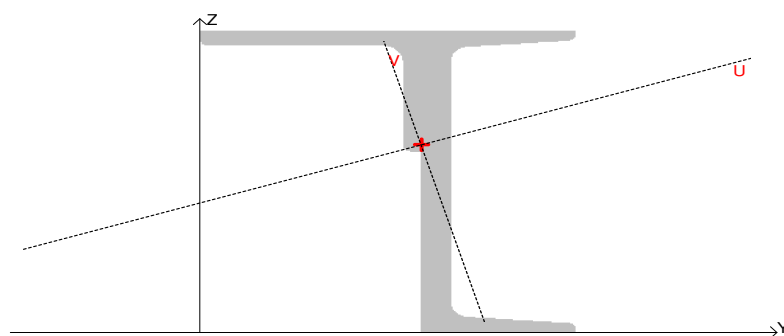


Рис.32

Геометрические характеристики		
Параметр	Значение	Единицы
$A$ Площадь поперечного сечения	67,1	см <sup>2</sup>
$\alpha$ Угол наклона главных осей инерции	17,0791	град
$I_z$ Момент инерции относительно центральной оси ...	3329,0291	см <sup>4</sup>
$I_y$ Момент инерции относительно центральной оси ...	1022,58	см <sup>4</sup>
$I_k$ Момент инерции при свободном кручении	21,441	см <sup>4</sup>
$i_z$ Радиус инерции относительно оси Y1	7,0436	см
$i_y$ Радиус инерции относительно оси Z1	3,9038	см
$W_{yz}$ Максимальный момент сопротивления относите...	248,391	см <sup>3</sup>
$W_{yz}$ Минимальный момент сопротивления относите...	324,3957	см <sup>3</sup>
$W_{yz}$ Максимальный момент сопротивления относите...	74,3593	см <sup>3</sup>
$W_{yz}$ Минимальный момент сопротивления относите...	79,4725	см <sup>3</sup>
$W_{plz}$ Пластический момент сопротивления относите...	426,1947	см <sup>3</sup>
$W_{ply}$ Пластический момент сопротивления относите...	164,3556	см <sup>3</sup>
$I_u$ Максимальный момент инерции	3569,4442	см <sup>4</sup>
$I_v$ Минимальный момент инерции	782,1649	см <sup>4</sup>
$i_u$ Максимальный радиус инерции	7,2936	см
$i_v$ Минимальный радиус инерции	3,4142	см
$a_{yz}$ Ядровое расстояние вдоль положительного нап...	3,7018	см
$a_{yz}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного нап...	4,8345	см
$a_{yz}$ Ядровое расстояние вдоль положительного нап...	1,1082	см
$a_{yz}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного нап...	1,1844	см

Рис.33



Элемент сечения	Угол поворота	Зеркально
Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86* L125x80x10	90,0	+
Лист 200 x 12	90,0	
Швеллер с уклоном полки по ГОСТ 8240-89 20		

Габариты сечения 212,9 x 200,0 мм

#### Геометрические характеристики сечения

Параметр	Значение	
A Площадь поперечного сечения	67,1	см <sup>2</sup>
$\alpha$ Угол наклона главных осей инерции	17,0791	град
$I_y$ Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	3329,0291	см <sup>4</sup>
$I_z$ Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	1022,58	см <sup>4</sup>
$I_t$ Момент инерции при свободном кручении	21,441	см <sup>4</sup>
$i_y$ Радиус инерции относительно оси Y1	7,0436	см
$i_z$ Радиус инерции относительно оси Z1	3,9038	см
$W_{u+}$ Максимальный момент сопротивления относительно оси U	248,391	см <sup>3</sup>
$W_{u-}$ Минимальный момент сопротивления относительно оси U	324,3957	см <sup>3</sup>
$W_{v+}$ Максимальный момент сопротивления относительно оси V	74,3593	см <sup>3</sup>
$W_{v-}$ Минимальный момент сопротивления относительно оси V	79,4725	см <sup>3</sup>
$W_{pl,u}$ Пластический момент сопротивления относительно оси U	425,1947	см <sup>3</sup>
$W_{pl,v}$ Пластический момент сопротивления относительно оси V	164,3556	см <sup>3</sup>
$I_u$ Максимальный момент инерции	3569,4442	см <sup>4</sup>
$I_v$ Минимальный момент инерции	782,1649	см <sup>4</sup>
$i_u$ Максимальный радиус инерции	7,2936	см
$i_v$ Минимальный радиус инерции	3,4142	см
$a_{u+}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,7018	см
$a_{u-}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	4,8345	см
$a_{v+}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	1,1082	см
$a_{v-}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	1,1844	см
$y_M$ Координата центра масс по оси Y	12,6395	см
$z_M$ Координата центра масс по оси Z	12,3724	см

Рис.34

#### Третий способ сборки

Особенностью третьего способа является возможность присоединения элемента к сечению (активному элементу сечения) путем совмещения линий, определяемых выбранными парами узлов в присоединяемом элементе и активном элементе сечения. При этом первый узел линии присоединяемого элемента совмещается с первым узлом линии активного элемента.

Имеется возможность поступательного перемещения присоединяемого элемента. Оно задается компонентами сдвига  $y$  (вдоль линии стыковки активного элемента



сечения) и  $z$  (перпендикулярно этой линии). Линии стыковки при этом остаются параллельными. Этот способ удобен при сборке с наклонными элементами сечения.

Сборка выполняется последовательностью операций.

1. В окне **Элемент сечения** (рис.35, а) с помощью кнопки **Выбор элемента** назначить элемент, например, швеллер №30, который присоединяется к ранее созданному сечению (рис.32).
2. В группе **Сборка** активизировать опцию **Соединить линию**.
3. Выбрать из выпадающего списка номера опорных узлов, определяющих линию, которой швеллер примыкает к активному элементу сечения уголка: **1–11**. Линия, проходящая между указанными узлами, выделяется на изображении швеллера красным цветом.
4. В окне **Конструктор сечений** указать курсором на активный элемент сечения - уголок. Элемент отмечается желтым цветом, и на нем выделяются опорные узлы.
5. В окне **Элемент сечения** выбрать из выпадающего списка номера опорных узлов, определяющих линию, вдоль которой устанавливается уголок: **1–2**. Линия, проходящая между указанными узлами, выделена на изображении листа красным цветом.
6. Ввести значение сдвига вдоль уголка:  $y = -150$ ;  $z = 0$ .
7. Нажать кнопку **Поставить**.

На рис.35, б показано сечение, полученное в результате сборки.

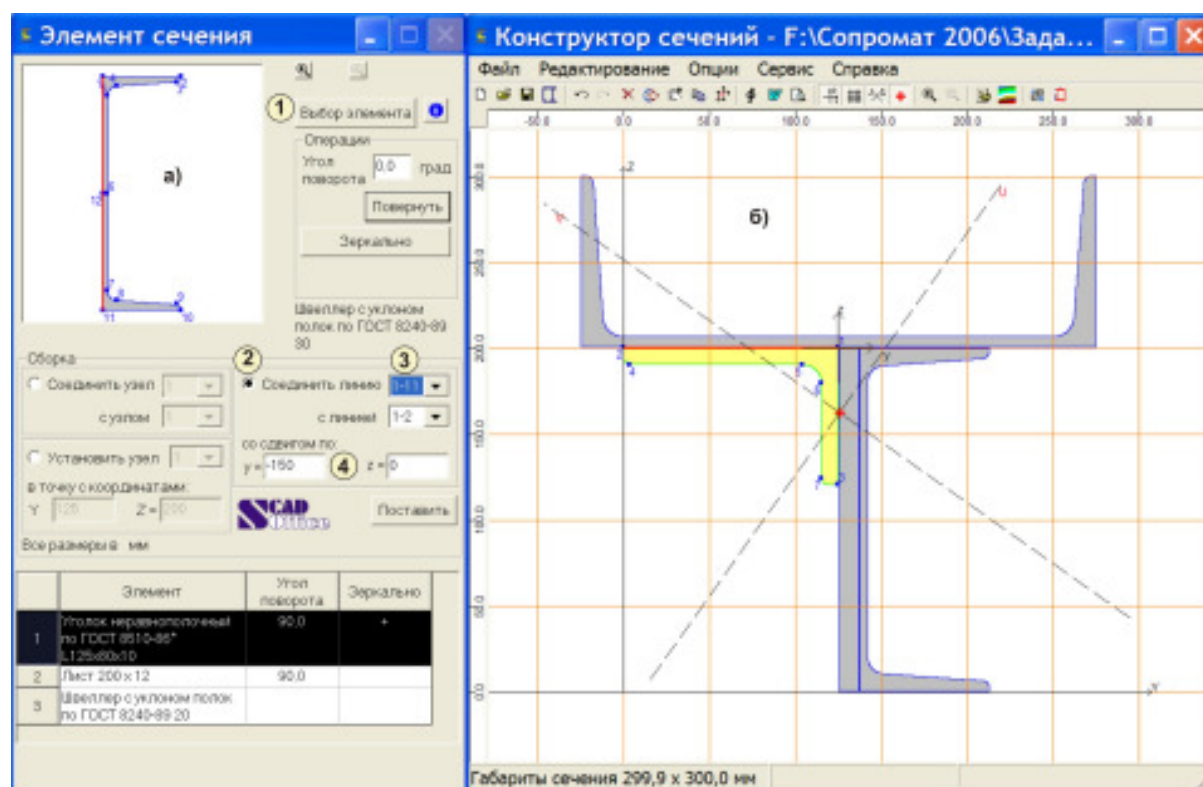


Рис.35

При сборке по линии необходимо учитывать следующие особенности этого способа:

- присоединяемый элемент устанавливается в сечение таким образом, чтобы первый узел линии сборки этого элемента совместился с первым узлом линии сборки активного элемента сечения (если не задавалось смещение);
- смещение присоединяемого элемента выполняется относительно местных осей координат  $yz$ , начало которых находится в первом узле линии сборки активного элемента сечения;

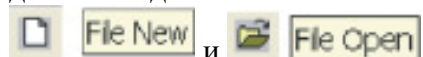
- при сборке выполняется контроль пересечения присоединяемого элемента с существующим сечением, и в случае пересечения выдается предупреждение.

Следует обратить внимание на предупреждение о пересечении элементов сечения. В окне сообщений предлагается проигнорировать эту информацию (*Yes*) или исключить из сечения пересекающийся элемент (*No*). Однозначного ответа здесь быть не может. При явной ошибке в задании или размещении нового элемента сечения следует, конечно, отвечать *No*. Но в отдельных случаях пересечение происходит из-за ошибок округления при работе с числами с плавающей запятой, например, нет «чистого» нуля или значения тригонометрических функций вычислены приближенно.. Такие ошибки возникают, как правило, при повороте элементов; в этих случаях рекомендуется отвечать *Yes*. Этот же ответ дается и тогда, когда пользователь сознательно допускает пересечения, предполагая выполнить окончательную установку элемента с помощью операций **Сдвиг**, **Поворот** или **Зеркально**.

## СОЗДАНИЕ СЕЧЕНИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ MSC.PATRAN-NASTRAN 2005

### Запуск и выход из системы Patran 2005

Запуск системы **MSC.Patran** можно осуществить, используя значок на рабочем столе Windows или последовательность: **Пуск** ► **MSC.Software** ► **MSC.Patran 2005** ► **MSC.Patran 2005**<sup>3</sup>. На экране дисплея появится графическое окно системы **MSC.Patran** (рис. 36), в котором доступными будут только две команды главного меню: **File** и **Help**, а также две кнопки панели инструментов:



Значок системы **MSC.Patran**

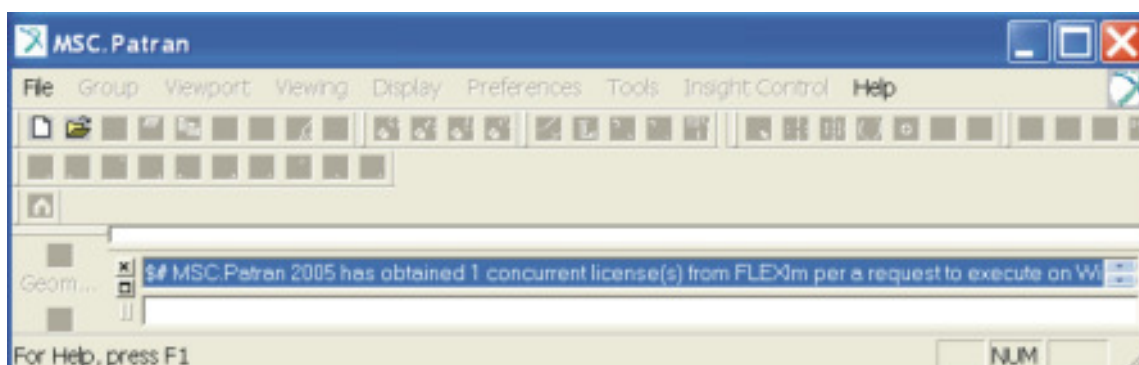


Рис.36

При старте графическое окно не содержит никакой информации о модели. Выше и ниже этого окна расположены строка меню, панель инструментов, кнопки приложений, командная строка и строка истории сообщений (history). Остальные меню становятся активными только после открытия новой или уже существующей базы данных.

В поле «Имя файла» введите имя базы данных. **MSC.Patran** автоматически добавит расширение **.db**. После нажатия **OK** должно появиться рабочее окно вашей задачи.

Выход из системы **MSC.Patran** можно осуществить из меню **File** командой **Quit** или одновременно нажать кнопки **Ctrl+Q** на клавиатуре. **MSC.Patran** при выходе автоматически сохраняет все изменения, внесенные в базу данных.

<sup>3</sup> Жилкин В.А. Элементы прикладной и строительной механики сельхозмашин. Челябинск, ЧГАУ, 2007. 346 с.

## Геометрическое моделирование

Для моделирования поведения стержней и балок под действием какой-либо нагрузки используются одномерные элементы (линейные элементы): стержневые и балочные. Стержневые элементы **CROD** воспринимают осевое растяжение-сжатие и кручение относительно продольной оси. Балочные элементы и **CBEAM** воспринимают также изгиб. В **MSC.NASTRAN** существует определенное различие между «простыми» и «сложными» балками. Простые балки моделируются элементами **CBAR**, жесткостные характеристики которых не могут варьироваться по длине. Сложные балки моделируются элементами **CBEAM**, которые, кроме свойств элемента **CBAR**, имеют возможность моделировать как переменность характеристик по длине, так и ряд других геометрических характеристик сечения.

Введем один стержневой элемент, для которого создадим сечение, подобное ранее рассмотренному (рис.37). Сечение, представленное на рис.24, аппроксимируем прямоугольниками, характерные точки которых с 1 по 13 обозначены кружочками. Составим таблицу координат этих точек.

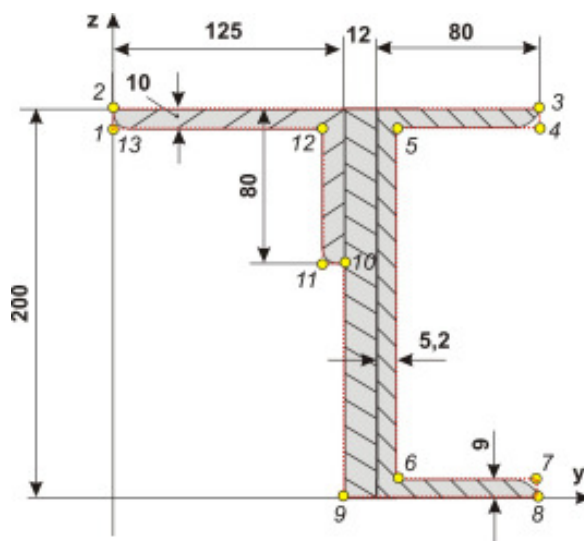


Рис.37


Щелкаем левой клавишей мыши по приложению **Geometry** (рис.38).

**A.** В открывшейся одноименной панели активизируем команды:

**Action► Create;**

**Object► Point;**

**Method► XYZ.**

В поле **Point Coordinates List** вводим в метрах координаты первой точки  $(0,0,0)$  и нажимаем клавишу **Apply**. Для того чтобы контролировать положения введенных точек, активизируем кнопку  **Положение точек**. Вводим координаты второй точки  $(1,0,0)$ .

**B.** На панели **Geometry** (рис.39) щелкаем по клавише **Point** и активизируем опцию **Curve**.

**C.** Соединяем точки линией, последовательно щелкая по стартовой и конечной точкам. В результате получим изображение кривой (прямой линии).

**D.** Открываем форму приложения **Properties**, т.е. щелкаем по кнопке . На появившейся панели **Element Properties** выбираем: объекты **1D**, тип элементов – **Beam** (рис.40). В окне **Property Set Name** задаём имя **sech** и щелкаем левой клавишей мыши по кнопке **Input Properties**.



Е. Появится панель **Input Properties**. Щёлкаем по кнопке **Create Sections**, что приведет к открытию панели **Beam Library** (рис.41), на которой в ниспадающем списке выбираем команду **Arbitrary Shape** (шаг 1), в окне **New Section Name** задаём имя сечения **ss** (шаг 2) и в окне **Input Data** вводим координаты характерных точек сечения (шаг 3).

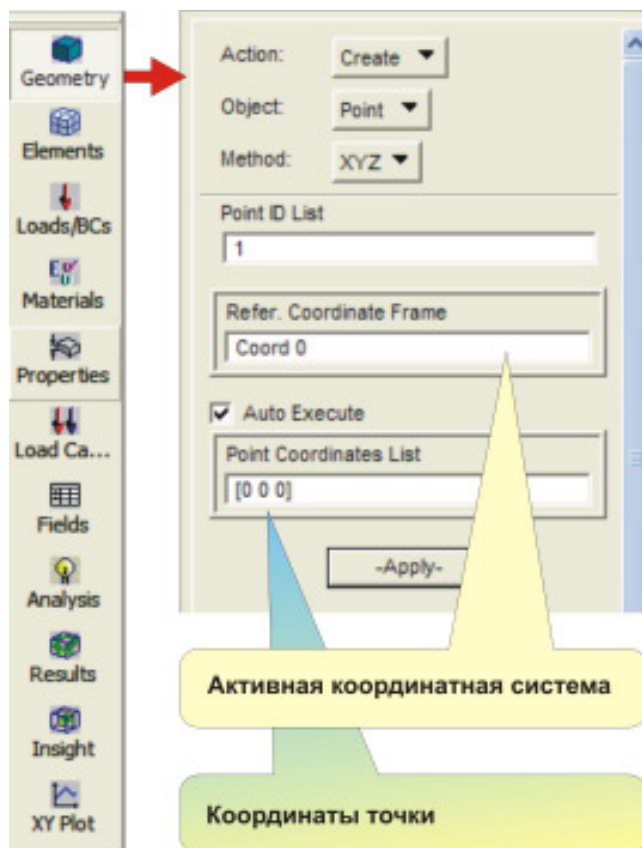


Рис.38

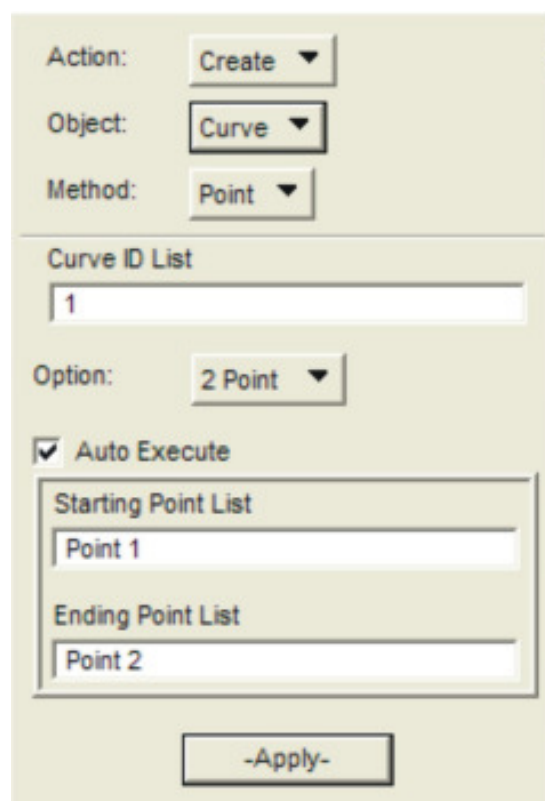


Рис.39

Ф. Щелчок по клавише **Display Boundary** (шаг 4) приведет к появлению панели **Section Display**, на которой в графическом окне появится контур поперечного сечения, а справа - таблица введенных координат (рис.42). На этом этапе можно проконтролировать правильность задания координат характерных точек сечения и внести необходимые исправления. Созданное сечение можно повернуть на заданный угол, введя в окне **Angle** величину угла в градусах и щелкнув по клавише **Rotate**.

Г. Для вычисления геометрических характеристик сечения нажимаем клавишу **Calculate/Display**. Выводимая на панель **Section Display** информация изменится: в графическом окне появились поперечное сечение и его характерные точки: центр тяжести и центр изгиба, указаны направления главных осей. Справа приведены значения различных геометрических параметров сечения (рис.43).

В таблице приведены некоторые геометрические характеристики сечения, вычисленные системами **SCAD** и **MSC.Patran-Nastran 2005**. Несмотря на некоторую неточность построенного сечения, результаты оказались удовлетворительными.

Таблица

	Площадь	$x_{цт}$	$y_{цт}$	$J_x$	$J_y$	$J_{xy}$
	см <sup>2</sup>	см	см	см <sup>4</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>4</sup>
<b>SCAD</b>	67,10	12,6395	12,3724	3329,03	1022,58	
<b>Patran</b>	67,36	12,8187	12,3343	3377,95	1144,61	-811,56

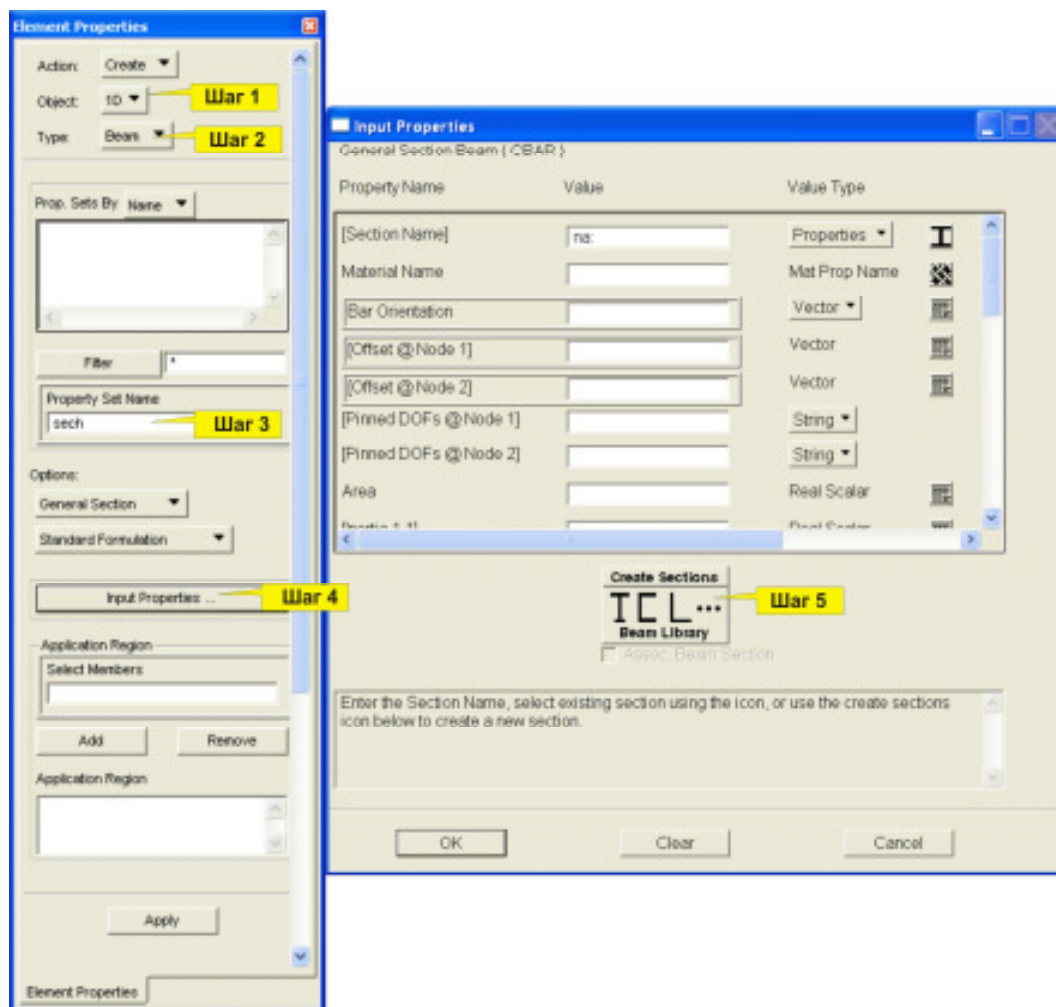


Рис.40

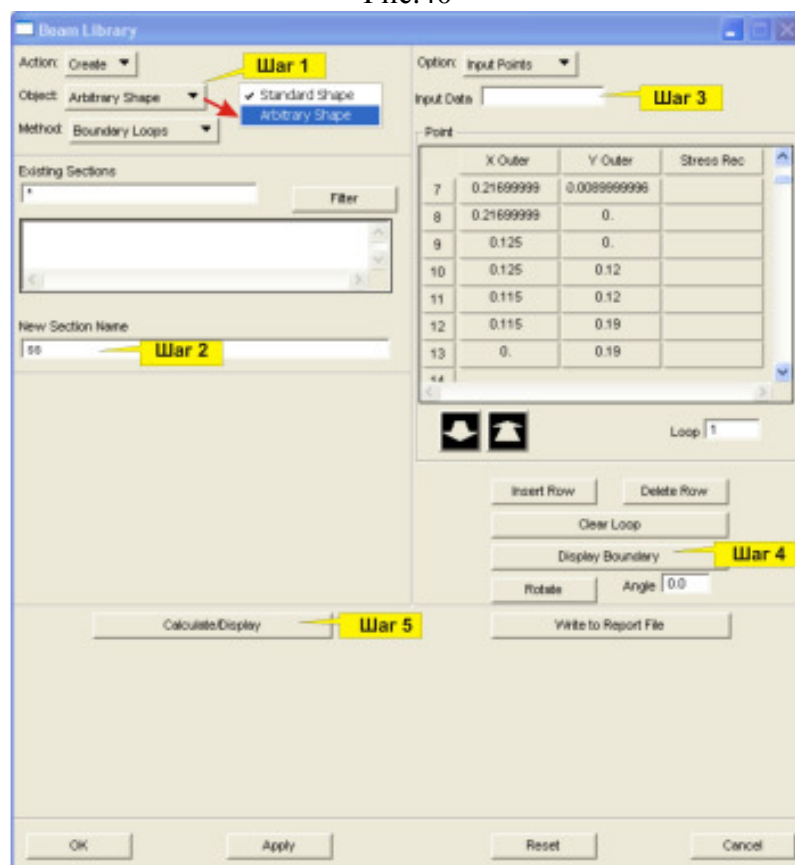


Рис.41

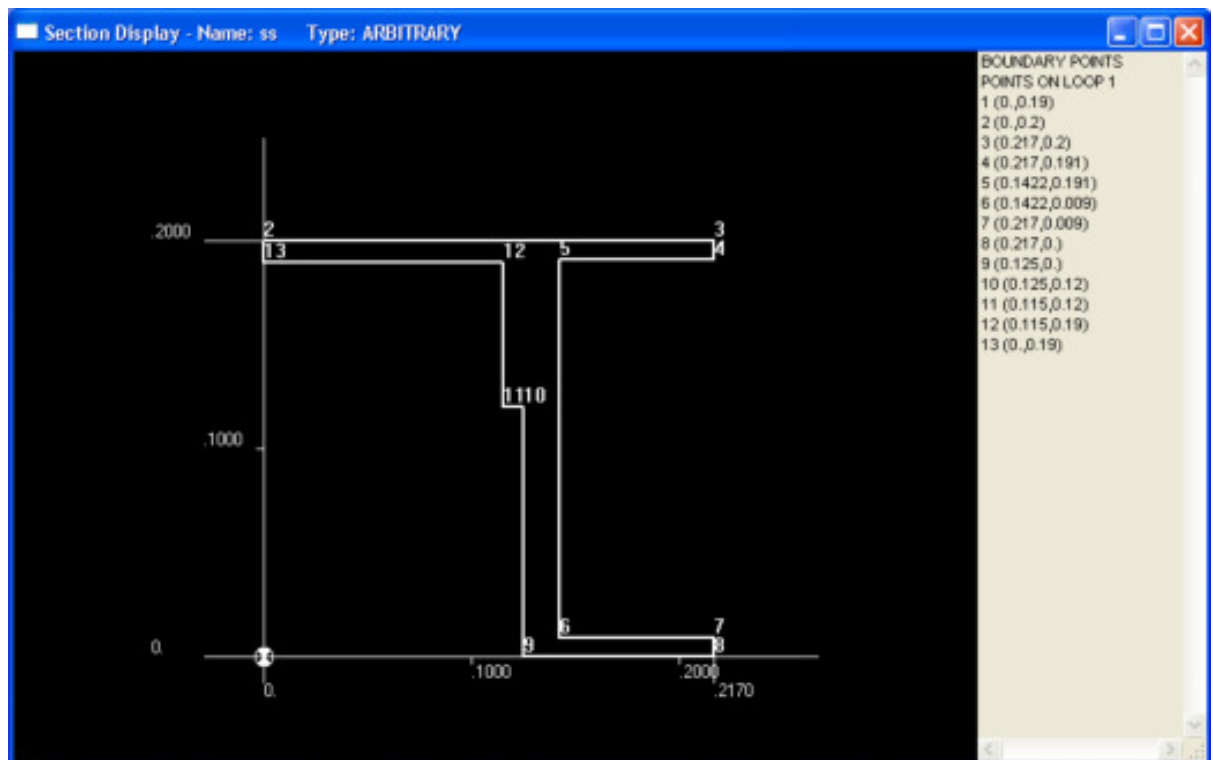


Рис.42

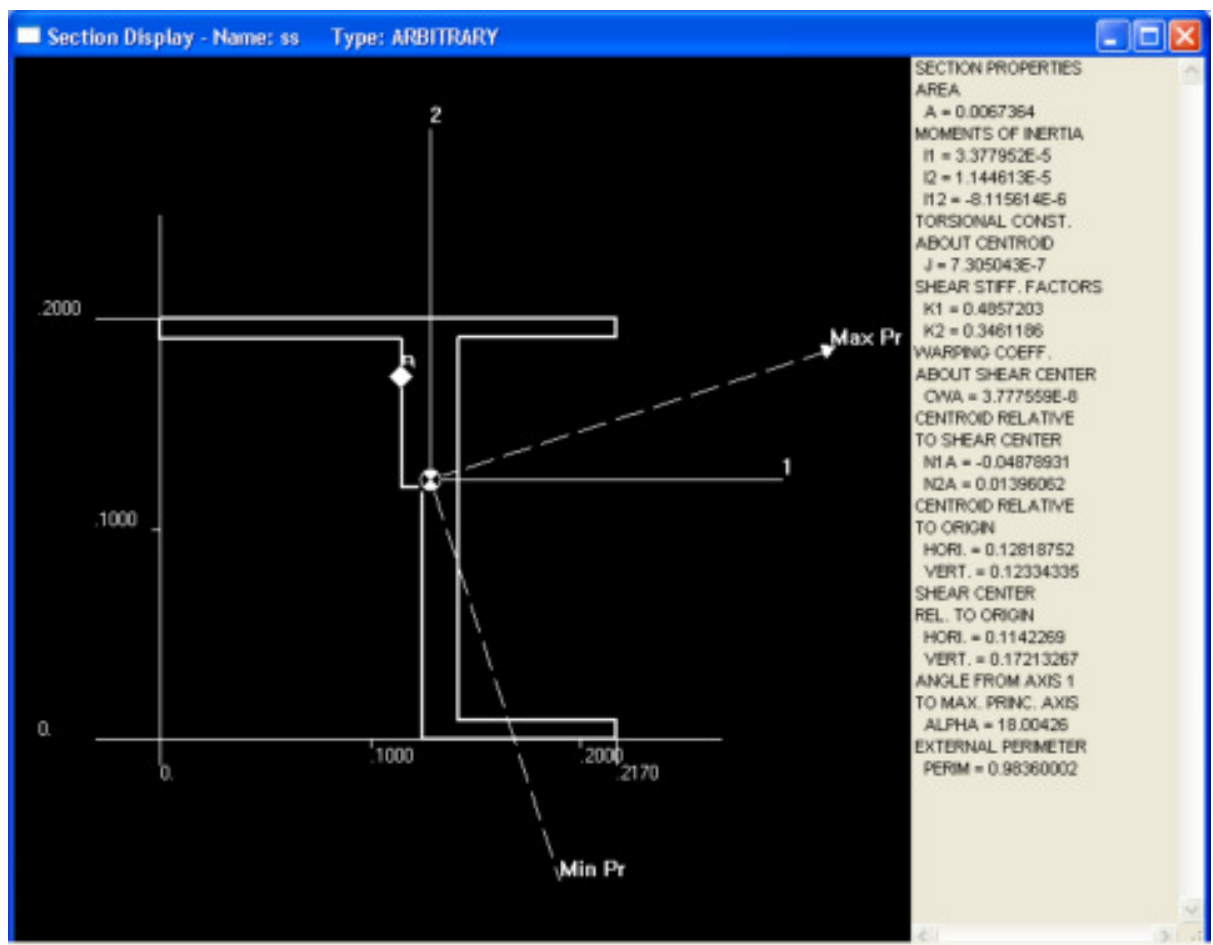


Рис.43

## СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Для заданных схем поперечных сечений брусьев необходимо:

1. Определить положение центра тяжести фигуры.
2. Найти осевые и центробежные моменты инерции относительно центральных осей фигуры.
3. Определить положение главных центральных осей в правой декартовой системе координат и главные центральные моменты инерции.
4. Вычислить главные центральные радиусы инерции и построить эллипс инерции.
5. Вычислить осевой момент инерции для произвольной оси<sup>4</sup>.
6. Определить геометрические характеристики плоской фигуры в системах **SCAD** и **MSC.Patran-Nastran 2005** и сопоставить их с вычисленными в системе **MathCAD**<sup>5</sup>.

Величины геометрических характеристик, полученные с помощью программных продуктов **SCAD** и **Patran**, использовать как проверочные для величин, вычисленных в **MathCAD**. Геометрические характеристики прокатных профилей взять в базе данных металлопроката программного продукта **SCAD**.

Работа основывается на следующих узловых вопросах теории геометрических характеристик плоских фигур (поперечных сечений бруса):

- определение координат центра тяжести плоской фигуры;
- определение моментов инерции относительно собственных (центральных) осей;
- изменение моментов инерции при переносе и повороте осей;
- определение главных осей и нахождение главных моментов инерции.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Расчетно-графическая работа выполняется на отдельных листах стандартного размера (формат А - 4), скреплённых между собой и помещённых в обложку.

Титульный лист и наружная сторона обложки оформляются согласно образцам, приведенным в приложении, с применением стандартного шрифта.

Отчет по работе должен содержать:

- полное условие задачи и исходные данные;
- схему, для которой проводилось решение;
- решение с краткими пояснениями и выделением основных этапов расчета; при выполнении этого пункта следует все расчетные формулы написать сначала в буквенном виде, затем вместо букв проставить их численные значения и записать конечный результат с указанием их размерностей;
- графическая часть работы должна быть выполнена в одном из графических редакторов (например, **CorelDRAW**<sup>6</sup>).

Работы, не оформленные в соответствии с указанными требованиями, возвращаются преподавателем без проверки.

Исправление ошибок, допущенных в тексте и рисунках при решении задачи, производится на новых листах. Запрещается вносить исправления в первоначальный текст решения и рисунки задачи, если они проверены преподавателем и в них имеются указания о наличии ошибок.

---

<sup>4</sup> Ось задается преподавателем.

<sup>5</sup> Жилкин В.А. Применение системы MathCAD при решении задач прикладной механики. Часть 1. MathCAD/. Челябинск, ЧГАУ, 2000. - 72 с.

<sup>6</sup> Жилкин В.А. CorelDRAW. Челябинск, Челябинский институт путей сообщения, 2005. - 200 с.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

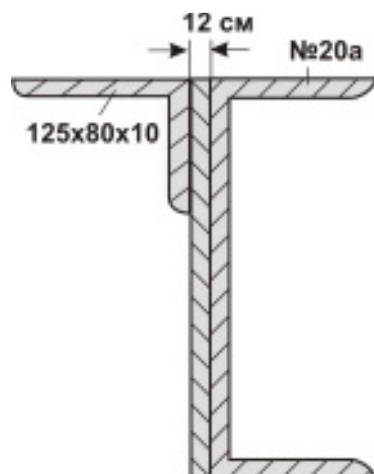


Рис.44

Пусть по условию задания требуется определить положение главных центральных осей и вычислить величины главных центральных моментов инерции сечения приведенного на *рис.44*.

### Алгоритм определения геометрических характеристик плоских сечений

1. Используя **Конструктор Сечений** проектно-вычислительного комплекса **SCAD** создаём заданное по условию задания сечение (*рис.45, а*).

2. Разбиваем заданную фигуру на три простые фигуры (Под «простой» понимают такую фигуру, для которой легко могут быть найдены все геометрические характеристики).

3. Выбираем оси координат  $y$  и  $z$ , так чтобы все сечение находилось в первой четверти системы координат  $yOz$ . В этом случае все координаты центров тяжести «простых» фигур будут положительными.

Если не все элементы фигуры находятся в первой четверти системы координат  $y$  и  $z$  (*рис.45, б*), то необходимо переместить её начало, используя команду **Начало координат** ниспадающего меню раздела **Редактирование** главного меню (*рис.46*).

Щелчок левой клавишей мыши по команде **Начало координат** приводит к появлению панели **Сдвиг начала координат** (*рис.46, б*), на которой можно задать координаты нового начала, либо совместить новое начало координат с одной из узловых точек выделенной простой фигуры (на *рис.46, б* в ниспадающем меню указаны узловые точки пластины).

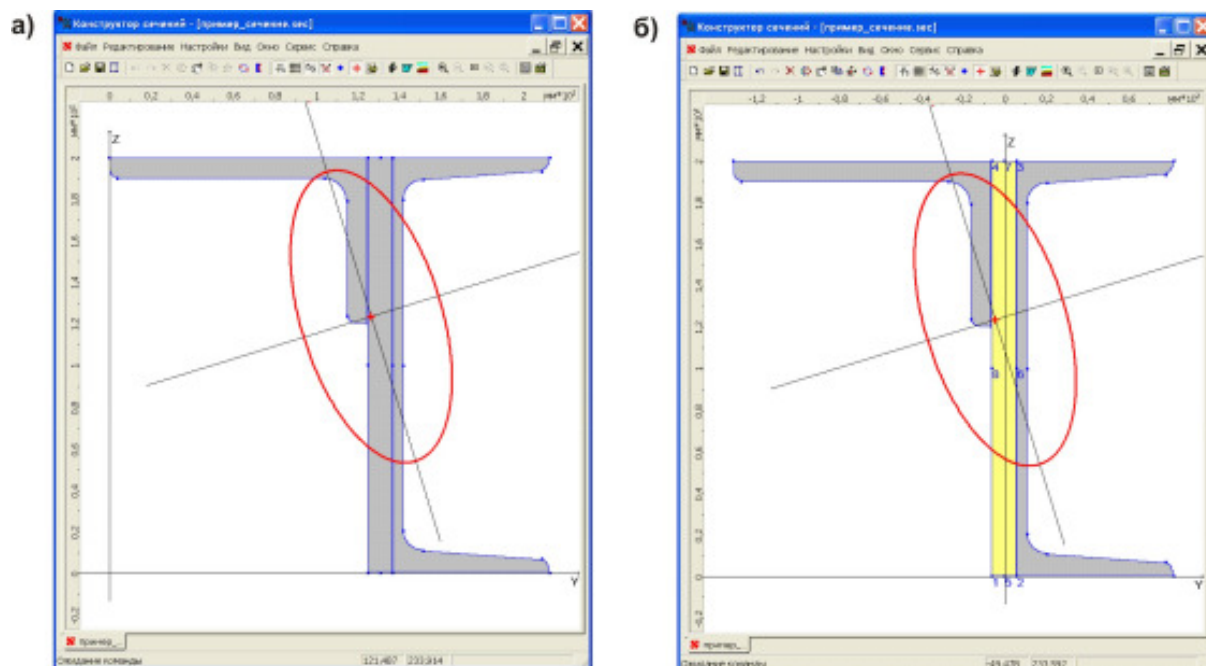


Рис.45

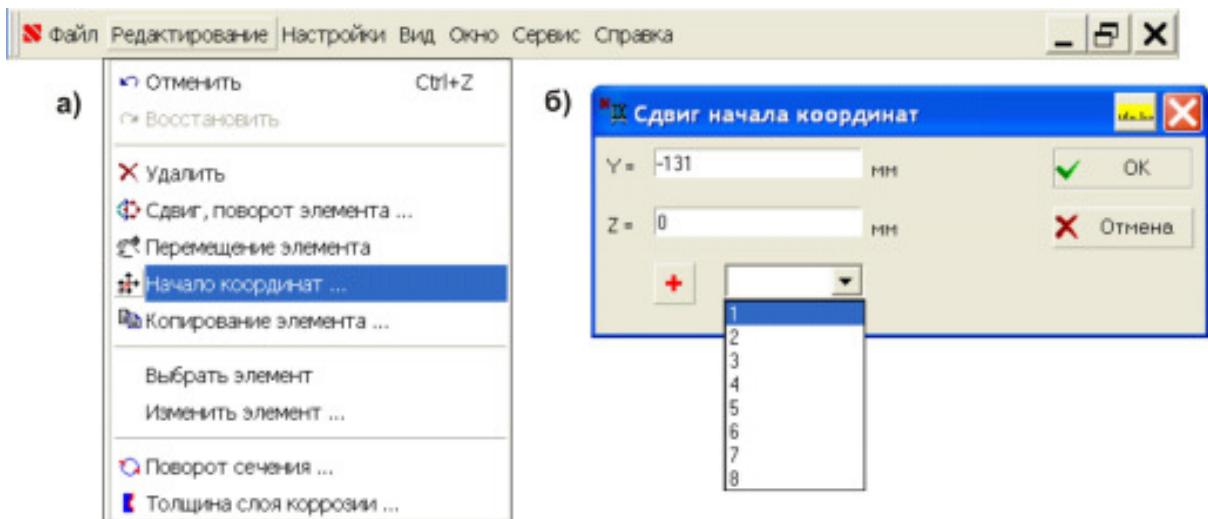


Рис.46

4. Выделяя двойным щелчком мыши каждую из простых фигур и нажимая на клавишу **Геометрические характеристики**, выписываем из одноименной появившейся панели необходимые геометрические характеристики фигур.

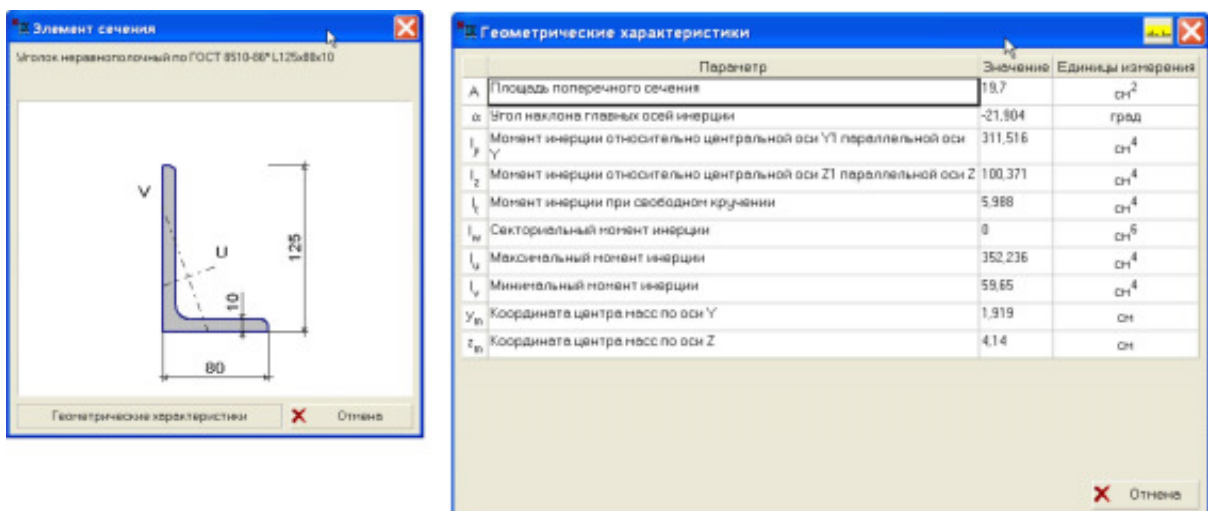


Рис.47

#### Неравнобокий уголок (рис.47).

- Площадь **19,7 см<sup>2</sup>**.
- Координаты центра тяжести:  **$x_0 = 1,919$  см;  $y_0 = 4,14$  см.**
- Величины моментов инерции относительно центральных осей:  **$J_x = 311.516$  см<sup>4</sup>;  $J_y = 100.371$  см<sup>4</sup>;  $J_v = 59,3$  см<sup>4</sup>,  $J_u = 352,236$  см<sup>4</sup>.**
- Угол наклона оси  **$u$** , относительно которой момент инерции максимален,  **$\alpha = -21,904$ .**

Для уголка необходимо предварительно вычислить центробежный момент инерции относительно собственных осей  $y_1 O_1 z_1$ , параллельных осям  $y O z$ .

Центробежный момент инерции относительно собственных осей  $y_1 O_1 z_1$  можно вычислить по формулам (8) или (13).

#### Швеллер №20а (рис.48).

- Площадь **23,4 см<sup>2</sup>**.



- Величины моментов инерции относительно центральных осей:  $J_y = 1520 \text{ см}^4$ ;  $J_z = 113 \text{ см}^4$ ;  $J_{xy} = 0$ .
- Расстояние главной оси  $z$  от внешней стенки швеллера:  $z_0 = 2,07 \text{ см}$ .

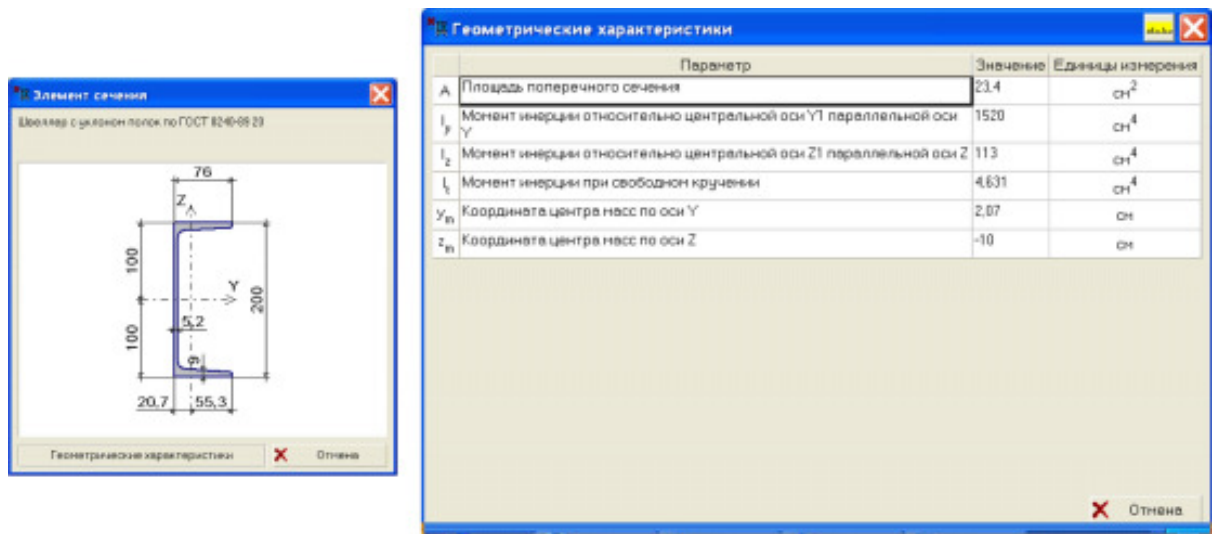


Рис.48

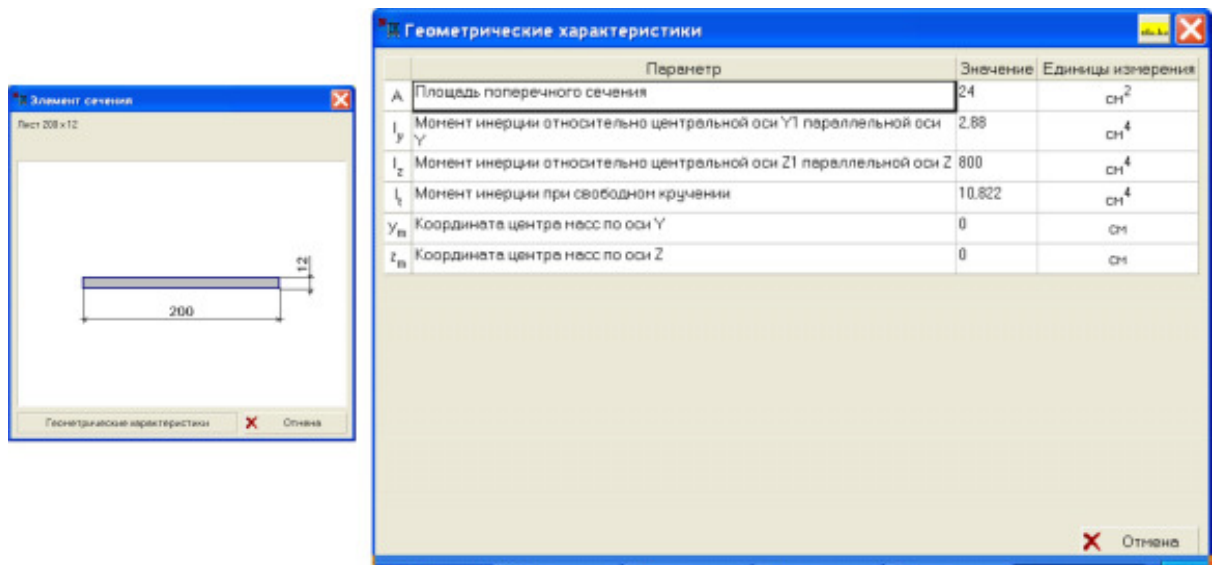


Рис.49

#### Пластина (рис.49).

- Площадь  $24 \text{ см}^2$ .
- Величины моментов инерции относительно центральных осей:  $J_y = 2,88 \text{ см}^4$ ;  $J_z = 800 \text{ см}^4$ ;  $J_{xy} = 0$ .

5. Загружаем программный продукт **MathCAD**. Все дальнейшие вычисления выполним в системе **MathCAD**.

6. В качестве исходных данных задаем характеристики простых сечений в системе координат  $yOz$  (рис.50).

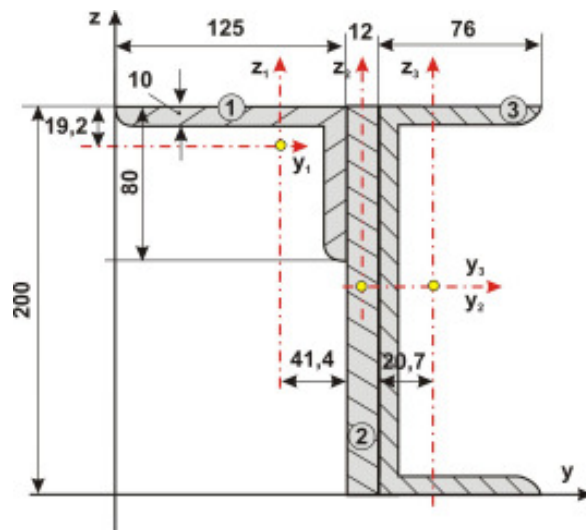
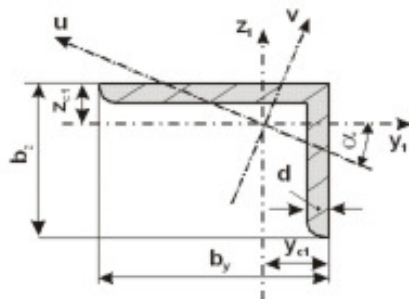


Рис.50

Дано:

Уголок



$$b_y := 12.5 \quad \text{CM}$$

$$b_z := 8 \quad \text{CM}$$

$$d := 1 \quad \text{CM}$$

$$z_{c1} := 1.919 \quad \text{CM}$$

$$y_{c1} := 4.14 \quad \text{CM}$$

Здесь  $y_{c1}$  и  $z_{c1}$  - расстояния центра тяжести уголка (первой фигуры) от его по-  
лок.

$$A_1 := 19.7 \quad J_{y1} := 100.371 \quad J_{z1} := 311.516 \quad \gamma := -21.904 \cdot \text{deg}$$

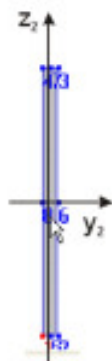
$$J_v := 352.236 \quad J_u := 59.65$$

Вычисление центробежного момента инерции относительно собственных цен-  
тральных осей  $y_1 O_1 z_1$ .

$$J_{yz1} := \frac{J_v - J_u}{2} \cdot \sin(\pi - 2\gamma) \quad J_{yz1} = -101.27 \quad (\text{формула 13})$$

$$J_{yz1} := \frac{-(J_{y1} - J_{z1})}{2} \cdot \tan(\gamma \cdot 2) \quad J_{yz1} = -101.269 \quad (\text{формула 8})$$

Пластина 12x200

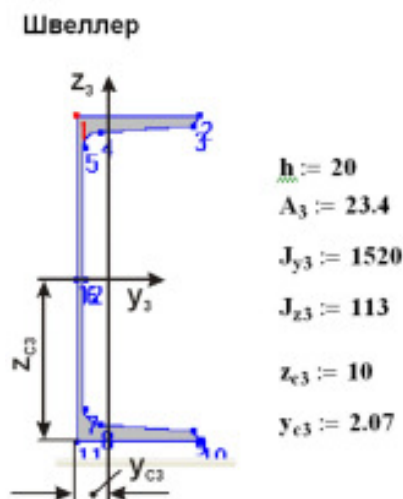


$$b_n := 1.2 \quad h := 20 \quad A_2 := b_n \cdot h \quad A_2 = 24$$

$$J_{y2} := \frac{b_n \cdot h^3}{12} \quad J_{y2} = 800 \quad J_{z2} := \frac{b_n^3 \cdot h}{12} \quad J_{z2} = 2.88$$

$$z_{c2} := 0 \quad y_{c2} := 0$$





Для определения центра тяжести фигуры создаем векторы координат центров тяжести  $y$ ,  $z$  и площадей  $F$  простых фигур.

Вычисленные координаты центра тяжести всей фигуры сопоставляем с аналогичными величинами, полученными в программном комплексе **SCAD**.

Определяем координаты центра тяжести фигуры

$$y := \begin{pmatrix} b_y - y_{c1} \\ b_y + \frac{b_d}{2} \\ b_y + b_d + y_{c3} \end{pmatrix} \quad z := \begin{pmatrix} h - z_{c1} \\ h \cdot 0.5 \\ h \cdot 0.5 \end{pmatrix} \quad F := \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{pmatrix} \quad E := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$+ \quad y_C := \frac{y \cdot F}{E \cdot F} \quad y_C = 12.639 \quad z_C := \frac{z \cdot F}{E \cdot F} \quad z_C = 12.373$$

$y_m$	Координата центра масс по оси Y	12.64	CM
$z_m$	Координата центра масс по оси Z	12.372	CM

Изображаем на чертеже центр тяжести фигуры (точку  $C$ ) и проводим через него центральные оси  $y_C$  и  $z_C$  (рис.51). Для проверки найденного центра тяжести следует иметь в виду, что центр тяжести всей фигуры должен лежать внутри многоугольника (в данном случае треугольника), образованного центрами тяжести отдельных частей фигуры (рис.51).

Моменты инерции простых фигур относительно центральных осей  $y_C$  и  $z_C$  определяем по формулам (3) и (4). Для всего сечения эти формулы имеют вид

$$J_{y_C} = \sum_i (J_{yi} + a_i^2 F_i); \quad J_{z_C} = \sum_i (J_{zi} + b_i^2 F_i); \quad J_{y_C z_C} = \sum_i (J_{yzi} + a_i b_i F_i).$$

Прежде чем воспользоваться этими формулами, определим расстояния  $b_i = y_i - y_C$  и  $a_i = z_i - z_C$  между осями  $y_C$  и  $y_i$  и между  $z_C$  и  $z_i$ .

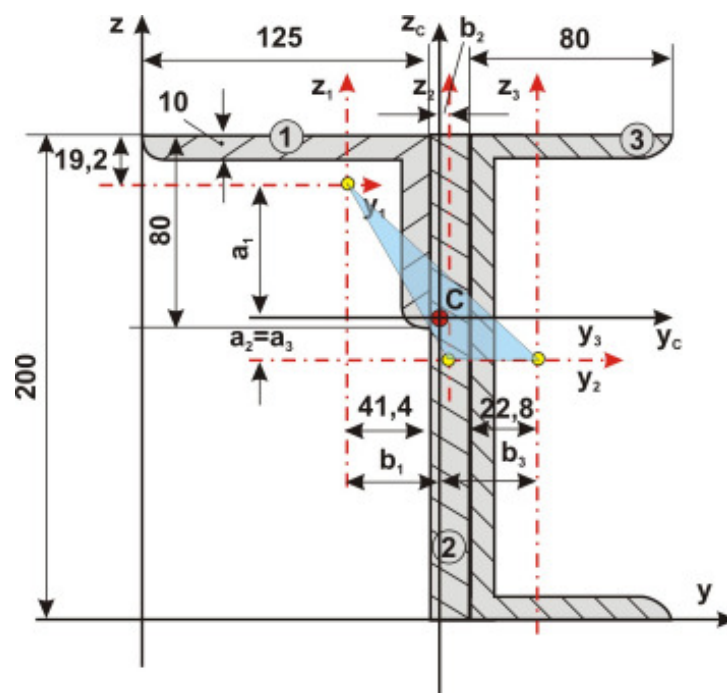


Рис.51

Определение моментов инерции сечения относительно центральных осей

$$i := 0 \dots 2 \quad b_i := y_i - y_c \quad a_i := z_i - z_c \quad a = \begin{pmatrix} 5.708 \\ -2.373 \\ -2.373 \end{pmatrix} \quad b = \begin{pmatrix} -4.279 \\ 0.461 \\ 3.131 \end{pmatrix}$$

$$J_y := \begin{pmatrix} J_{y1} \\ J_{y2} \\ J_{y3} \end{pmatrix} \quad J_y = \begin{pmatrix} 100.371 \\ 800 \\ 1.52 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad J_z := \begin{pmatrix} J_{z1} \\ J_{z2} \\ J_{z3} \end{pmatrix} \quad J_z = \begin{pmatrix} 311.516 \\ 2.88 \\ 113 \end{pmatrix}$$

$$J_{yz} := \begin{pmatrix} J_{yz1} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad J_{yz} = \begin{pmatrix} -101.269 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} 19.7 \\ 24 \\ 23.4 \end{pmatrix} \quad +$$

$$J_{yc} := \sum_{i=0}^2 \left[ J_{yi} + (a_i)^2 \cdot F_i \right] \quad J_{yc} = 3.329 \times 10^3$$

$$J_{zc} := \sum_{i=0}^2 \left[ J_{zi} + (b_i)^2 \cdot F_i \right] \quad J_{zc} = 1.023 \times 10^3$$

$$J_{yzc} := \sum_{i=0}^2 \left[ J_{yzi} + (a_i \cdot b_i) \cdot F_i \right] \quad J_{yzc} = -782.546$$

$I_y$	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	3329,029	cm <sup>4</sup>
$I_z$	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	1022,58	cm <sup>4</sup>

### Определяем главные моменты инерции сечения

$$J_{\max} := \frac{J_{yc} + J_{zc}}{2} + \sqrt{\left(\frac{J_{yc} - J_{zc}}{2}\right)^2 + J_{yzc}^2} \quad J_{\max} = 3.57 \times 10^3 \quad J_u := J_{\max}$$

$$J_{\min} := \frac{J_{yc} + J_{zc}}{2} - \sqrt{\left(\frac{J_{yc} - J_{zc}}{2}\right)^2 + J_{yzc}^2} \quad J_{\min} = 782.161 \quad J_v := J_{\min}$$

$I_u$	Максимальный момент инерции	3569,444	CM <sup>4</sup>
$I_v$	Минимальный момент инерции	782,165	CM <sup>4</sup>

$$\alpha := \frac{\operatorname{atan}\left(\frac{-2 \cdot J_{yzc}}{J_{yc} - J_{zc}}\right)}{2} \quad \frac{\alpha}{\deg} = 17.079 \quad \alpha_2 := -\operatorname{atan}\left(\frac{J_{yzc}}{J_{zc} - J_{\min}}\right)$$

$$\alpha_1 := -\operatorname{atan}\left(\frac{J_{yc} - J_{\max}}{J_{yzc}}\right) \quad \frac{\alpha_1}{\deg} = -17.079 \quad \frac{\alpha_2}{\deg} = 72.921$$

$\alpha$	Угол наклона главных осей инерции	17,079	град
----------	-----------------------------------	--------	------

$$J_{yc} + J_{zc} = 4.352 \times 10^3 \quad J_{\max} + J_{\min} = 4.352 \times 10^3$$

Угол  $\alpha$  отсчитывается от оси  $y_c$  в направлении против хода часовой стрелки, а угол  $\alpha_1$  отсчитывается от главной оси  $v$  в направлении по ходу часовой стрелки, поэтому знаки у величин этих углов разные.

Для построения эллипса инерции воспользуемся формулами (20), (23) и (24). Координаты главных осей обозначим  $U$  и  $V$ .

### Построение эллипса инерции сечения

$$\phi := 0, 0.2 \dots 6.28$$

$$i_u := \sqrt{\frac{J_u}{F \cdot E}} \quad i_v := \sqrt{\frac{J_v}{F \cdot E}} \quad i_u = 7.294 \quad i_v = 3.414$$

$i_u$	Максимальный радиус инерции	7,294	CM
$i_v$	Минимальный радиус инерции	3,414	CM

Выражения для координат эллипса инерции в осях  $xoy$

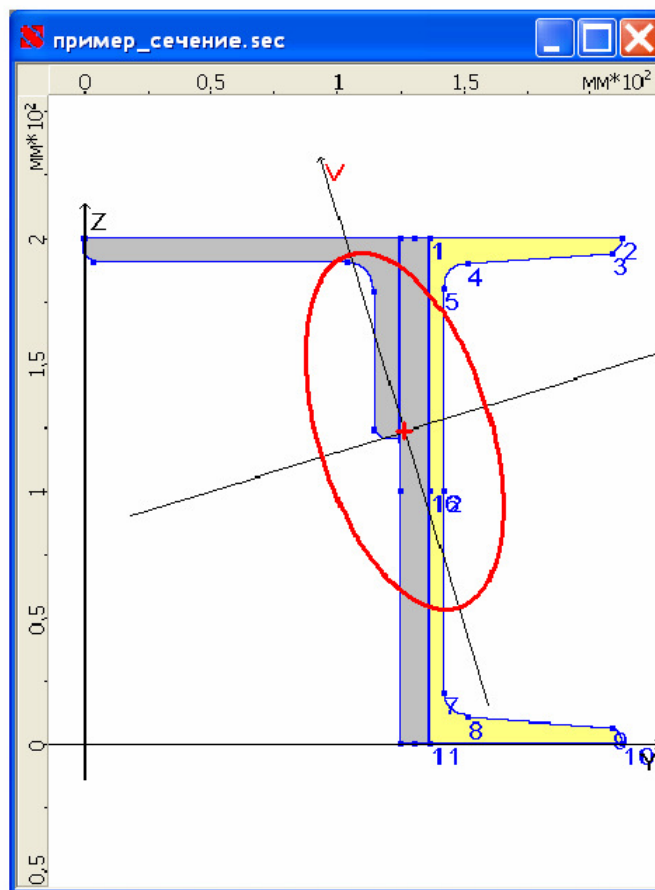
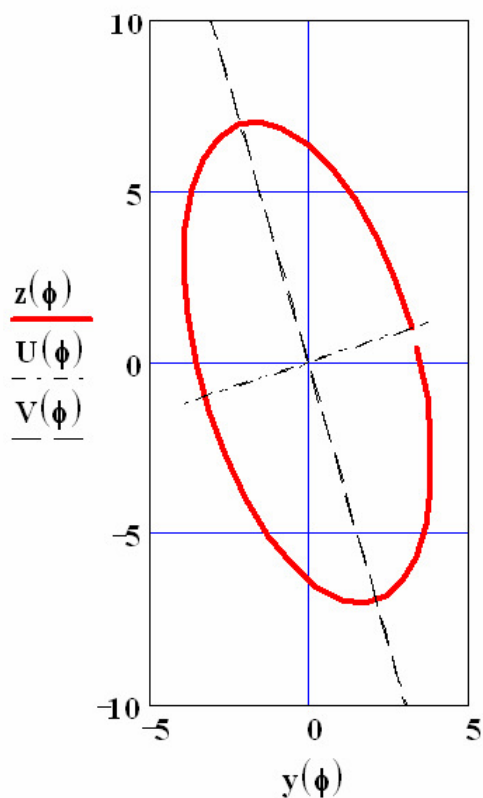
$$y(\phi) := i_v \cdot \cos(\phi) \cos(\alpha) - i_u \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\alpha)$$

$$z(\phi) := i_u \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\alpha) + i_v \cdot \cos(\phi) \sin(\alpha)$$

Выражения для координат осей  $u$  и  $v$

$$U(\phi) := y(\phi) \cdot \tan(\alpha) \quad +$$

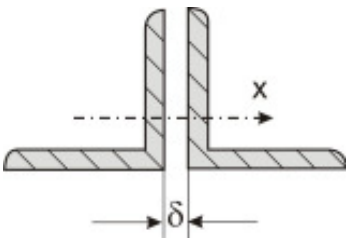
$$V(\phi) := y(\phi) \cdot \tan\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right)$$

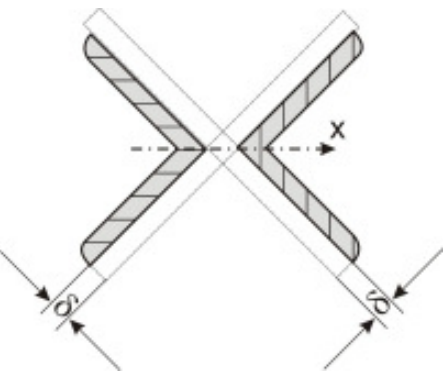
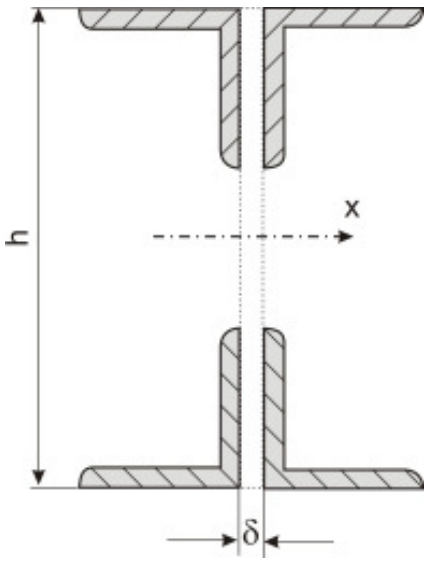
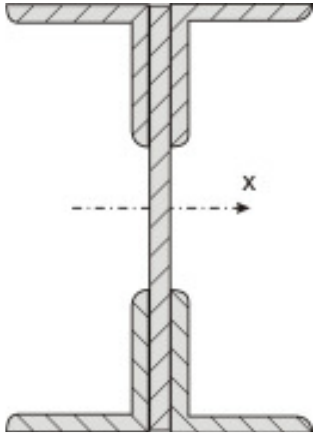
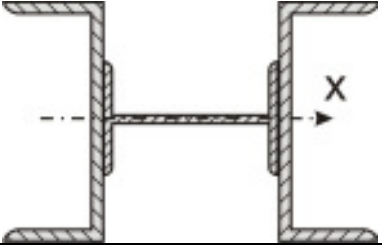


## Варианты заданий

Геометрические характеристики прокатных профилей, приведенных в таблицах 1, 2, берутся из ГОСТов, помещенных в сборнике задач по сопротивлению материалов (под редакцией В.К. Качурина). М.: Наука, 1970. – 432 с., или в приложении к данному пособию. Геометрические характеристики прокатных профилей, приведенных в других таблицах, берутся из ГОСТов, указанных у конкретного поперечного сечения, которые можно найти в каталогах металлопроката системы SCAD или в приложении к данному пособию.

Таблица 1

Номер схемы	Схема сечения	Состав сечения (размеры в мм)	
		Вариант а)	Вариант б)
1		2 уголка $100 \times 100 \times 10$ ; $\delta = 10$	2 уголка $80 \times 80 \times 8$ ; $\delta = 8$

Номер схемы	Схема сечения	Состав сечения (размеры в мм)	
		Вариант а)	Вариант б)
2		2 уголка $80 \times 80 \times 8$ ; $\delta = 8$	2 уголка $100 \times 100 \times 10$ ; $\delta = 10$
3		4 уголка $125 \times 125 \times 10$ $\delta = 10$ $h = 400$	4 уголка $100 \times 100 \times 10$ $\delta = 8$ $h = 300$
4		4 уголка $140 \times 90 \times 10$ Лист $12 \times 240$	4 уголка $110 \times 70 \times 8$ Лист $10 \times 200$
5		2 швеллера $\text{№}36$ Двутавр $\text{№}14$	2 швеллера $\text{№}30$ Двутавр $\text{№}14$

Номер схемы	Схема сечения	Состав сечения (размеры в мм)	
		Вариант а)	Вариант б)
6		2 швеллера <b>№22</b> 2 листа <b>280 × 10</b> <b>c = 100</b>	2 швеллера <b>№16</b> 2 листа <b>250 × 8</b> <b>c = 100</b>
7		2 швеллера <b>№36</b> 2 листа <b>240 × 12</b> <b>c = 100</b>	2 швеллера <b>№22</b> 2 листа <b>280 × 10</b>
8		2 двутавра <b>№14</b> 2 листа <b>№14</b> <b>240 × 8</b> <b>c = 120</b>	2 двутавра <b>№30</b> 2 листа <b>300 × 12</b> <b>c = 150</b>
9		4 уголка <b>50 × 50 × 5</b> 2 листа <b>200 × 6</b> <b>c = 130</b>	4 уголка <b>90 × 90 × 8</b> 2 листа <b>220 × 8</b> <b>c = 160</b>
10		4 уголка <b>70 × 70 × 7</b> 4 листа <b>200 × 6</b>	4 уголка <b>100 × 100 × 10</b> 4 листа <b>300 × 10</b>



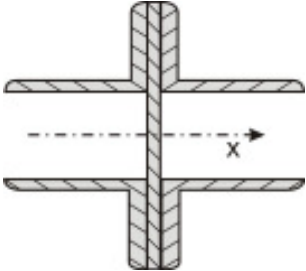
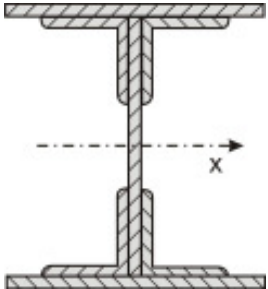
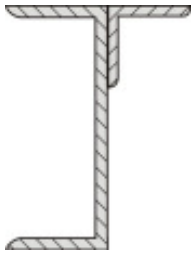
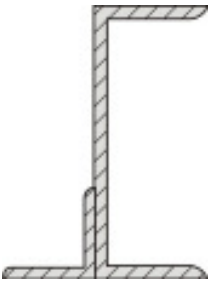
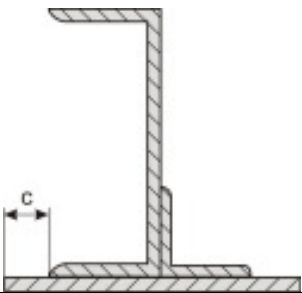
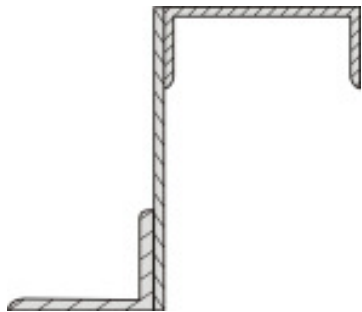
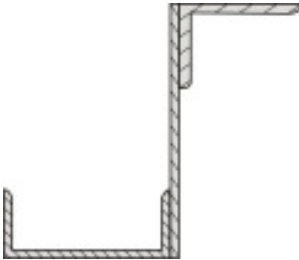
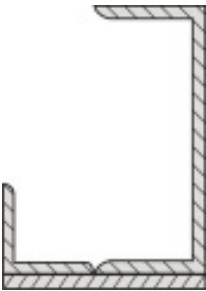
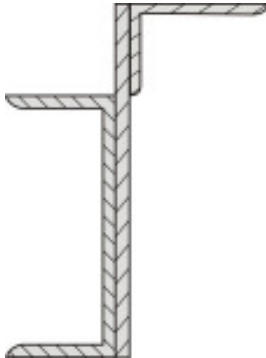
Номер схемы	Схема сечения	Состав сечения (размеры в мм)	
		Вариант а)	Вариант б)
11		4 уголка <b><math>140 \times 90 \times 10</math></b> лист <b><math>240 \times 10</math></b>	4 уголка <b><math>160 \times 100 \times 12</math></b> листа <b><math>300 \times 12</math></b>
12		4 уголка <b><math>80 \times 80 \times 8</math></b> 2 полки <b><math>180 \times 10</math></b> стенка <b><math>600 \times 10</math></b>	4 уголка <b><math>100 \times 100 \times 10</math></b> 2 полки <b><math>240 \times 10</math></b> стенка <b><math>900 \times 10</math></b>


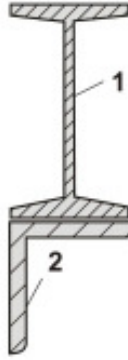
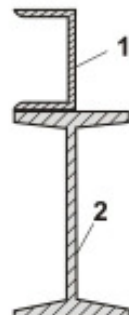
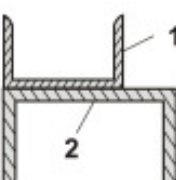
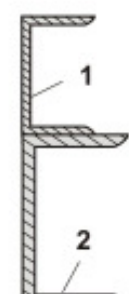
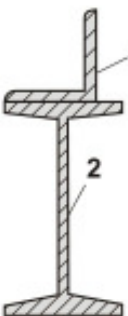
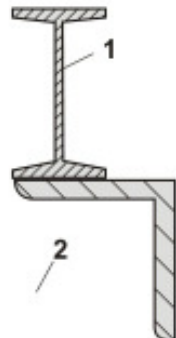
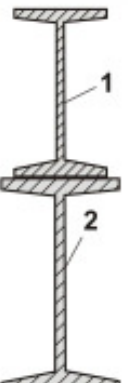
Таблица 2

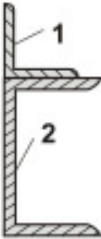

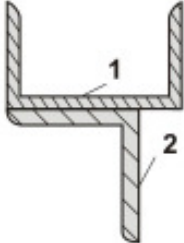
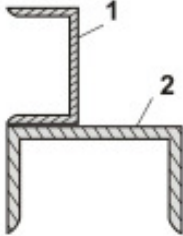
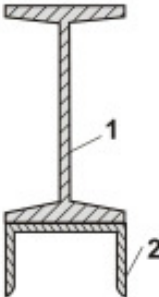
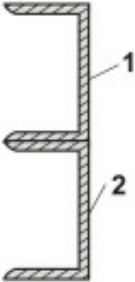

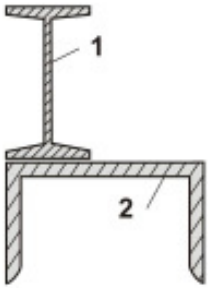
№ схемы	Схема сечения	Состав сечения (размеры в мм)	
		Вариант а)	Вариант б)
1		Швеллер <b>№18</b> уголок <b><math>80 \times 80 \times 8</math></b>	Швеллер <b>№24</b> уголок <b><math>125 \times 125 \times 12</math></b>
2		Швеллер <b>№18a</b> уголок <b><math>90 \times 90 \times 8</math></b>	Швеллер <b>№24</b> уголок <b><math>100 \times 100 \times 10</math></b>
3		Швеллер <b>№20</b> уголок <b><math>100 \times 100 \times 10</math></b> лист <b><math>200 \times 10</math></b> <b><math>c = 12</math></b>	Швеллер <b>№30</b> уголок <b><math>140 \times 140 \times 12</math></b> лист <b><math>260 \times 12</math></b> <b><math>c = 10</math></b>

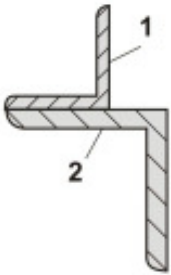
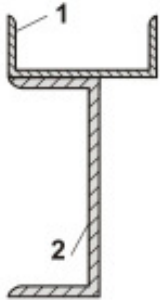

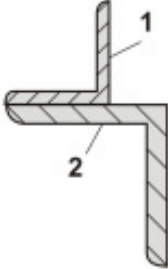
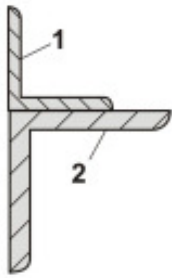

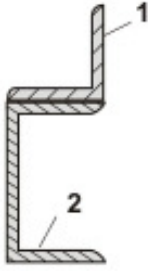
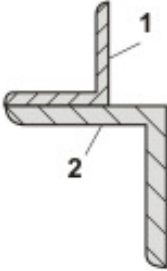
№ схемы	Схема сечения	Состав сечения (размеры в мм)	
		Вариант а)	Вариант б)
4		Швеллер <b>№14</b> уголок <b>125 × 80 × 10</b> лист <b>240 × 10</b>	Швеллер <b>№16</b> уголок <b>160 × 100 × 12</b> лист <b>240 × 10</b>
5		Швеллер <b>№20</b> уголок <b>80 × 80 × 8</b> лист <b>180 × 10</b>	Швеллер <b>№14</b> уголок <b>110 × 110 × 8</b> лист <b>180 × 10</b>
6		Швеллер <b>№30</b> уголок <b>100 × 100 × 10</b> лист <b>200 × 10</b>	Швеллер <b>№24</b> уголок <b>110 × 110 × 8</b> лист <b>240 × 10</b>
7		Швеллер <b>№16</b> уголок <b>125 × 80 × 10</b> лист <b>240 × 10</b>	Швеллер <b>№20</b> уголок <b>125 × 80 × 12</b> лист <b>300 × 12</b>
8		Швеллер <b>№16</b> уголок <b>140 × 140 × 10</b> лист <b>240 × 10</b>	Швеллер <b>№14</b> уголок <b>125 × 125 × 10</b> лист <b>240 × 10</b>

№ схемы	Схема сечения	Состав сечения (размеры в мм)	
		Вариант а)	Вариант б)
9		Лист <b><math>240 \times 10</math></b> уголки <b><math>100 \times 100 \times 10</math></b> <b><math>160 \times 100 \times 10</math></b>	Лист <b><math>240 \times 10</math></b> уголки <b><math>90 \times 90 \times 8</math></b> <b><math>180 \times 110 \times 10</math></b>
10		Лист <b><math>300 \times 12</math></b> уголки <b><math>140 \times 140 \times 12</math></b>	Лист <b><math>400 \times 12</math></b> уголки <b><math>160 \times 160 \times 12</math></b>
11		Лист <b><math>300 \times 12</math></b> уголки <b><math>140 \times 140 \times 12</math></b> и 2 <b><math>90 \times 90 \times 9</math></b>	Лист <b><math>300 \times 12</math></b> уголки <b><math>160 \times 160 \times 12</math></b> и 2 <b><math>110 \times 110 \times 8</math></b>
12		Лист <b><math>240 \times 10</math></b> уголок <b><math>160 \times 100 \times 10</math></b> и 2 швеллера <b>№12</b>	Лист <b><math>360 \times 10</math></b> уголок <b><math>160 \times 100 \times 12</math></b> и 2 швеллера <b>№16</b>

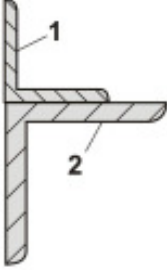
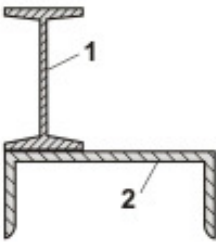
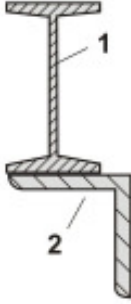
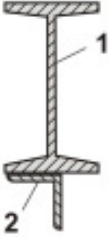



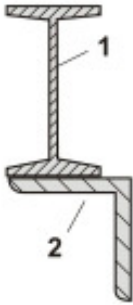
Таблица 3

	<p style="text-align: center;"><b>1</b></p> <p>1 - швеллер 10 ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - двутавр 14 ГОСТ 8239 -89</p>		<p style="text-align: center;"><b>2</b></p> <p>1 - двутавр 22 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - уголок 12.5 d=10 мм ГОСТ 8509-89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> <p>1 - швеллер 5 ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - двутавр 24 ГОСТ 8239 -89</p>		<p style="text-align: center;"><b>4</b></p> <p>1 - швеллер 22 ГОСТ 8240-89</p> <p>1 - швеллер 22 ГОСТ 8240-89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>5</b></p> <p>1 - швеллер 22 ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - швеллер 30 ГОСТ 8240-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>6</b></p> <p>1 - уголок 12.5 d=10 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>1 - двутавр 33 ГОСТ 8239 -89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>7</b></p> <p>1 - двутавр 10 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - уголок 10 d=8 мм ГОСТ 8509-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>8</b></p> <p>1 - двутавр 22 ГОСТ 8239 -89</p> <p>1 - двутавр 24 ГОСТ 8239 -89</p>

	<p style="text-align: center;"><b>9</b></p> <p>1 - уголок 9 d=7 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - швеллер 24 ГОСТ 8240-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>10</b></p> <p>1 - двутавр 18 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - швеллер 10 ГОСТ 8240-89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>11</b></p> <p>1 - швеллер 16а ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - уголок 14 d=9 мм ГОСТ 8509-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>12</b></p> <p>1 - швеллер 12 ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - швеллер 16а ГОСТ 8240-89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>13</b></p> <p>1 - двутавр 20 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - швеллер 10 ГОСТ 8240-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>14</b></p> <p>1 - швеллер 18 ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - швеллер 18а ГОСТ 8240-89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>15</b></p> <p>1 - двутавр 18 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - швеллер 18 ГОСТ 8240-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>16</b></p> <p>1 - двутавр 16 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - швеллер 30 ГОСТ 8240-89</p>

	<p><b>17</b></p> <p>1 - уголок 10 d=8 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - уголок 16 d=12 мм ГОСТ 8509-89</p>		<p><b>18</b></p> <p>1 - швеллер 8 ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - швеллер 10 ГОСТ 8240-89</p>
	<p><b>19</b></p> <p>1 - двутавр 14 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - швеллер 20 ГОСТ 8240-89</p>		<p><b>20</b></p> <p>1 - уголок 12.5 d=10 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - уголок 16 d=12 мм ГОСТ 8509-89</p>
	<p><b>21</b></p> <p>1 - уголок 12.5 d=10 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - уголок 16 d=12 мм ГОСТ 8509-89</p>		<p><b>22</b></p> <p>1 - уголок 9 d=7 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - двутавр 33 ГОСТ 8239 -89</p>
	<p><b>23</b></p> <p>1 - уголок 10 d=8 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - швеллер 27 ГОСТ 8240-89</p>		<p><b>24</b></p> <p>1 - уголок 8 d=6 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - уголок 10 d=8 мм ГОСТ 8509-89</p>



	<p style="text-align: center;"><b>25</b></p> <p>1 - уголок 5 d=3 мм ГОСТ 8509-89</p> <p>2 - уголок 6.3 d=4 мм ГОСТ 8509-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>26</b></p> <p>1 - двутавр 16 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - швеллер 33 ГОСТ 8240-89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>27</b></p> <p>1 - двутавр 24 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - уголок 14 d=9 мм ГОСТ 8509-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>28</b></p> <p>1 - двутавр 27 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - уголок 6.3 d=4 мм ГОСТ 8509-89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>29</b></p> <p>1 - двутавр 30 ГОСТ 8239 -89</p> <p>1 - двутавр 40 ГОСТ 8239 -89</p>		<p style="text-align: center;"><b>30</b></p> <p>1 - швеллер 5 ГОСТ 8240-89</p> <p>2 - двутавр 30 ГОСТ 8239 -89</p>
	<p style="text-align: center;"><b>31</b></p> <p>1 - двутавр 30 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - швеллер 18 ГОСТ 8240-89</p>		<p style="text-align: center;"><b>32</b></p> <p>1 - двутавр 10 ГОСТ 8239 -89</p> <p>2 - уголок 9 d=7 мм ГОСТ 8509-89</p>

## **Сортамент прокатной стали**



# ПРИЛОЖЕНИЯ

СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ 8239—56\*, 8240—56\*, 8509—57, 8510—57, ДЕЙСТВУЮЩИМ НА 1 ИЮЛЯ 1963 г.

Таблица 1 Двутавры

№ про- филь	Вес 1 пог. м кг	Размеры, мм				Площадь сечения, см²	Справочные величины для оси						
		h	b	d	t		х—х				у—у		
							J <sub>x</sub> см⁴	W <sub>x</sub> см³	i <sub>x</sub> см	S <sub>x</sub> см²	J <sub>y</sub> см⁴	W <sub>y</sub> см³	i <sub>y</sub> см
10	9,46	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	14,7	330	58,4	4,28	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,73
18	18,4	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18 <sub>1</sub>	19,9	180	100	5,1	8,3	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	21,0	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20 <sub>a</sub>	22,7	200	110	5,2	8,6	28,9	2030	203	8,37	114	155	29,2	2,72
22	24,0	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27

Таблица 1 (продолжение)

№ про- филь	Вес 1 пог. м, кг	Размеры, мм				Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для оси						
		h	b	d	t		X—X				Y—Y		
							J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>
							см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см <sup>3</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см
22а	25,8	220	120	5,4	8,9	32,8	2790	234	9,22	143	206	34,3	2,50
24	27,3	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	153	198	34,5	2,37
24а	29,4	240	125	5,6	9,8	37,5	3660	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	31,5	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27а	33,0	270	135	6,0	10,2	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	36,5	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,0	2,69
30а	39,2	300	145	6,5	10,7	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	48,6	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	510	71,1	2,89
40	56,1	400	155	8,0	13,0	71,4	18930	947	16,3	540	656	85,0	3,05
45	65,2	450	160	8,6	14,2	83,0	27450	1220	18,2	699	807	101	3,19
50	76,8	500	170	9,5	15,2	97,8	39290	1570	20,0	905	1040	122	3,26
55	89,8	550	180	10,3	16,5	114	55150	2030	22,0	1150	1350	150	3,44
60	104	600	190	11,1	17,8	132	75450	2510	23,9	1430	1720	181	3,60
65	120	650	200	12,0	19,2	153	101400	3120	25,8	1800	2170	217	3,77
70	138	700	210	13,0	20,8	178	134600	3840	27,7	2230	2730	260	3,94
70а	158	700	210	15,0	24,0	202	152700	4360	27,5	2540	3240	300	4,01
70б	164	700	210	17,5	28,2	234	175370	5010	27,4	2940	3910	373	4,09

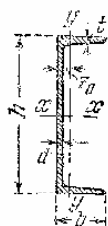


Таблица 2 Швеллеры

№ про- филя	Вес 1 пог. м кг	Размеры, мм				Пло- щадь сече- ния см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей								Z <sub>0</sub>
		h	b	d	t		X—X				Y—Y				
							J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16	
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24	
8	7,05	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31	
10	8,59	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44	
12	10,4	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54	
14	12,3	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67	
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87	
16	14,2	160	64	5,0	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80	
16a	15,3	160	68	5,0	9,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00	
18	16,3	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94	
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13	
20	18,4	200	76	5,2	9,0	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07	
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28	
22	21,0	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21	
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	28,8	2330	212	8,99	121	187	30,0	2,55	2,46	
24	24,0	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42	
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67	
27	27,7	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	270	37,3	2,73	2,47	
30	31,8	300	100	6,5	11,0	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52	
33	36,5	330	105	7,0	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59	
36	41,9	360	110	7,5	12,6	53,4	10 820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68	
40	48,3	400	115	8,0	13,5	61,5	15 220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75	

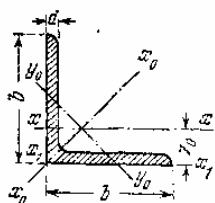


Таблица 3. Уголки равнобокие

№ про- филя	Размеры, мм		Площадь профиля	Вес 1 пог. м	Справочные величины для осей							
	D	d			x — x		y <sub>0</sub> — y <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> — y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> — x <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>
					J <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	J <sub>y0</sub> макс	I <sub>y0</sub> макс	J <sub>y0</sub> мин	I <sub>y0</sub> мин	J <sub>x1</sub>	
2	20	3 4	1,13 1,46	0,89 1,15	0,40 0,50	0,59 0,58	0,63 0,78	0,75 0,73	0,17 0,22	0,39 0,38	0,81 1,09	0,60 0,64
2,5	25	3 4	1,43 1,86	1,12 1,46	0,81 1,03	0,75 0,74	1,29 1,62	0,95 0,93	0,34 0,44	0,49 0,48	1,57 2,11	0,73 0,76
2,8	28	3	1,62	1,27	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	2,20	0,80
3,2	32	3 4	1,86 2,43	1,46 1,91	1,77 2,26	0,97 0,96	2,80 3,58	1,23 1,21	0,74 0,94	0,63 0,62	3,26 4,39	0,89 0,94
3,6	36	3 4	2,10 2,75	1,65 2,16	2,56 3,29	1,10 1,09	4,06 5,21	1,39 1,38	1,06 1,36	0,71 0,70	4,64 6,24	0,99 1,04

Таблица 3 (продолжение)

№ про- филей	Размеры, мм		Площадь профиля	Вес 1 пог. м	Справочные величины для осей							
	b	d			x-x		x <sub>0</sub> -x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>
					J <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> макс	I <sub>x0</sub> макс	J <sub>y0</sub> мин	I <sub>y0</sub> мин	J <sub>x1</sub>	
4	40	3	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,53	1,13
4,5	45	3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	12,1	1,26
		5	4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30
5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5	4,80	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42
5,6	56	3,5	3,86	3,03	11,6	1,73	18,4	2,18	4,80	1,12	20,3	1,50
		4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5	5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	4	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6	7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50,0	1,78
7	70	4,5	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		5	6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6	8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7	9,42	7,39	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
		8	10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02

Таблица 3 (продолжение)

№ про- филей	Размеры, мм		Площадь профиля	Вес 1 пог. м	Справочные величины для осей							
	b	a			x-x		x <sub>0</sub> -x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>
					J <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> макс	I <sub>x0</sub> макс	J <sub>y0</sub> мин	I <sub>y0</sub> мин	J <sub>x1</sub>	
					см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	
7,5	75	5	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
		6	8,78	6,89	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
		7	10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
		8	11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113	2,15
		9	12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18
8	80	5,5	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6	9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19
		7	10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23
		8	12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27
9	90	6	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43
		7	12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47
		8	13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51
		9	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55
10	100	6,5	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68
		7	13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71
		8	15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75
		10	19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83
		12	22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91
		14	26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99
		16	29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06

Таблица 3 (продолжение)

№ про- филей	Размеры, мм		Площадь профиля	Вес 1 пог. м	Справочные величины для осей							
	b	a			x-x		x <sub>0</sub> -x <sub>1</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>2</sub>		x <sub>1</sub> -x <sub>2</sub>	Z <sub>0</sub>
					J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> макс	i <sub>x0</sub> макс	J <sub>y0</sub> мин	i <sub>y0</sub> мин	J <sub>x1</sub>	
					см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	
11	110	7	15,2	11,9	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96
		8	17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00
12,5	125	8	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36
		9	22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40
		10	24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45
		12	28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53
		14	33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61
		16	37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68
14	140	9	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78
		10	27,3	21,5	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82
		12	32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,90
16	160	10	31,4	24,7	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30
		11	34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35
		12	37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39
		14	43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47
		16	49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55
		18	54,8	43,0	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63
		20	60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,70

Таблица 3 (продолжение)

№ про- филей	Размеры, мм		Площадь профиля	Вес 1 пог. м	Справочные величины для осей							
	b	a			x—x		x <sub>0</sub> —x <sub>2</sub>		y <sub>0</sub> —y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> —x <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>
					J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> макс	i <sub>x0</sub> макс	J <sub>y0</sub> мин	i <sub>y0</sub> мин	J <sub>x1</sub>	
18	180	11 12	38,8 42,2	30,5 33,1	1216 1317	5,60 5,59	1933 2093	7,06 7,04	500 540	3,59 3,58	2128 2324	4,85 4,89
20	200	12	47,1	37,0	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37
		13	50,9	39,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42
		14	54,6	42,8	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46
		16	62,0	48,7	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54
		20	76,5	60,1	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,70
		25	94,3	74,0	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89
30	111,5	87,6	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07		
22	220	14	60,4	47,4	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	4941	5,93
		16	68,6	53,8	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02
25	250	16	78,4	61,5	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75
		18	87,7	68,9	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83
		20	97,0	76,1	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91
		22	106,1	83,3	6270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	11464	7,00
		25	119,7	94,0	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11
		28	133,1	104,5	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23
		30	142,0	111,4	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15753	7,31



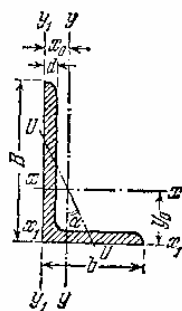


Таблица 4. Уголки неравнобокие

№ про- филь	Размеры, мм			Пло- щадь про- филя	Вес 1 пог.м	Справочные величины для осей										
	B	b	a			X—X		Y—Y		X <sub>1</sub> —X <sub>1</sub>		Y <sub>1</sub> —Y <sub>1</sub>		U—U		
						J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	J <sub>x1</sub>	Расстояние от центра тяжести Y <sub>0</sub>	J <sub>y1</sub>	Расстояние от центра тяжести X <sub>0</sub>	J <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	Угол накло- на оси lg α
см <sup>4</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см			
2,5/1,6	25	16	3	1,16	0,91	0,70	0,78	0,22	0,44	1,56	0,86	0,43	0,42	0,13	0,34	0,392
3,2/2	32	20	3	1,49	1,17	1,52	1,01	0,46	0,55	3,26	1,08	0,82	0,49	0,28	0,43	0,382
			4	1,94	1,52	1,93	1,00	0,57	0,54	4,38	1,12	1,12	0,53	0,35	0,43	0,374
4/2,5	40	25	3	1,89	1,48	3,06	1,27	0,93	0,70	6,37	1,32	1,58	0,59	0,56	0,54	0,385
			4	2,47	1,94	3,93	1,26	1,18	0,69	8,53	1,37	2,15	0,63	0,71	0,54	0,381
4,5/2,8	45	28	3	2,14	1,68	4,41	1,43	1,32	0,79	9,02	1,47	2,20	0,61	0,79	0,61	0,382
			4	2,80	2,20	5,68	1,42	1,69	0,78	12,1	1,51	2,98	0,63	1,02	0,60	0,379

Таблица 4 (продолжение)

№ про- филь	Размеры, мм			Пло- щадь про- филя	Вес 1 пог.м	Справочные величины для осей										
	B	b	d			x—x		y—y		x <sub>1</sub> —x <sub>1</sub>		y <sub>1</sub> —y <sub>1</sub>		u—u		
						J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	J <sub>x1</sub>	Рассто- яние от центра тяжести y <sub>0</sub>	J <sub>y1</sub>	Рассто- яние от центра тяжести x <sub>0</sub>	J <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	Угол накло- на оси lg α
мм²	кг	см⁴	см	см⁴	см	см⁴	см	см⁴	см	см⁴	см	см⁴	см			
5/3,2	50	32	3 4	2,42 3,17	1,90 2,49	6,17 7,98	1,60 1,59	1,99 2,56	0,91 0,90	12,4 16,6	1,60 1,65	3,26 4,42	0,72 0,76	1,18 1,52	0,70 0,69	0,403 0,401
5,6/3,6	56	36	3,5 4 5	3,16 3,58 4,41	2,48 2,81 3,46	10,1 11,4 13,8	1,79 1,78 1,77	3,30 3,70 4,48	1,02 1,02 1,01	20,3 23,2 29,2	1,80 1,82 1,86	5,43 6,25 7,91	0,82 0,84 0,88	1,95 2,19 2,66	0,79 0,78 0,78	0,407 0,406 0,401
6,3/4,0	63	40	4 5 6 8	4,04 4,98 5,90 7,68	3,17 3,91 4,63 6,03	16,3 19,9 23,3 29,6	2,01 2,00 1,99 1,96	5,16 6,26 7,28 9,15	1,13 1,12 1,11 1,09	33,0 41,4 49,9 66,9	2,03 2,08 2,12 2,20	8,51 10,8 13,1 17,9	0,91 0,95 0,99 1,07	3,07 3,73 4,36 5,58	0,87 0,86 0,86 0,85	0,397 0,396 0,393 0,386
7/4,5	70	45	4,5 5	5,07 5,59	3,98 4,39	25,3 27,8	2,23 2,23	8,25 9,05	1,28 1,27	51 56,7	2,25 2,28	13,6 15,2	1,03 1,05	4,88 5,34	0,98 0,98	0,407 0,406
7,5/5	75	50	5 6 8	6,11 7,25 9,47	4,79 5,69 7,43	34,8 40,9 52,4	2,39 2,38 2,35	12,5 14,6 18,5	1,43 1,42 1,40	69,7 83,9 112	2,39 2,44 2,52	20,8 25,2 34,2	1,17 1,21 1,23	7,24 8,48 10,9	1,09 1,08 1,07	0,436 0,435 0,430
8/5	80	50	5 6	6,36 7,55	4,99 5,82	41,6 49,0	2,56 2,55	12,7 14,8	1,41 1,40	84,6 102	2,6 2,65	20,8 25,2	1,13 1,17	7,58 8,88	1,09 1,08	0,387 0,386

Продолжение табл. 4

№ про- филей	Размеры, мм			Пло- щадь про- филя	Вес 1 пог.м	Справочные величины для осей										Угол накло- на оси tg α	
	B	b	d			x — x		y — y		x <sub>1</sub> — x <sub>1</sub>		y <sub>1</sub> — y <sub>1</sub>		u — u			
						J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	J <sub>x1</sub>	Рассто- яние от центра тяжести y <sub>0</sub>	J <sub>y1</sub>	Рассто- яние от центра тяжести x <sub>0</sub>	J <sub>u</sub> мм <sup>4</sup>	J <sub>u</sub> мм <sup>4</sup>	Угол накло- на оси tg α			
9/5,6	90	56	5,5 6 8	7,86 8,54 11,18	6,17 6,70 8,77	65,3 70,6 90,9	2,88 2,88 2,85	19,7 21,2 27,1	1,58 1,58 1,56	132 145 194	2,92 2,95 3,04	32,2 35,2 47,8	1,26 1,28 1,36	11,8 12,7 16,3	1,22 1,22 1,21	0,384 0,384 0,380	
10/6,3	100	63	6 7 8 10	9,56 11,1 12,6 15,5	7,53 8,70 9,87 12,1	98,3 113 127 154	3,2 3,19 3,18 3,15	30,6 35,0 39,2 47,1	1,79 1,78 1,77 1,75	198 232 266 333	3,23 3,28 3,32 3,40	49,9 58,7 67,6 85,8	1,42 1,46 1,50 1,58	18,2 20,8 23,4 28,3	1,38 1,37 1,36 1,35	0,393 0,392 0,391 0,387	
11/7	110	70	6,5 7 8	11,4 12,3 13,9	8,98 9,64 10,9	142 152 172	3,53 3,52 3,51	45,6 48,7 54,6	2 1,99 1,98	286 309 353	3,55 3,57 3,61	74,3 80,3 92,3	1,58 1,6 1,64	26,0 28,8 32,3	1,53 1,53 1,52	0,402 0,402 0,400	
12,5/8	125	80	7 8 10 12	14,1 16 19,7 23,4	11 12,5 15,5 18,3	227 256 312 365	4,01 4 3,98 3,95	73,7 83,0 100 117	2,29 2,28 2,26 2,24	452 518 649 781	4,01 4,05 4,14 4,22	119 137 173 210	1,8 1,84 1,92 2	43,4 48,8 59,3 69,5	1,76 1,75 1,74 1,72	0,407 0,406 0,404 0,400	
14/9	140	90	8 10	18 22,2	14,1 17,5	364 444	4,49 4,47	120 146	2,58 2,56	727 911	4,49 4,58	194 245	2,03 2,12	70,3 85,5	1,98 1,96	0,411 0,409	

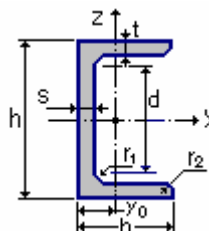
Продолжение табл. 4

№ про- филей	Размеры, мм			Пло- щадь про- филя	Вес I пог.м	Справочные величины для осей										Угол накло- на оси lg α
	B	b	a			x — x		y — y		x <sub>1</sub> — x <sub>1</sub>		y <sub>1</sub> — y <sub>1</sub>		u — u		
						J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	J <sub>x1</sub>	Рассто- яние от центра тяжести y <sub>0</sub>	J <sub>y1</sub> мм	Рассто- яние от центра тяжести x <sub>0</sub>	J <sub>u</sub> мм	i <sub>u</sub> мм	
16/10	160	100	9	22,9	18	606	5,15	186	2,85	1221	5,19	303	2,23	110	2,2	0,391
			10	25,3	19,8	667	5,13	204	2,84	1359	5,23	335	2,28	121	2,19	0,390
			12	30	23,6	784	5,11	239	2,82	1634	5,32	405	2,36	142	2,18	0,388
			14	34,7	27,3	897	5,08	272	2,8	1910	5,40	477	2,43	162	2,16	0,385
18/11	180	110	10	28,3	22,2	952	5,8	276	3,12	1933	5,88	444	2,44	165	2,42	0,375
			12	33,7	26,4	1123	5,77	324	3,1	2324	5,97	537	2,52	194	2,40	0,374
20/12,5	200	125	11	34,9	27,4	1449	6,45	446	3,58	2920	6,5	718	2,79	254	2,75	0,392
			12	37,9	29,7	1568	6,43	482	3,57	3189	6,54	786	2,83	285	2,74	0,392
			14	43,9	34,4	1801	6,41	551	3,54	3726	6,62	922	2,91	327	2,73	0,390
			16	49,8	39,1	2026	6,38	617	3,52	4264	6,71	1061	2,99	367	2,72	0,388
25/16	250	160	12	48,3	37,9	3147	8,07	1032	4,62	6212	7,97	1634	3,53	604	3,54	0,410
			16	63,6	49,9	4091	8,02	1333	4,58	8308	8,14	2200	3,69	781	3,50	0,408
			18	71,1	55,8	4545	7,99	1475	4,56	9358	8,23	2487	3,77	866	3,49	0,407
			20	78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	10 410	8,31	2776	3,85	949	3,48	0,405

# Каталоги металлопроката

Каталог : Полный каталог профилей ГОСТ..

Тип : Швеллер с уклоном полок по ГОСТ 8240-89



Сортировка : (Не сортировать)

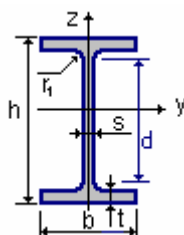
	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	P	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>	y <sub>0</sub>
	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM <sup>2</sup>	T/M	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>3</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM
5	5.000	3.200	0.440	0.700	0.600	0.250	6.160	0.005	22.800	9.100	1.920	5.590	5.610	2.750	0.950	1.160
6.5	6.500	3.600	0.440	0.720	0.600	0.250	7.510	0.006	48.600	15.000	2.540	9.000	8.700	3.680	1.080	1.240
8	8.000	4.000	0.450	0.740	0.650	0.250	8.980	0.007	89.400	22.400	3.160	23.300	12.800	4.750	1.190	1.310
10	10.000	4.600	0.450	0.760	0.700	0.300	10.900	0.009	174.000	34.800	3.990	20.400	20.400	6.460	1.370	1.440
12	12.000	5.200	0.480	0.780	0.750	0.300	13.300	0.010	304.000	50.600	4.780	29.600	31.200	8.520	1.530	1.540
14	14.000	5.800	0.490	0.810	0.800	0.300	15.600	0.012	491.000	70.200	5.600	40.800	45.400	11.000	1.700	1.670
16	16.000	6.400	0.500	0.840	0.850	0.350	18.100	0.014	747.000	93.400	6.420	54.100	63.300	13.800	1.870	1.800
16a	16.000	6.800	0.500	0.900	0.850	0.350	19.500	0.015	823.000	103.000	6.490	59.400	78.800	16.400	2.010	2.000
18	18.000	7.000	0.510	0.870	0.900	0.350	20.700	0.016	1090.000	121.000	7.240	69.800	86.000	17.000	2.040	1.940
18a	18.000	7.400	0.510	0.930	0.900	0.350	22.200	0.017	1190.000	132.000	7.320	76.100	105.000	20.000	2.180	2.130
20	20.000	7.600	0.520	0.900	0.950	0.400	23.400	0.018	1520.000	152.000	8.070	87.800	113.000	20.500	2.200	2.070
22	22.000	8.200	0.540	0.950	1.000	0.400	26.700	0.021	2110.000	192.000	8.890	110.000	151.000	25.100	2.370	2.210
24	24.000	9.000	0.560	1.000	1.050	0.400	30.600	0.024	2900.000	242.000	9.730	139.000	208.000	31.600	2.600	2.420
27	27.000	9.500	0.600	1.050	1.100	0.450	35.200	0.028	4160.000	308.000	10.900	178.000	262.000	37.300	2.730	2.470
30	30.000	10.000	0.650	1.100	1.200	0.500	40.500	0.032	5810.000	387.000	12.000	224.000	327.000	43.600	2.840	2.520
33	33.000	10.500	0.700	1.170	1.300	0.500	46.500	0.037	7980.000	484.000	13.100	281.000	410.000	51.800	2.970	2.590
36	36.000	11.000	0.750	1.260	1.400	0.600	53.400	0.042	10820.000	601.000	14.200	350.000	513.000	61.700	3.100	2.680
40	40.000	11.500	0.800	1.350	1.500	0.600	61.500	0.048	15220.000	761.000	15.700	444.000	642.000	73.400	3.230	2.750

Отчет сформирован программой Каталоги металлопроката, версия: 2.1.0.636 от 03.11.2004

## Каталоги металлопроката

Каталог : Полный каталог профилей ГОСТ..

Тип : Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89



Сортировка : (Не сортировать)

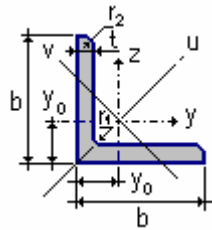
	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	P	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>
	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM <sup>2</sup>	T/M	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>3</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM
10	10.000	5.500	0.450	0.720	0.700	0.250	12.000	0.009	198.000	39.700	4.060	23.000	17.900	6.490	1.220
12	12.000	6.400	0.480	0.730	0.750	0.300	14.700	0.012	350.000	58.400	4.880	33.700	27.900	8.720	1.380
14	14.000	7.300	0.490	0.750	0.800	0.300	17.400	0.014	572.000	81.700	5.730	46.800	41.900	11.500	1.550
16	16.000	8.100	0.500	0.780	0.850	0.350	20.200	0.016	873.000	109.000	6.570	62.300	58.600	14.500	1.700
18	18.000	9.000	0.510	0.810	0.900	0.350	23.400	0.018	1290.000	143.000	7.420	81.400	82.600	18.400	1.880
20	20.000	10.000	0.520	0.840	0.950	0.400	26.800	0.021	1840.000	184.000	8.280	104.000	115.000	23.100	2.070
22	22.000	11.000	0.540	0.870	1.000	0.400	30.600	0.024	2550.000	232.000	9.130	131.000	157.000	28.600	2.270
24	24.000	11.500	0.560	0.950	1.050	0.400	34.800	0.027	3460.000	289.000	9.970	163.000	198.000	34.500	2.370
27	27.000	12.500	0.600	0.980	1.100	0.450	40.200	0.032	5010.000	371.000	11.200	210.000	260.000	41.500	2.540
30	30.000	13.500	0.650	1.020	1.200	0.500	46.500	0.037	7080.000	472.000	12.300	268.000	337.000	49.900	2.690
33	33.000	14.000	0.700	1.120	1.300	0.500	53.800	0.042	9840.000	597.000	13.500	339.000	419.000	59.900	2.790
36	36.000	14.500	0.750	1.230	1.400	0.600	61.900	0.049	13380.000	743.000	14.700	423.000	516.000	71.100	2.890
40	40.000	15.500	0.830	1.300	1.500	0.600	72.600	0.057	19062.000	953.000	16.200	545.000	667.000	86.100	3.030
45	45.000	16.000	0.900	1.420	1.600	0.700	84.700	0.067	27696.000	1231.000	18.100	708.000	808.000	101.000	3.090
50	50.000	17.000	1.000	1.520	1.700	0.700	100.000	0.078	39727.000	1589.000	19.900	919.000	1043.000	123.000	3.230
55	55.000	18.000	1.100	1.650	1.800	0.700	118.000	0.093	55962.000	2035.000	21.800	1181.000	1356.000	151.000	3.390
60	60.000	19.000	1.200	1.780	2.000	0.800	138.000	0.108	76806.000	2560.000	23.600	1491.000	1725.000	182.000	3.540

Отчет сформирован программой Каталоги металлопроката, версия: 2.1.0.636 от 03.11.2004

## Каталоги металлопроката

Каталог : Полный каталог профилей ГОСТ..

Тип : Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93



Сортировка : (Не сортировать)

	b	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	I <sub>v</sub>	W <sub>vo</sub>	i <sub>v</sub>	I <sub>yz</sub>	y <sub>0</sub>	P
	CM	CM	CM	CM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	T/M
L20x3	2.000	0.30	0.35	0.12	1.130	0.400	0.280	0.59	0.630	0.75	0.170	0.200	0.39	0.230	0.60	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	1
L20x4	2.000	0.40	0.35	0.12	1.460	0.500	0.370	0.58	0.780	0.73	0.220	0.240	0.38	0.280	0.64	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	1
L25x3	2.500	0.30	0.35	0.12	1.430	0.810	0.460	0.75	1.290	0.95	0.340	0.330	0.49	0.470	0.73	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	1
L25x4	2.500	0.40	0.35	0.12	1.860	1.030	0.590	0.74	1.620	0.93	0.440	0.410	0.48	0.590	0.76	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	1
L25x5	2.500	0.50	0.35	0.12	2.270	1.220	0.710	0.73	1.910	0.92	0.530	0.470	0.48	0.690	0.80	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L28x3	2.800	0.30	0.40	0.13	1.620	1.160	0.580	0.85	1.840	1.07	0.480	0.420	0.55	0.680	0.80	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	1
L30x3	3.000	0.30	0.40	0.13	1.740	1.450	0.670	0.91	2.300	1.15	0.600	0.530	0.59	0.850	0.85	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	1
L30x4	3.000	0.40	0.40	0.13	2.270	1.840	0.870	0.80	2.920	1.13	0.770	0.610	0.58	1.080	0.89	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L30x5	3.000	0.50	0.40	0.13	2.780	2.200	1.060	0.89	3.470	1.12	0.940	0.710	0.58	1.270	0.93	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L32x3	3.200	0.30	0.45	0.15	1.860	1.770	0.770	0.97	2.800	1.23	0.740	0.590	0.63	1.030	0.89	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	1
L32x4	3.200	0.40	0.45	0.15	2.430	2.260	1.000	0.96	3.580	1.21	0.940	0.710	0.62	1.320	0.94	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L35x3	3.500	0.30	0.45	0.15	2.040	2.350	0.930	1.07	3.720	1.35	0.970	0.710	0.69	1.370	0.97	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L35x4	3.500	0.40	0.45	0.15	2.170	3.010	1.210	1.06	4.760	1.33	1.250	0.880	0.68	1.750	1.01	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L35x5	3.500	0.50	0.45	0.15	3.280	3.610	1.470	1.05	5.710	1.32	1.520	1.020	0.68	2.100	1.05	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	3
L40x3	4.000	0.30	0.50	0.17	2.350	3.550	1.220	1.23	5.630	1.55	1.470	0.950	0.79	2.080	1.09	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L40x4	4.000	0.40	0.50	0.17	3.080	4.580	1.600	1.22	7.260	1.53	1.900	1.190	0.78	2.680	1.13	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L40x5	4.000	0.50	0.50	0.17	3.790	5.530	1.950	1.21	8.750	1.52	2.300	1.390	0.78	3.220	1.17	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	3
L40x6	4.000	0.60	0.50	0.17	4.480	6.410	2.300	1.20	10.130	1.50	2.700	1.580	0.78	3.720	1.21	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	4
L45x3	4.500	0.30	0.50	0.17	2.650	5.130	1.560	1.39	8.130	1.75	2.120	1.240	0.89	3.000	1.21	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L45x4	4.500	0.40	0.50	0.17	3.480	6.630	2.040	1.38	10.520	1.74	2.740	1.540	0.89	3.890	1.26	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	3
L45x5	4.500	0.50	0.50	0.17	4.290	8.030	2.510	1.37	12.740	1.72	3.330	1.810	0.88	4.710	1.30	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	3
L45x6	4.500	0.60	0.50	0.17	5.080	9.350	2.950	1.36	14.800	1.71	3.900	2.060	0.88	5.450	1.34	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	4
L50x3	5.000	0.30	0.55	0.18	2.960	7.110	1.940	1.55	11.270	1.95	2.950	1.570	1.00	4.160	1.33	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	2
L50x4	5.000	0.40	0.55	0.18	3.890	9.210	2.540	1.54	14.630	1.94	3.800	1.950	0.99	5.420	1.38	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	3
L50x5	5.000	0.50	0.55	0.18	4.800	11.200	3.130	1.53	17.770	1.92	4.630	2.300	0.98	6.570	1.42	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	4
L50x6	5.000	0.60	0.55	0.18	5.690	13.070	3.690	1.52	20.720	1.91	5.430	2.630	0.98	7.650	1.46	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	4
L50x7	5.000	0.70	0.55	0.18	6.560	14.840	4.230	1.50	23.470	1.89	6.210	2.930	0.97	8.630	1.50	0.00
		0	0	0				0		0			0		0	5

	b	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	I <sub>v</sub>	W <sub>y0</sub>	i <sub>v</sub>	I <sub>yz</sub>	y <sub>0</sub>	P
	CM	CM	CM	CM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	T/M
L50x8	5.000	0.80	0.55	0.18	7.410	16.510	4.760	1.49	26.030	1.87	6.980	3.220	0.97	9.520	1.53	0.00
		0	0	0				0							0	6
L56x4	5.600	0.40	0.60	0.20	4.380	13.100	3.210	1.73	20.790	2.18	5.410	2.520	1.11	7.690	1.52	0.00
		0	0	0				0							0	3
L56x5	5.600	0.50	0.60	0.20	5.410	15.970	3.960	1.72	25.360	2.16	6.590	2.970	1.10	9.410	1.57	0.00
		0	0	0				0							0	4
L60x4	6.000	0.40	0.70	0.23	4.720	16.210	3.700	1.85	25.690	2.33	6.720	2.930	1.19	9.480	1.62	0.00
		0	0	0				0							0	4
L60x5	6.000	0.50	0.70	0.23	5.830	19.790	4.560	1.84	31.400	2.32	8.180	3.490	1.18	11.610	1.66	0.00
		0	0	0				0							0	5
L60x6	6.000	0.60	0.70	0.23	6.920	23.210	5.400	1.83	36.810	2.31	9.600	3.990	1.18	13.600	1.70	0.00
		0	0	0				0							0	5
L60x8	6.000	0.80	0.70	0.23	9.040	29.550	7.000	1.81	46.770	2.27	12.340	4.900	1.17	17.220	1.78	0.00
		0	0	0				0							0	7
L60x10	6.000	1.00	0.70	0.23	11.080	35.320	8.520	1.79	55.640	2.24	15.000	5.700	1.16	20.320	1.85	0.00
		0	0	0				0							0	9
L63x4	6.300	0.40	0.70	0.23	4.960	18.860	4.090	1.95	29.900	2.45	7.810	3.260	1.25	11.000	1.69	0.00
		0	0	0				0							0	4
L63x5	6.300	0.50	0.70	0.23	6.130	23.100	5.050	1.94	36.800	2.44	9.520	3.870	1.25	13.700	1.74	0.00
		0	0	0				0							0	5
L63x6	6.300	0.60	0.70	0.23	7.280	27.060	5.980	1.93	42.910	2.43	11.180	4.440	1.24	15.900	1.78	0.00
		0	0	0				0							0	6
L65x6	6.500	0.60	0.70	0.23	7.520	29.850	6.390	1.99	47.380	2.51	12.320	4.770	1.28	17.530	1.83	0.00
		0	0	0				0							0	6
L65x8	6.500	0.80	0.70	0.23	9.840	38.130	8.300	1.97	60.420	1.27	15.850	13.150	2.48	22.290	1.90	0.00
		0	0	0				0							0	8
L70x4	7.000	0.45	0.80	0.27	6.200	29.040	5.670	2.16	46.030	2.72	12.040	4.530	1.39	17.000	1.88	0.00
		0	0	0				0							0	5
L70x5	7.000	0.50	0.80	0.27	6.860	31.940	6.270	2.16	50.670	2.72	13.220	4.920	1.39	18.700	1.90	0.00
		0	0	0				0							0	5
L70x6	7.000	0.60	0.80	0.27	8.150	37.580	7.430	2.15	59.640	2.71	15.520	5.660	1.38	22.100	1.94	0.00
		0	0	0				0							0	6
L70x7	7.000	0.70	0.80	0.27	9.420	42.980	8.570	2.14	68.190	2.69	17.770	6.310	1.37	25.200	1.99	0.00
		0	0	0				0							0	7
L70x8	7.000	0.80	0.80	0.27	10.670	48.160	9.680	2.12	76.350	2.68	19.970	6.990	1.37	28.200	2.02	0.00
		0	0	0				0							0	8
L70x10	7.000	1.00	0.80	0.27	13.110	57.900	11.820	2.10	91.520	2.64	24.270	8.170	1.36	33.600	2.10	0.01
		0	0	0				0							0	0
L75x5	7.500	0.50	0.90	0.30	7.390	39.530	7.210	2.31	62.650	2.91	16.410	5.740	1.49	23.100	2.02	0.00
		0	0	0				0							0	6
L75x6	7.500	0.60	0.90	0.30	8.780	46.570	8.570	2.30	73.870	2.90	19.280	6.620	1.48	27.300	2.06	0.00
		0	0	0				0							0	7
L75x7	7.500	0.70	0.90	0.30	10.150	53.340	9.890	2.29	84.610	2.89	22.070	7.430	1.47	31.200	2.10	0.00
		0	0	0				0							0	8
L75x8	7.500	0.80	0.90	0.30	11.500	59.840	11.180	2.28	94.890	2.87	24.800	8.160	1.47	35.000	2.15	0.00
		0	0	0				0							0	9
L75x9	7.500	0.90	0.90	0.30	12.830	66.100	12.430	2.27	104.720	2.86	27.480	8.910	1.46	38.600	2.18	0.01
		0	0	0				0							0	0
L80x5	8.000	0.55	0.90	0.30	8.630	52.680	9.030	2.47	83.560	3.11	21.800	7.100	1.59	30.900	2.17	0.00
		0	0	0				0							0	7
L80x6	8.000	0.60	0.90	0.30	9.380	56.970	9.800	2.47	90.400	3.11	23.540	7.600	1.58	33.400	2.19	0.00
		0	0	0				0							0	7
L80x7	8.000	0.70	0.90	0.30	10.850	65.310	11.320	2.45	103.600	3.09	26.970	8.550	1.58	38.300	2.23	0.00
		0	0	0				0							0	9
L80x8	8.000	0.80	0.90	0.30	12.300	73.360	12.800	2.44	116.390	3.08	30.320	9.440	1.57	43.000	2.27	0.01
		0	0	0				0							0	0
L80x10	8.000	1.00	0.90	0.30	15.140	83.580	15.670	2.42	140.310	3.04	36.850	11.090	1.56	56.700	2.35	0.01
		0	0	0				0							0	2
L80x12	8.000	1.20	0.90	0.30	17.900	102.740	18.420	2.40	162.270	3.01	43.210	12.620	1.55	59.500	2.42	0.01
		0	0	0				0							0	4
L90x6	9.000	0.60	1.00	0.33	10.610	82.100	12.490	2.78	130.000	3.50	33.970	9.880	1.79	48.100	2.43	0.00
		0	0	0				0							0	8
L90x7	9.000	0.70	1.00	0.33	12.280	94.300	14.450	2.77	149.670	3.49	38.940	11.150	1.78	55.400	2.47	0.01
		0	0	0				0							0	0
L90x8	9.000	0.80	1.00	0.33	13.930	106.110	16.360	2.76	168.420	3.48	43.800	12.340	1.77	62.300	2.51	0.01
		0	0	0				0							0	1
L90x9	9.000	0.90	1.00	0.33	15.600	118.000	18.290	2.75	186.000	3.46	48.600	13.480	1.77	68.000	2.55	0.01
		0	0	0				0							0	2
L90x10	9.000	1.00	1.00	0.33	17.170	128.600	20.070	2.74	203.930	3.45	53.270	14.540	1.76	75.300	2.59	0.01
		0	0	0				0							0	3
L90x12	9.000	1.20	1.00	0.33	20.330	149.670	23.850	2.71	235.880	3.41	62.400	16.530	1.75	86.200	2.67	0.01
		0	0	0				0							0	6
L100x6	10.00	0.65	1.20	0.40	12.820	122.100	16.690	3.09	193.460	3.89	50.730	13.380	1.99	71.400	2.68	0.01



	b	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	I <sub>v</sub>	W <sub>vo</sub>	i <sub>v</sub>	I <sub>yz</sub>	y <sub>o</sub>	P
	CM	CM	CM	CM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	T/M
5	0	0	0	0				0		0			0		0	0
L100x7	10.00	0.70	1.20	0.40	13.750	130.590	17.900	3.08	207.010	3.88	54.160	14.130	1.98	76.400	2.71	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	1
L100x8	10.00	0.80	1.20	0.40	15.600	147.190	20.300	3.07	233.460	3.87	60.920	15.660	1.98	86.300	2.75	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	2
L100x10	10.00	1.00	1.20	0.40	19.240	178.950	24.970	3.05	283.830	3.84	74.080	18.510	1.96	110.000	2.83	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	5
L100x12	10.00	1.20	1.20	0.40	22.800	208.900	29.470	3.03	330.950	3.81	86.840	21.100	1.95	122.000	2.91	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	8
L100x14	10.00	1.40	1.20	0.40	26.280	237.150	33.830	3.00	374.980	3.78	99.320	23.490	1.94	138.000	2.99	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	1
L100x15	10.00	1.50	1.20	0.40	27.990	250.680	35.950	2.99	395.870	3.76	105.480	24.620	1.94	145.000	3.03	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	2
L100x16	10.00	1.60	1.20	0.40	29.680	263.820	38.040	2.98	416.040	3.74	111.610	25.790	1.94	152.000	3.06	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	3
L110x7	11.00	0.70	1.20	0.40	15.150	175.610	21.830	3.40	278.540	4.29	72.680	17.360	2.19	106.000	2.96	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	2
L110x8	11.00	0.80	1.20	0.40	17.200	198.170	24.770	3.39	314.510	4.28	81.830	19.290	2.18	116.000	3.00	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	3
L120x8	12.00	0.80	1.20	0.40	18.800	259.750	29.680	3.72	412.450	4.68	107.040	23.290	2.39	153.000	3.25	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	5
L120x10	12.00	1.00	1.20	0.40	23.240	317.160	36.590	3.69	503.790	4.66	130.540	27.720	2.37	187.000	3.33	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	8
L120x12	12.00	1.20	1.20	0.40	27.600	371.800	43.300	3.67	590.280	4.62	153.330	31.790	2.36	218.000	3.41	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	2
L120x15	12.00	1.50	1.20	0.40	33.990	448.900	52.960	3.63	711.320	4.57	186.480	37.350	2.34	262.000	3.53	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	7
L125x8	12.50	0.80	1.40	0.46	19.690	294.360	32.200	3.87	466.760	4.87	121.980	25.670	2.49	172.000	3.36	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	5
L125x9	12.50	0.90	1.40	0.46	22.000	327.480	36.000	3.86	520.000	4.86	135.880	28.260	2.48	192.000	3.40	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	7
L125x10	12.50	1.00	1.40	0.46	24.330	359.820	39.740	3.85	571.040	4.84	148.590	30.450	2.47	211.000	3.45	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	9
L125x12	12.50	1.20	1.40	0.46	28.890	422.320	47.060	3.82	670.020	4.82	174.430	34.940	2.46	248.000	3.53	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	3
L125x14	12.50	1.40	1.40	0.46	33.370	481.760	54.170	3.80	763.900	4.78	199.620	39.100	2.45	282.000	3.61	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	6
L125x16	12.50	1.60	1.40	0.46	37.770	538.560	61.090	3.78	852.840	4.75	224.290	43.100	2.44	315.000	3.68	0.03
	0	0	0	0				0		0			0		0	0
L140x9	14.00	0.90	1.40	0.46	24.720	465.720	45.550	4.34	739.420	5.47	192.030	35.920	2.79	274.000	3.78	0.01
	0	0	0	0				0		0			0		0	9
L140x10	14.00	1.00	1.40	0.46	27.330	512.290	50.320	4.33	813.620	5.46	210.960	39.050	2.78	301.000	3.82	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	1
L140x12	14.00	1.20	1.40	0.46	32.490	602.490	59.660	4.31	956.980	5.43	248.010	44.970	2.76	354.000	3.90	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	5
L150x10	15.00	1.00	1.40	0.46	29.330	634.760	58.070	4.65	1008.560	5.86	260.970	45.340	2.98	374.000	4.07	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	3
L150x12	15.00	1.20	1.40	0.46	34.890	747.480	68.900	4.63	1187.860	5.83	307.090	52.320	2.97	440.000	4.15	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	7
L150x15	15.00	1.50	1.40	0.46	43.080	908.380	84.660	4.59	1442.600	5.79	347.170	61.960	2.95	534.000	4.27	0.03
	0	0	0	0				0		0			0		0	4
L150x18	15.00	1.80	1.40	0.46	51.090	1060.08	99.860	4.56	1680.920	5.74	439.240	70.910	2.93	621.000	4.38	0.04
	0	0	0	0				0		0			0		0	0
L160x10	16.00	1.00	1.60	0.53	31.430	774.240	66.190	4.96	1229.100	6.25	319.380	52.520	3.19	455.000	4.30	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	5
L160x11	16.00	1.10	1.60	0.53	34.420	844.210	72.440	4.95	1340.060	6.24	347.770	56.530	3.18	496.000	4.35	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	7
L160x12	16.00	1.20	1.60	0.53	37.390	912.890	78.620	4.94	1450.000	6.23	375.780	60.530	3.17	537.000	4.39	0.02
	0	0	0	0				0		0			0		0	8
L160x14	16.00	1.40	1.60	0.53	43.570	1046.47	90.770	4.92	1662.130	6.20	430.810	68.150	3.16	615.000	4.47	0.03
	0	0	0	0				0		0			0		0	4
L160x16	16.00	1.60	1.60	0.53	49.070	1175.19	102.64	4.89	1865.730	6.17	484.640	75.920	3.14	690.000	4.55	0.03
	0	0	0	0				0		0			0		0	9
L160x18	16.00	1.80	1.60	0.53	54.790	1290.24	114.24	4.87	2061.030	6.13	537.460	82.080	3.13	771.000	4.63	0.04
	0	0	0	0				0		0			0		0	3
L160x20	16.00	2.00	1.60	0.53	60.400	1418.85	125.60	4.85	2248.260	6.10	589.430	90.020	3.12	830.000	4.70	0.04
	0	0	0	0				0		0			0		0	7
L180x11	18.00	1.10	1.60	0.53	38.800	1216.44	92.470	5.60	1933.100	7.06	499.780	72.860	3.59	716.000	4.85	0.03
	0	0	0	0				0		0			0		0	0
L180x12	18.00	1.20	1.60	0.53	42.190	1316.62	100.41	5.59	2092.780	7.04	540.450	78.150	3.58	776.000	4.89	0.03
	0	0	0	0				0		0			0		0	3
L180x15	18.00	1.50	1.60	0.53	52.180	1607.36	123.74	5.55	2554.990	7.00	659.730	93.110	3.56	948.000	5.01	0.04
	0	0	0	0				0		0			0		0	1

	b	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	I <sub>v</sub>	W <sub>yo</sub>	i <sub>v</sub>	I <sub>yz</sub>	y <sub>o</sub>	P
	CM	CM	CM	CM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM	CM <sup>4</sup>	CM	T/M
L180x18	18.00 0	1.80 0	1.60 0	0.53 0	61.990	1884.07 0	146.36 0	5.51 0	2992.690	6.95 0	775.440	106.88 0	3.54 0	1108.00 0	5.13 0	0.04 9
L180x20	18.00 0	2.00 0	1.60 0	0.53 0	68.430	2061.11 0	161.07 0	5.49 0	3271.310	6.91 0	850.920	115.71 0	3.53 0	1210.00 0	5.20 0	0.05 4
L200x12	20.00 0	1.20 0	1.80 0	0.60 0	47.100	1822.78 0	124.61 0	6.22 0	2896.160	7.84 0	749.400	98.680 0	3.99 0	1073.00 0	5.37 0	0.03 7
L200x13	20.00 0	1.30 0	1.80 0	0.60 0	50.850	1960.77 0	134.44 0	6.21 0	3116.180	7.83 0	805.350	105.07 0	3.98 0	1156.00 0	5.42 0	0.04 0
L200x14	20.00 0	1.40 0	1.80 0	0.60 0	54.600	2097.00 0	144.17 0	6.20 0	3333.000	7.81 0	861.000	111.50 0	3.97 0	1236.00 0	5.46 0	0.04 3
L200x16	20.00 0	1.60 0	1.80 0	0.60 0	61.980	2362.57 0	163.37 0	6.17 0	3755.390	7.78 0	969.740	123.77 0	3.96 0	1393.00 0	5.54 0	0.04 9
L200x18	20.00 0	1.80 0	1.80 0	0.60 0	69.300	2620.64 0	182.22 0	6.15 0	4164.540	7.75 0	1076.74 0	135.48 0	3.94 0	1544.00 0	5.62 0	0.05 4
L200x20	20.00 0	2.00 0	1.80 0	0.60 0	76.540	2871.47 0	200.73 0	6.12 0	4560.420	7.72 0	1181.92 0	146.62 0	3.93 0	1689.00 0	5.70 0	0.06 0
L200x24	20.00 0	2.40 0	1.80 0	0.60 0	90.780	3350.66 0	236.77 0	6.08 0	5313.500	7.65 0	1387.73 0	167.74 0	3.91 0	1963.00 0	5.85 0	0.07 1
L200x25	20.00 0	2.50 0	1.80 0	0.60 0	94.290	3466.21 0	245.59 0	6.06 0	5494.040	7.63 0	1438.38 0	172.68 0	3.91 0	2028.00 0	5.89 0	0.07 4
L200x30	20.00 0	3.00 0	1.80 0	0.60 0	111.54 0	4019.60 0	288.57 0	6.00 0	6351.050	7.55 0	1698.16 0	193.06 0	3.89 0	2332.00 0	6.07 0	0.08 8
L220x14	22.00 0	1.40 0	2.10 0	0.70 0	60.380	2814.36 0	175.18 0	6.83 0	4470.150	8.60 0	1158.56 0	138.62 0	4.38 0	1655.00 0	5.91 0	0.04 7
L220x16	22.00 0	1.60 0	2.10 0	0.70 0	68.580	3175.44 0	198.71 0	6.80 0	5045.370	8.58 0	1305.52 0	153.34 0	4.36 0	1869.00 0	6.02 0	0.05 4
L250x16	25.00 0	1.60 0	2.40 0	0.80 0	78.400	4717.10 0	258.43 0	7.76 0	7492.100	9.78 0	1942.09 0	203.45 0	4.98 0	2775.00 0	6.75 0	0.06 2
L250x18	25.00 0	1.80 0	2.40 0	0.80 0	87.720	5247.24 0	288.82 0	7.73 0	8336.690	9.75 0	2157.78 0	223.39 0	4.96 0	3089.00 0	6.83 0	0.06 9
L250x20	25.00 0	2.00 0	2.40 0	0.80 0	96.960	5764.87 0	318.76 0	7.71 0	9159.730	9.72 0	2370.01 0	242.52 0	4.94 0	3395.00 0	6.91 0	0.07 6
L250x22	25.00 0	2.20 0	2.40 0	0.80 0	106.12 0	6270.32 0	348.26 0	7.09 0	9961.600	9.69 0	2579.04 0	260.52 0	4.93 0	3691.00 0	7.00 0	0.08 3
L250x25	25.00 0	2.50 0	2.40 0	0.80 0	119.71 0	7006.39 0	391.72 0	7.65 0	11125.52 0	9.64 0	2887.26 0	287.14 0	4.91 0	4119.00 0	7.11 0	0.09 4
L250x28	25.00 0	2.80 0	2.40 0	0.80 0	133.12 0	7716.86 0	434.25 0	7.61 0	12243.84 0	9.59 0	3189.89 0	311.98 0	4.90 0	4527.00 0	7.23 0	0.10 5
L250x30	25.00 0	3.00 0	2.40 0	0.80 0	141.96 0	8176.52 0	462.11 0	7.59 0	12964.66 0	9.56 0	3388.98 0	327.82 0	4.89 0	4788.00 0	7.31 0	0.11 1
L250x35	25.00 0	3.50 0	2.40 0	0.80 0	163.71 0	9281.05 0	530.11 0	7.53 0	14830.58 0	9.47 0	3879.37 0	366.13 0	4.87 0	5401.68 0	7.49 0	0.12 9

Отчет сформирован программой **Каталоги металлопроката**, версия: **2.1.0.636** от **03.11.2004**

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ОБЛОЖКИ К РАБОТАМ**

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет»

Кафедра сопротивления материалов

**Расчетно-графические работы по курсу  
«Сопротивление материалов»**

Вариант №1

Выполнил: студент гр. СМ -271

Машков А.В.

Принял: д.т.н., профессор

Жилкин В.А.

Работа №	1	2	3	4	5	6	7
Средний бал							

Челябинск - 2007

## ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет»

Кафедра сопротивления материалов

Работа № 3

### **Растяжение – сжатие стержней. Расчеты на прочность и жесткость**

Вариант №1

Выполнил: студент гр. СМ -271  
Машков А.В.

Принял: д.т.н., профессор  
Жилкин В.А.

Челябинск - 2007

Жилкин Виталий Афанасьевич

Определение геометрических характеристик поперечных сечений брусьев с помощью программных продуктов SCAD и MathCAD

Методические указания

Редактор Гришина Л.Ф.

Редакционно-издательский отдел Челябинского государственного агроинженерного университета, г. Челябинск, пр. Ленина, 75

Формат А4. Объем 4,5 уч.-изд.л. Тираж 100 экз.  
Заказ № 193

УОП ЧГАУ