

# Практическая работа №4. Определение центра тяжести

## Пример выполнения практической работы №4.

### Задание 1. Определение центра тяжести составных геометрических фигур

Цель: формирование умений определять площади и центры тяжести составных геометрических фигур, рассчитав координаты центра тяжести.

Задание: определите координаты центра тяжести сечения, составленного из простых геометрических фигур.

Решение:

1. Разбейте фигуру на простые составные части с центрами тяжести  $C_1$ ;  $C_2$ ;  $C_3$ .

2. Проведите координатные оси, совместив ось  $y$  с осью симметрии. Поскольку сечение симметрично оси  $y$ , следовательно,  $X_c = 0$ . Ось  $x$  провели перпендикулярно оси  $y$  по нижней грани сечения.

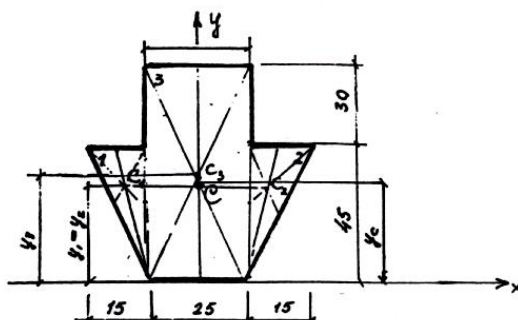


Рис. 25

3. Запишите формулу для определения координаты  $y_c$ :

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3}, \text{ отсюда}$$

$$A_1 = A_2 = \frac{1}{2} b_1 \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot 45 \cdot 15 = 337,5 \text{ см}^2$$

$$A_3 = b_3 \cdot h_3 = 75 \cdot 25 = 1875 \text{ см}^2$$

$$y_1 = y_2 = \frac{2}{3} \cdot h_1 = \frac{2}{3} \cdot 45 = 30 \text{ см}$$

$$y_3 = \frac{1}{2} \cdot h_3 = \frac{1}{2} \cdot 75 = 37,5 \text{ см}$$

4. Подставьте найденные значения в формулу и определите  $y_c$ :

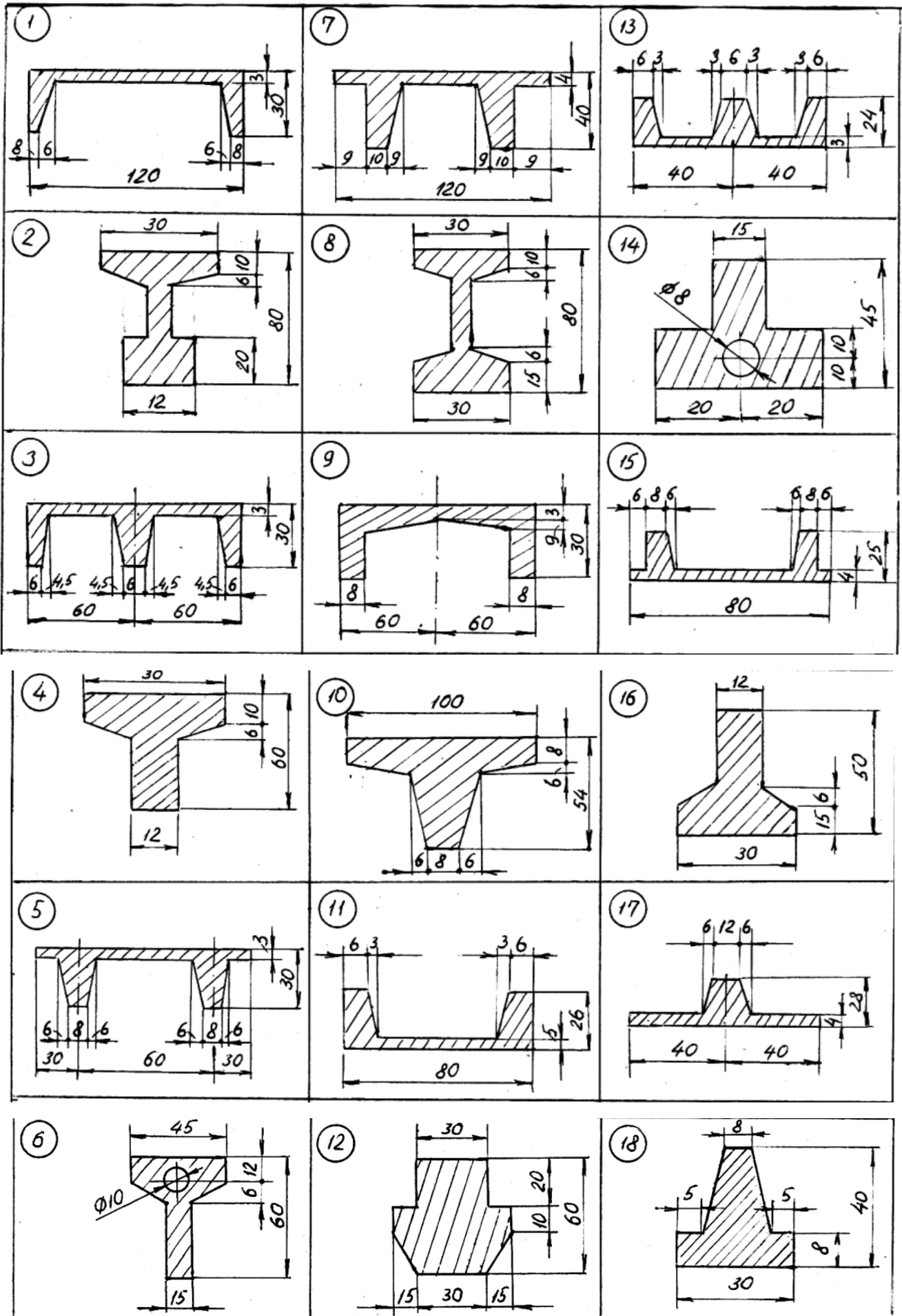
$$y_c = \frac{337,5 \cdot 30 + 337,5 \cdot 30 + 1875 \cdot 37,5}{337,5 + 337,5 + 1875} = \frac{10125 + 10125 + 70312,5}{2550} =$$

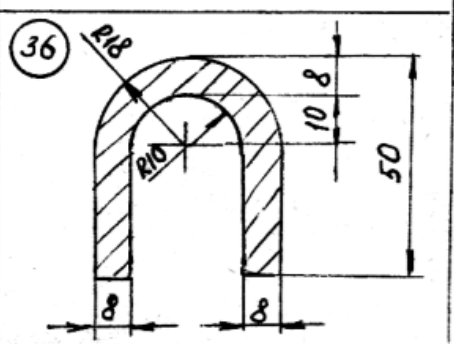
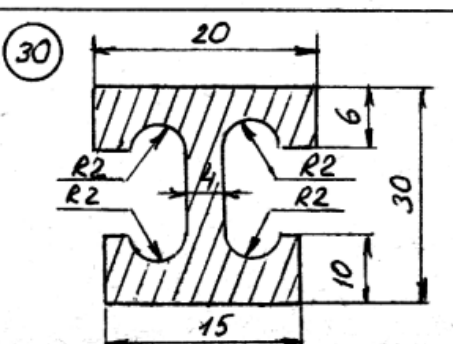
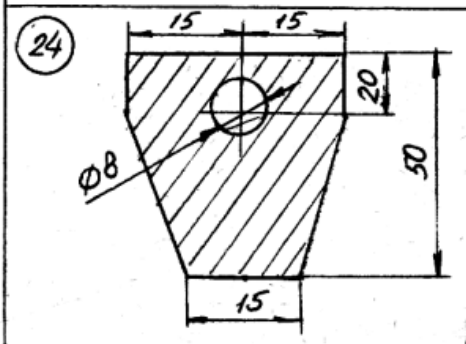
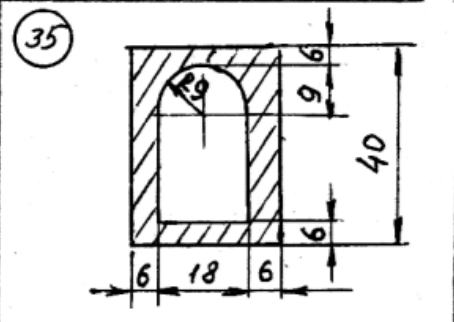
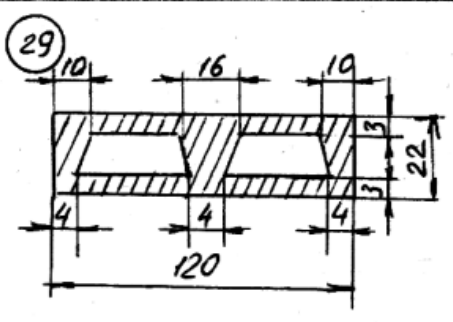
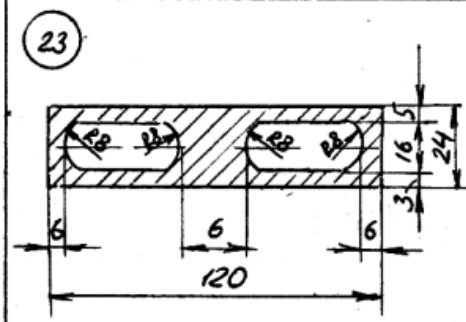
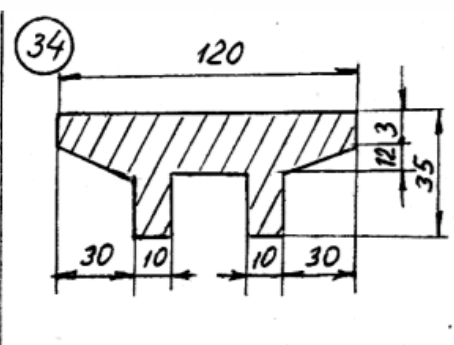
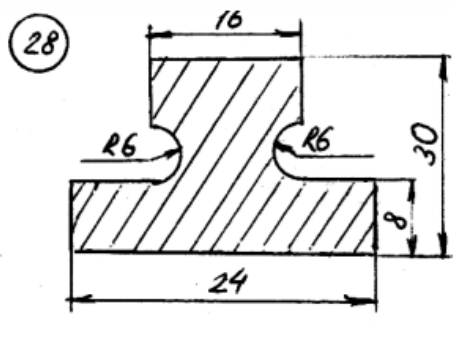
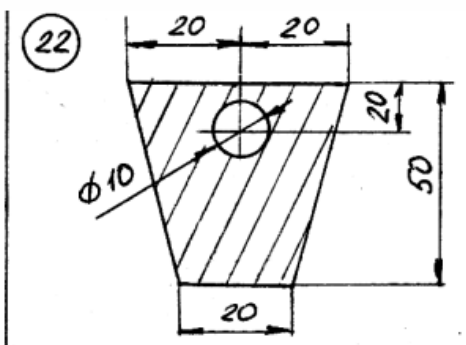
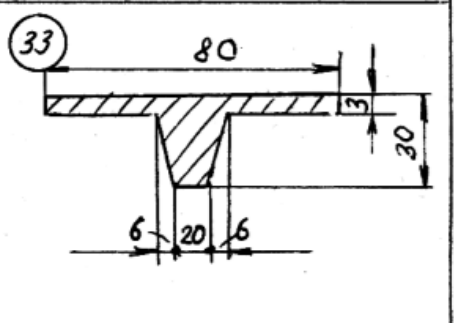
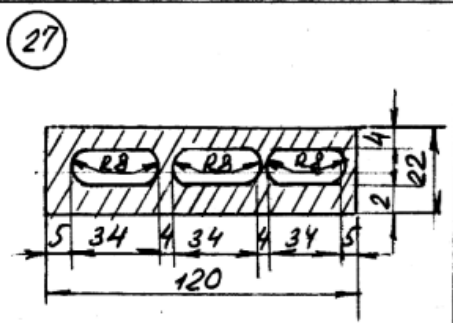
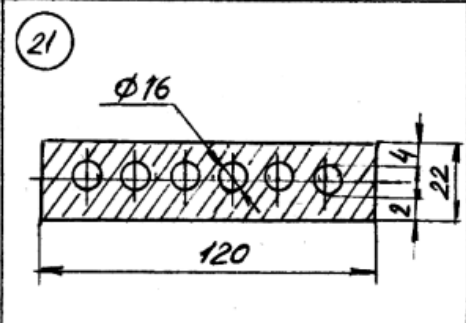
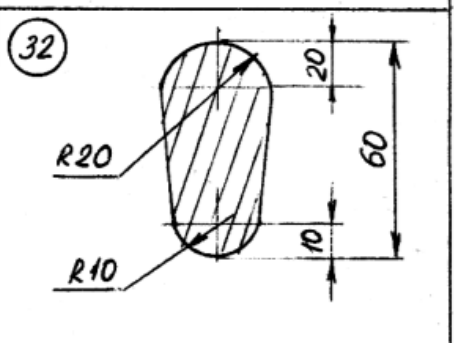
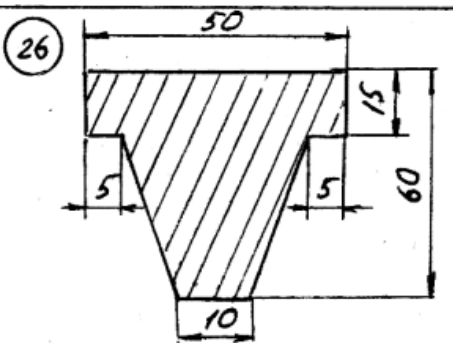
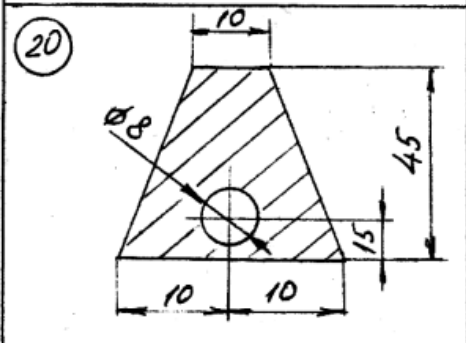
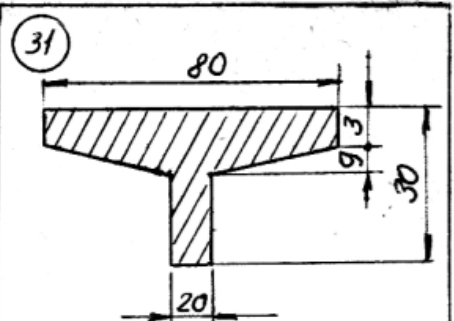
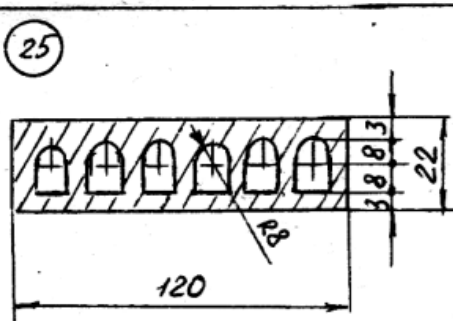
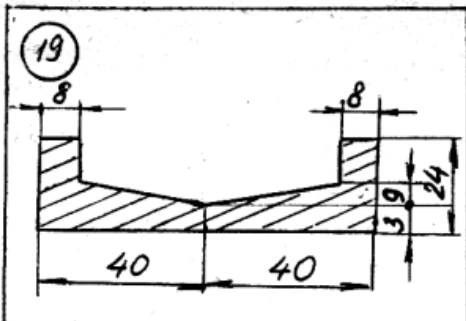
$$= \frac{90562,5}{2550} = 35,5 \text{ см}$$

Итак, точка  $C$  имеет координаты  $0; 35,5$ .

5. Покажите на рис.6 положение центра тяжести  $C$ .

Исходные данные к практической работе №4  
Задание 1.





## Задание 2.

### Определение центра тяжести составных прокатных профилей

Цель: формирование умений определять положение центра тяжести составных прокатных профилей, рассчитав его координаты. Уметь пользоваться справочной литературой.

Задание: определите координаты центра тяжести сечения, составленного из прокатных профилей (рис. 26).

### Алгоритм выполнения

#### 1. Разбивают сечение на простые фигуры

В задачах для самостоятельного решения такими фигурами являются стандартные профили проката, размеры которых приведены в приложении 1. Обычно профили прокатной стали образующие сечение, обозначают цифрами 1,2,3,.....

2. Указывают центры тяжести каждого профиля (фигуры и обозначают их  $C_1, C_2, C_3, \dots$ ), используя таблицы ГОСТов (см. приложение 1).

#### 3. Выбирают систему координатных осей

В задачах для самостоятельного решения все сечения имеют одну ось симметрии, поэтому рекомендуется одну из координатных осей совмещать с ней. Вторую ось координат направляют перпендикулярно первой так, чтобы она пересекла центры тяжести одной или нескольких фигур. При этом начало координат может совпадать (или не совпадать) с центром тяжести одной из фигур. Вторую ось можно направить так, чтобы она прошла через нижнюю (крайнюю) точку сечения. В первом случае вычисления будут более простыми.

*Составляют формулы для определения координат центра тяжести сечения:*

$$x_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + \dots + A_n x_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad y_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + \dots + A_n y_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

где  $A_i$  – площадь части фигуры,  $\text{мм}^2$  ( $\text{см}^2$ );  $x_i, y_i$  – координаты центра тяжести частей фигуры,  $\text{мм}^2$  ( $\text{см}^2$ ).

Пользуясь таблицами приложения 1 определяют площади профилей проката, координаты их центров тяжести, относительно выбранных осей координат. Число слагаемых в числителе и знаменателе формул зависят от числа профилей, из которых состоит сечение. Полученные величины подставляют в формулу и находят координаты ЦТ.

Следует помнить!, что если ось X совмещена с осью симметрии, то координата  $Y_c = 0$ , а если ось Y совмещена с осью симметрии, то  $X_c = 0$ .

#### 5. Указывают положение центра тяжести на рисунке

Придерживаются определённого масштаба и показывают расстояние от центра тяжести до координатных осей.

#### 6. Выполняют проверку правильности решения

Для чего можно изменить положение координатных осей (или одной оси) и найти координаты центра тяжести относительно новых осей. Положение центра тяжести не зависит от того, как выбрана система координатных осей.

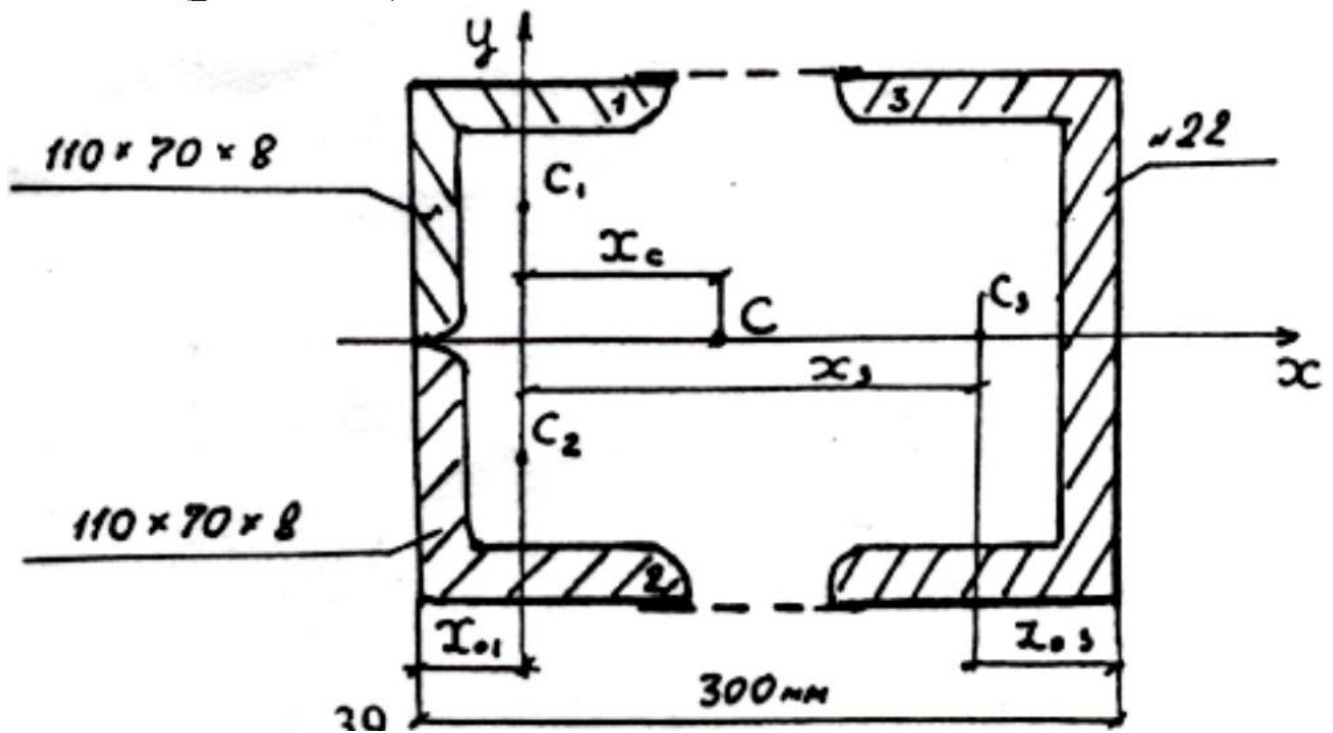


Рис. 26

*Решение*

1. Разбейте сечение на составные профили проката:

- 1) уголок неравнобокий – 110 x 70 x 8;
- 2) уголок неравнобокий – 110 x 70 x 8;
- 3) швеллер №22.

Положение центра тяжести примите по сортаменту:

$C_1$ ;  $C_2$ ;  $C_3$ .

2. Положение координатных осей примите следующим образом: ось  $x$  совместите с осью симметрии сечения, следовательно координата  $y_c = 0$ .

Ось  $y$  проведите перпендикулярно оси  $x$  через центры тяжести неравнобоких уголков  $C_1$  и  $C_2$ .

3. Выпишите из соответствующих таблиц «Приложения» площади профилей и, используя размеры, найдите абсциссы их центров тяжести.

Уголок 110 x 70 x 8:  $B = 11$  см;  $b = 7$  см;  $d = 0,8$  см;  $A = 13,9$  см<sup>2</sup>

$x_0 = 1,64$  см;  $y_0 = 3,61$  см.

Швеллер №22:  $h = 22$  см;  $b = 8,2$  см;  $z = 2,21$  см;  $d = 0,54$  см;

$t = 0,95$  см;  $A = 26,7$  см<sup>2</sup>.

$x_1 = x_2 = 0$ , т.к. ось  $y$  проведена через центры тяжести  $C_1$  и  $C_2$ .

$x_3 = 30 - x_{01} - z_{03} = 30 - 1,64 - 2,21 = 26,15$  см.

4. Определите координату центра тяжести  $X_c$ :

$$X_c = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{13,9 \cdot 0 + 13,9 \cdot 0 + 26,7 \cdot 26,15}{2 \cdot 13,9 + 26,7} = \frac{698,205}{54,5} =$$

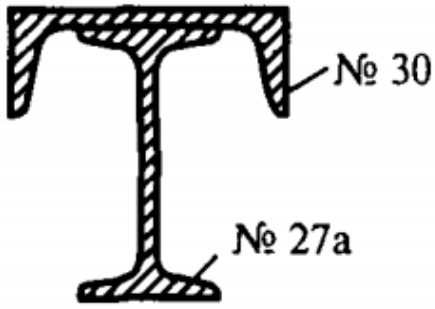
$= 12,8$  см.

5. Точка  $C$  имеет координаты: 12,8; 0. Нанесите найденный центр тяжести на рисунок сечения (рис. 19).

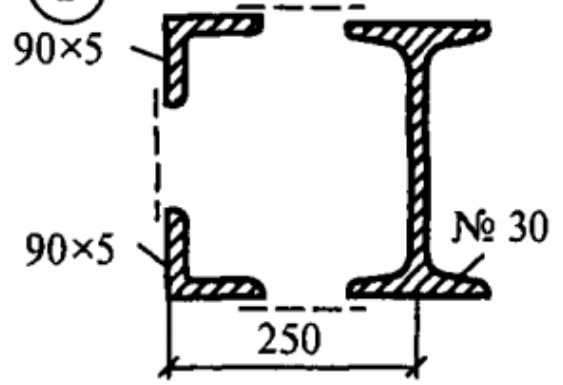
Варианты заданий к практической работе № 6 и № 7 даны в приложениях 5, 6. Выполните свои варианты заданий.

Исходные данные к практической работе №4  
Задание 2.

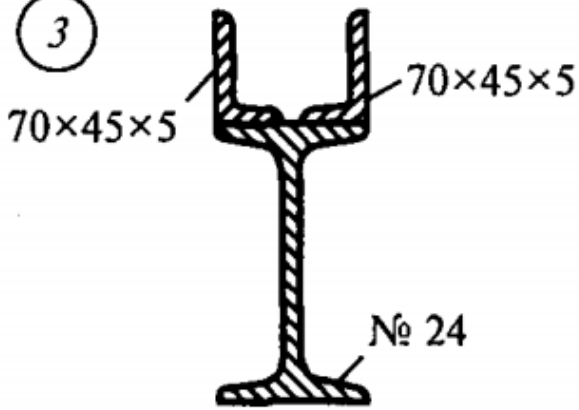
1



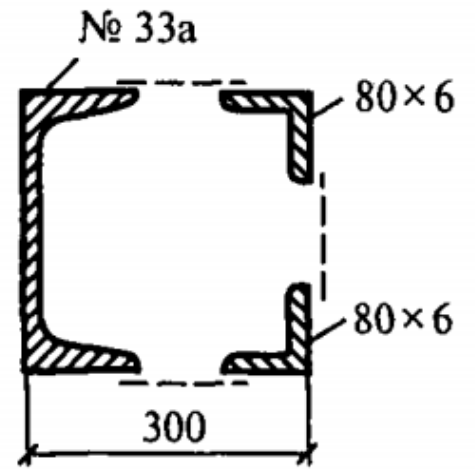
2



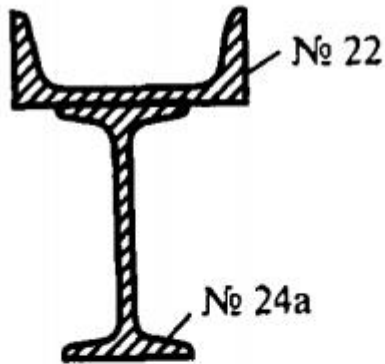
3



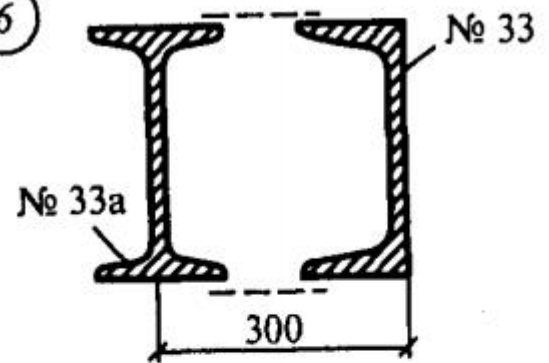
4



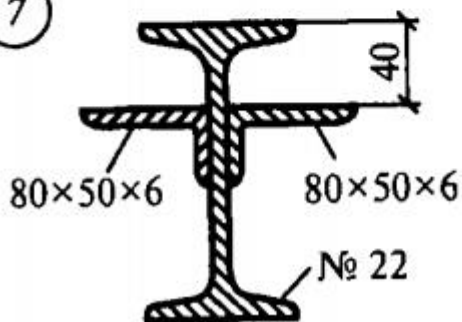
5



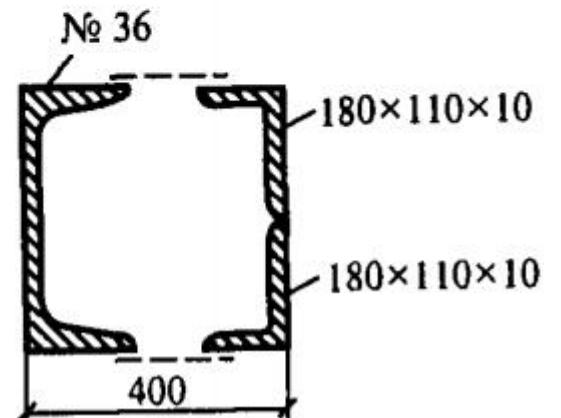
6

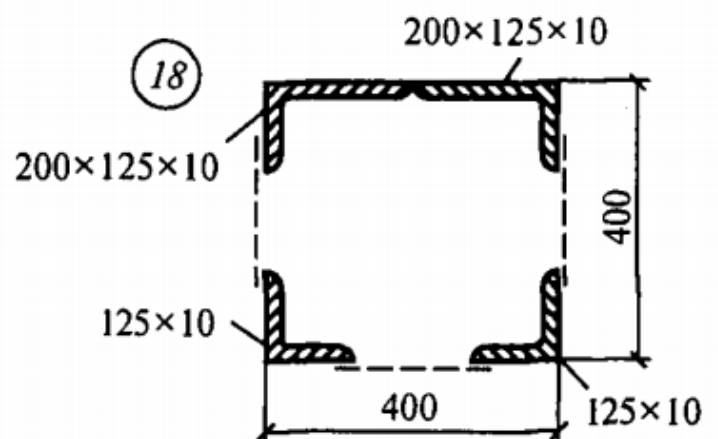
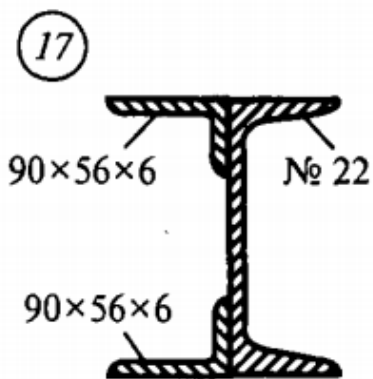
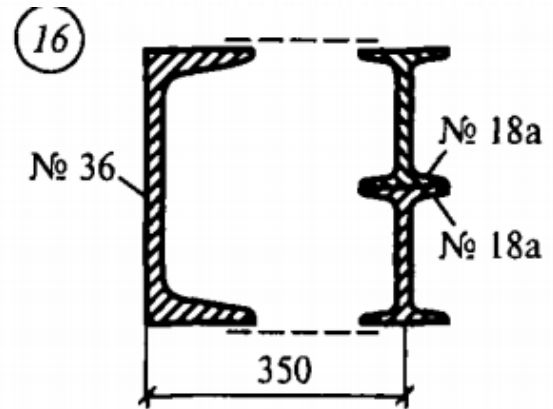
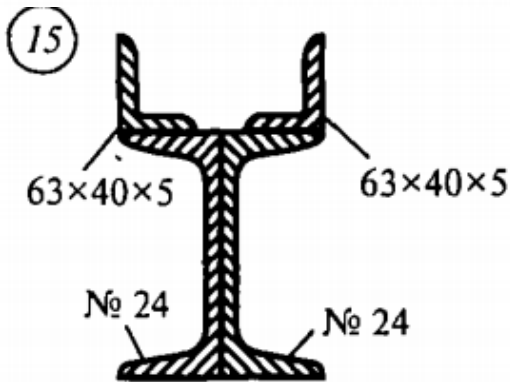
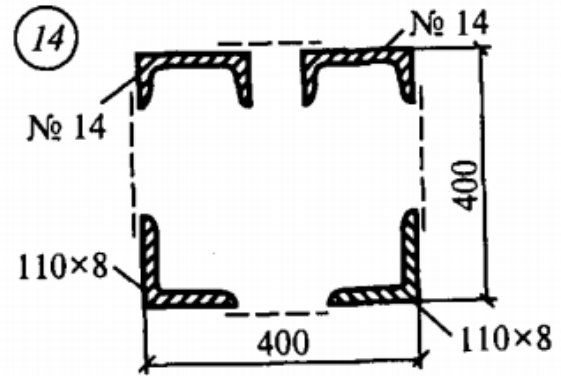
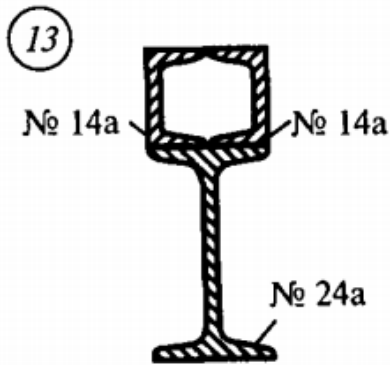
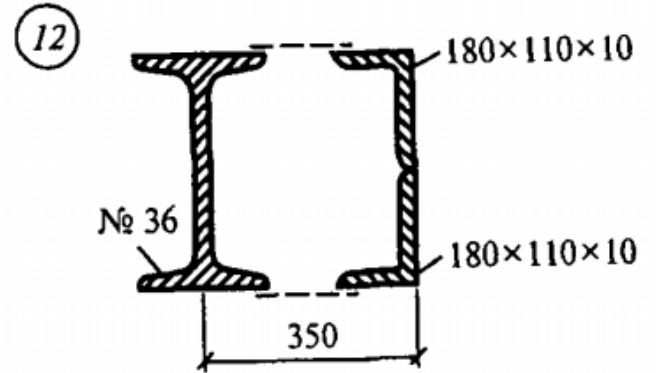
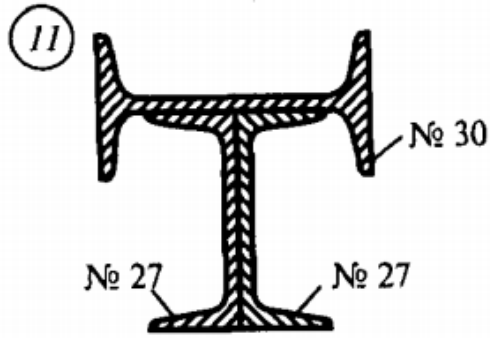
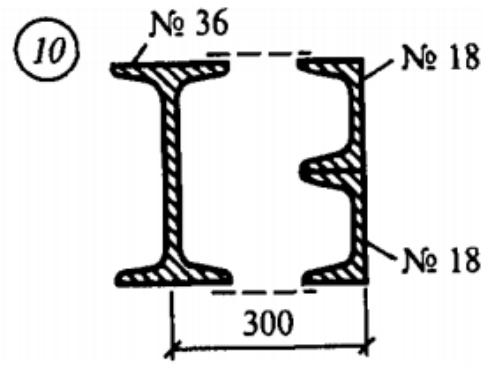
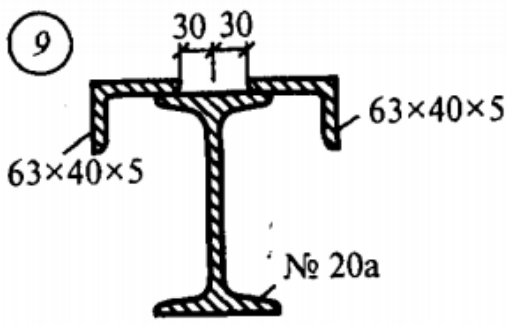


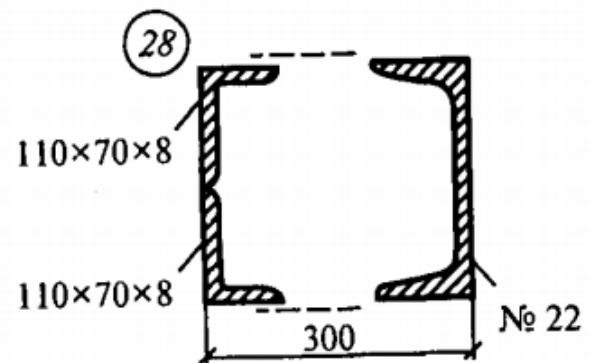
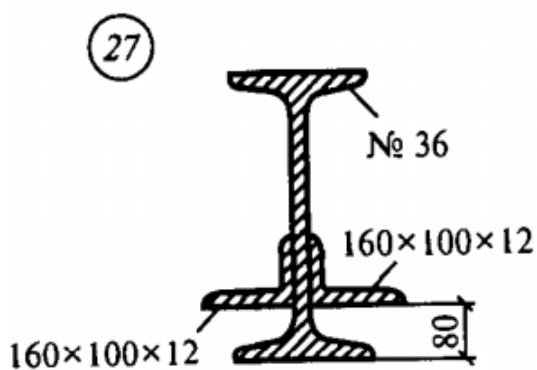
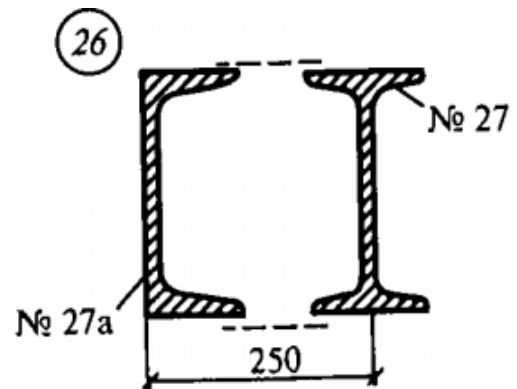
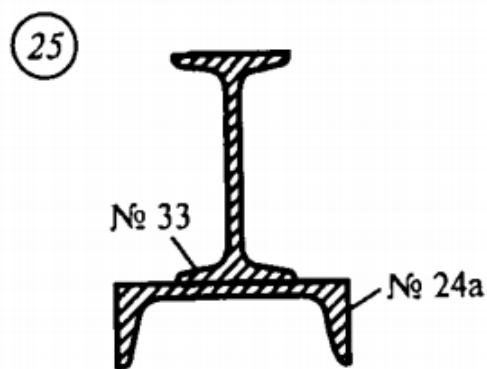
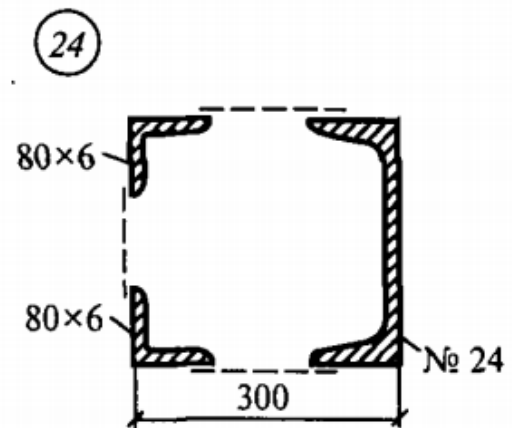
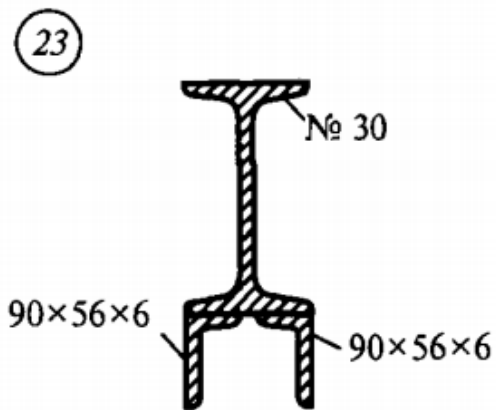
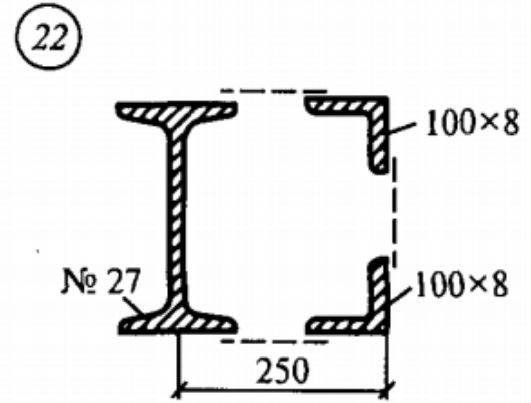
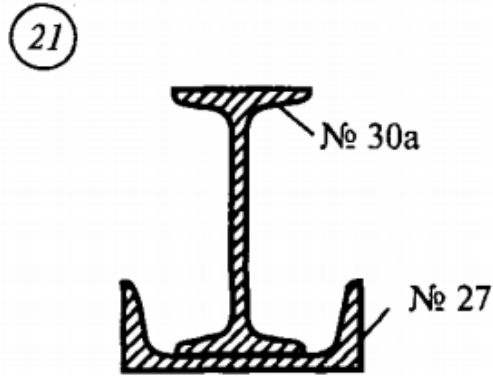
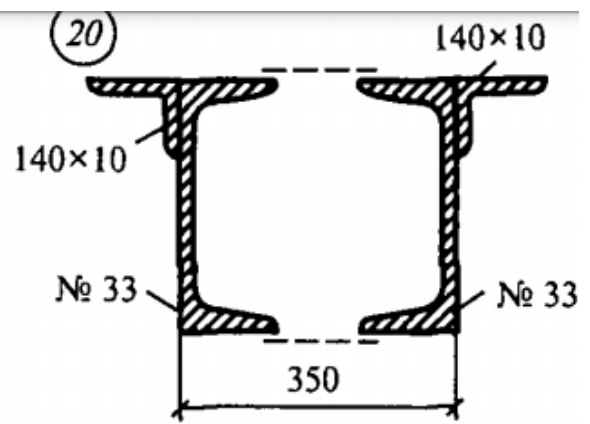
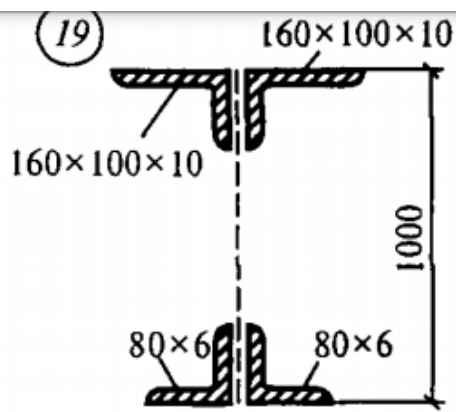
7



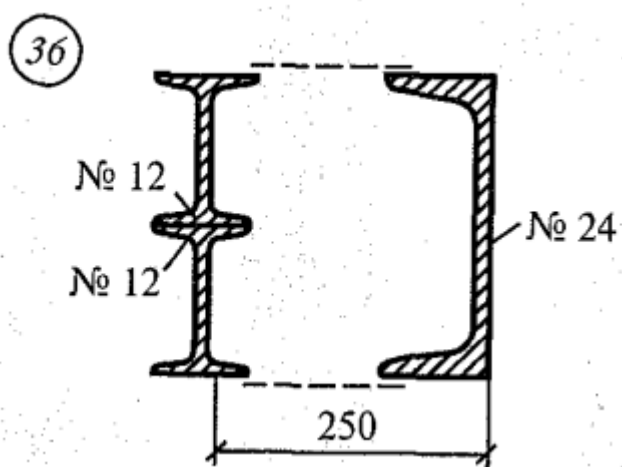
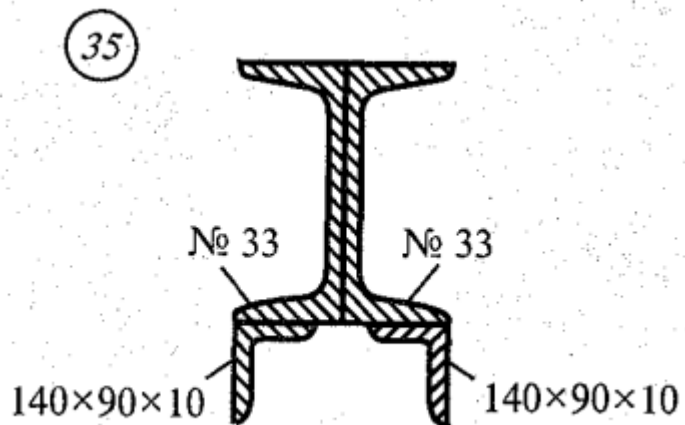
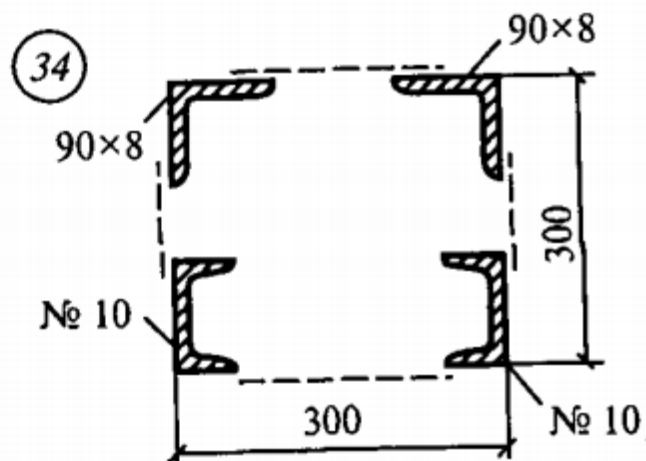
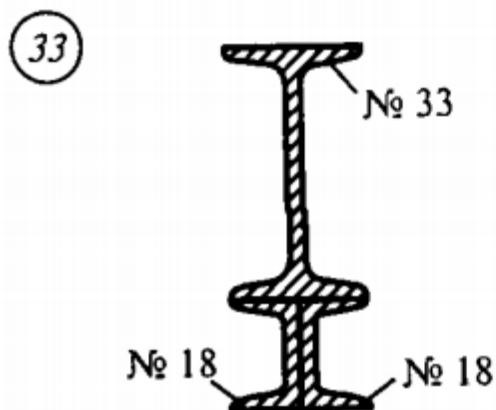
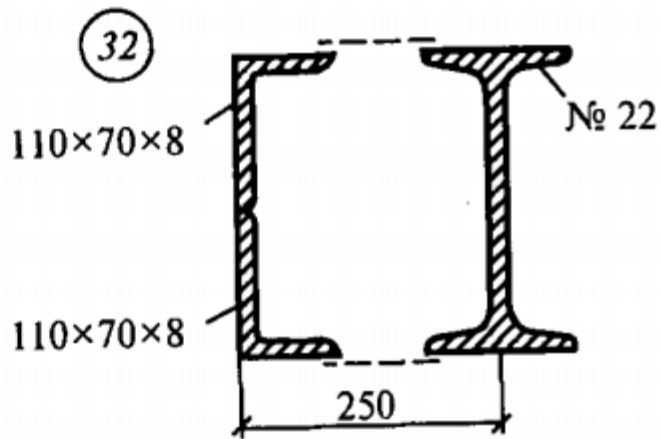
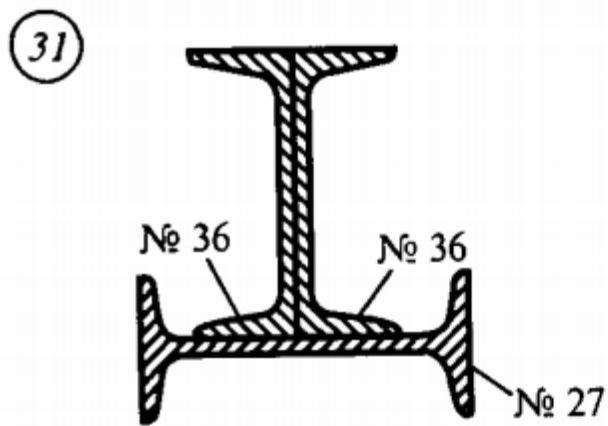
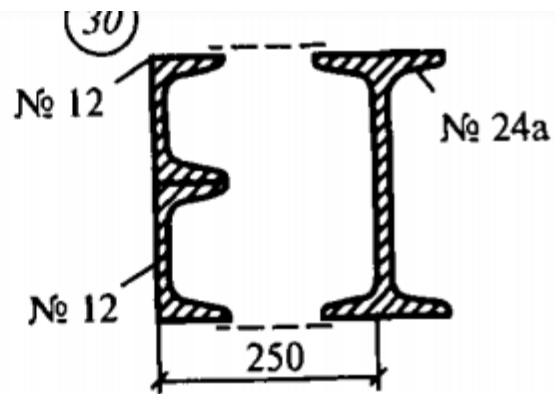
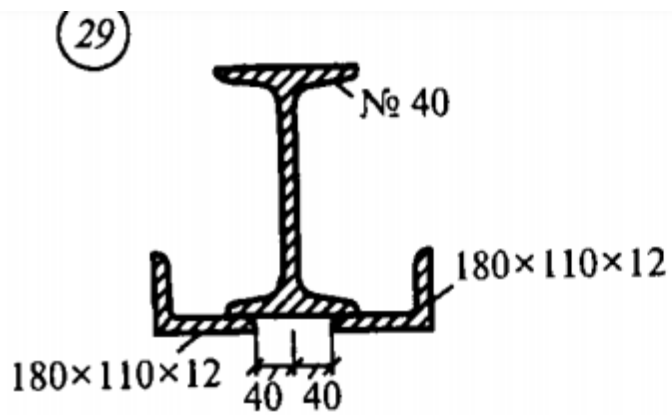
8











Цель: \_\_\_\_\_  
Оборудование (приборы, материалы, дидактическое обеспечение) \_\_\_\_\_

Рисунок

Дано:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Определить центр тяжести сечения:

\_\_\_\_\_

Расчётная схема:

1. Разбиваем сечение на простые фигуры, обозначаем цифрами 1, 2, 3, ...

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Указываем центры тяжести каждого профиля, обозначая их  $C_1, C_2, C_3,$  и т.д.) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Выбирают систему координатных осей - проводим оси «X» и «Y»

Следует помнить!, что если ось X совмещена с осью симметрии, то координата  $Y_c = 0$ , а если ось Y совмещена с осью симметрии, то  $X_c = 0$

4. Составляют формулы для определения координат центра тяжести сечения:

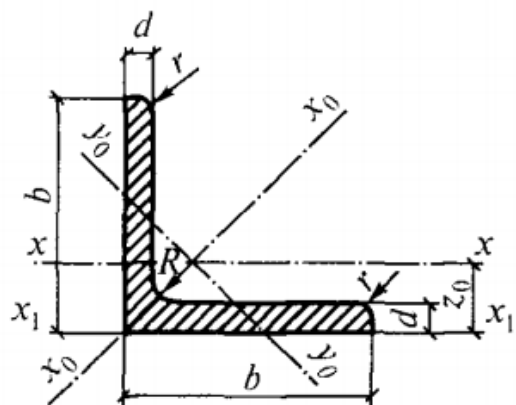
$$x_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + \dots + A_n x_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad y_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + \dots + A_n y_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

5. Определяем площади каждого профиля и координаты центров тяжести.

--	--	--	--	--



## Сталь прокатная угловая равнополочная (ГОСТ 8609—86)



Обозначения:

 $b$  — ширина полки; $d$  — толщина полки; $R$  — радиус внутреннего закругления; $r$  — радиус закругления полки; $J$  — момент инерции; $i$  — радиус инерции; $z_0$  — расстояние от центра тяжести до полки.

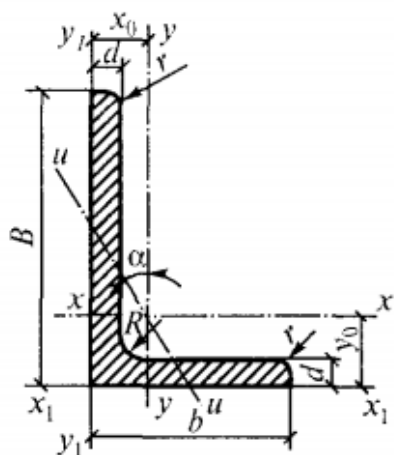
Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей							
	$b$	$d$	$R$	$r$			$x-x$		$x_0-x_0$		$y_0-y_0$		$x_1-x_1$	$z_0, \text{см}$
							$J_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$J_{x_0 \max}, \text{см}^4$	$i_{x_0 \max}, \text{см}$	$J_{y_0 \min}, \text{см}^4$	$i_{y_0 \min}, \text{см}$	$J_{x_1}, \text{см}^4$	
4,5	45	3	5	1,7	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	10,50	1,74	2,74	0,89	12,10	1,26
		5			4,29	3,37	8,03	1,37	12,70	1,72	3,33	0,88	15,30	1,30
5	50	3	5,5	1,8	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	11,20	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42
5,6	56	4	6	2	4,38	3,44	13,10	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5			5,41	4,25	16,00	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57

Номер профиля	Размеры, мм				Пло- щадь сече- ния, см <sup>2</sup>	Масса 1 м дли- ны, кг	Справочные величины для осей							
	b	d	R	r			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> , см
							J <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> , см	J <sub>x<sub>0</sub>max</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>x<sub>0</sub>max</sub> , см	J <sub>y<sub>0</sub>min</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>y<sub>0</sub>min</sub> , см	J <sub>x<sub>1</sub></sub> , см <sup>4</sup>	
6,3	63	4	7	2,3	4,96	3,90	18,90	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69
		5			6,13	4,81	23,10	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6			7,28	5,72	27,10	1,93	42,9	2,43	11,20	1,24	50,0	1,78
7	70	4,5	8	2,7	6,20	4,87	29,00	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		5			6,86	5,38	31,90	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6			8,15	6,39	37,60	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7			9,42	7,39	43,00	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
		8			10,70	8,37	48,20	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02
7,5	75	5	9	3	7,39	5,80	39,50	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
		6			8,78	6,89	46,60	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
		7			10,10	7,96	53,30	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
		8			11,50	9,02	59,80	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113,0	2,15
		9			12,80	10,10	66,10	2,27	105,0	2,86	27,5	1,46	127,0	2,18
8	80	5,5	9	3	8,63	6,78	52,70	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6			9,38	7,36	57,00	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102,0	2,19
		7			10,80	8,51	65,30	2,45	104,0	3,09	27,0	1,58	119,0	2,23
		8			12,30	9,65	73,40	2,44	116,0	3,08	30,3	1,57	137,0	2,27
9	90	6	10	3,3	10,60	8,33	82,10	2,78	130,0	3,50	34,0	1,79	145,0	2,43
		7			12,30	9,64	94,30	2,77	150,0	3,49	38,9	1,78	169,0	2,47
		8			13,90	10,90	106,00	2,76	168,0	3,48	43,8	1,77	194,0	2,51
		9			15,60	12,20	118,00	2,75	186,0	3,46	48,6	1,77	219,0	2,55

10	100	6,5	12	4	12,8	10,1	122,0	3,09	193,0	3,88	50,7	1,99	214,0	2,68
		7			13,8	10,8	131,0	3,08	207,0	3,88	54,2	1,98	231,0	2,71
		8			15,6	12,2	147,0	3,07	233,0	3,87	60,9	1,98	265,0	2,75
		10			19,2	15,1	179,0	3,05	284,0	3,84	74,1	1,96	333,0	2,83
		12			22,8	17,9	209,0	3,03	331,0	3,81	86,9	1,95	402,0	2,91
		14			26,3	20,6	237,0	3,00	375,0	3,78	99,3	1,94	472,0	2,99
		16			29,7	23,3	264,0	2,98	416,0	3,74	112,0	1,94	542,0	3,06
11	110	7	12	4	15,2	11,9	176,0	3,40	279,0	4,29	72,7	2,19	308,0	2,96
		8			17,2	13,5	198,0	3,39	315,0	4,28	81,8	2,18	353,0	3,00
12,5	125	8	14	4,6	19,7	15,5	294,0	3,87	467,0	4,87	122,0	2,49	516,0	3,36
		9			22,0	17,3	327,0	3,86	520,0	4,86	135,0	2,48	582,0	3,40
		10			24,3	19,1	360,0	3,85	571,0	4,84	149,0	2,47	649,0	3,45
		12			28,9	22,7	422,0	3,82	670,0	4,82	174,0	2,46	782,0	3,53
		14			33,4	26,2	482,0	3,80	764,0	4,78	200,0	2,45	916,0	3,61
		16			37,8	29,6	539,0	3,78	853,0	4,75	224,0	2,44	1051,0	3,68
14	140	9	14	4,6	24,7	19,4	466,0	4,34	739,0	5,47	192,0	2,79	818,0	3,78
		10			27,3	21,5	512,0	4,33	814,0	5,46	211,0	2,78	911,0	3,82
		12			32,5	25,5	602,0	4,31	957,0	5,43	248,0	2,76	1097,0	3,90
16	160	10	16	5,3	31,4	24,7	774,0	4,96	1229,0	6,25	319,0	3,19	1356,0	4,30
		11			34,4	27,0	844,0	4,95	1341,0	6,24	348,0	3,18	1494,0	4,35
		12			37,4	29,4	913,0	4,94	1450,0	6,23	376,0	3,17	1633,0	4,39
		14			43,3	34,0	1046,0	4,92	1662,0	6,20	431,0	3,16	1911,0	4,47
		16			49,1	38,5	1175,0	4,89	1866,0	6,17	485,0	3,14	2191,0	4,55
		18			54,8	43,0	1299,0	4,87	2061,0	6,13	537,0	3,13	2472,0	4,63
		20			60,4	47,4	1419,0	4,85	2248,0	6,10	589,0	3,12	2756,0	4,70
		18			180	11	16	5,3	38,8	30,5	1216,0	5,60	1933,0	7,06
12	42,2		33,1	1317,0		5,59			2093,0	7,04	540,0	3,58	2324,0	4,89

Номер профиля	Размеры, мм				Пло- щадь сече- ния, см <sup>2</sup>	Масса 1 м дли- ны, кг	Справочные величины для осей							
	b	d	R	r			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> , см
							J <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> , см	J <sub>x<sub>0</sub>max</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>x<sub>0</sub>max</sub> , см	J <sub>y<sub>0</sub>min</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>y<sub>0</sub>min</sub> , см	J <sub>x<sub>1</sub></sub> , см <sup>4</sup>	
20	200	12	18	6	47,1	37,0	1823,0	6,22	2896,0	7,84	749,0	3,99	3182,0	5,37
		13			50,9	39,9	1961,0	6,21	3116,0	7,83	805,0	3,98	3452,0	5,42
		14			51,6	42,8	2097,0	6,20	3333,0	7,81	861,0	3,97	3722,0	5,46
		16			62,0	48,7	2363,0	6,17	3755,0	7,78	970,0	3,96	4264,0	5,54
		20			76,5	60,1	2871,0	6,12	4560,0	7,72	1182,0	3,93	5355,0	5,70
		25			94,3	74,0	3466,0	6,06	5494,0	7,63	1438,0	3,91	6733,0	5,89
		30			111,5	87,6	4020,0	6,00	6351,0	7,55	1688,0	3,89	8130,0	6,07
22	220	14	21	7	60,4	47,4	2814,0	6,83	4470,0	8,60	1159,0	4,38	4941,0	5,93
		16			68,6	53,8	3175,0	6,81	5045,0	8,58	1306,0	4,36	5661,0	6,02
		16			78,4	61,5	4717,0	7,76	7492,0	9,78	1942,0	4,98	8286,0	6,75
		18			87,7	68,9	5247,0	7,73	8337,0	9,75	2158,0	4,96	9342,0	6,83
		20			97,0	76,1	5765,0	7,71	9160,0	9,72	2370,0	4,94	10401	6,91
25	250	22	24	8	106,1	83,3	6 270,0	7,69	9961,0	9,69	2579,0	4,93	11464	7,00
		25			119,1	94,0	7006,0	7,65	11125	9,64	2887,0	4,91	13064	7,11
		28			133,1	104,5	7717,0	7,61	12244	9,59	3190,0	4,89	14674	7,23
		30			142,0	111,4	8177,0	7,59	12965	9,56	3389,0	4,89	15753	7,31

## Сталь прокатная угловая неравнополочная (ГОСТ 8510—86)



Обозначения:

 $B$  — ширина большой полки; $b$  — ширина малой полки; $d$  — толщина полки; $R$  — радиус внутреннего закругления; $r$  — радиус закругления полки; $J$  — момент инерции; $i$  — радиус инерции; $x_0, y_0$  — расстояния от центра тяжести до наружных граней полки.

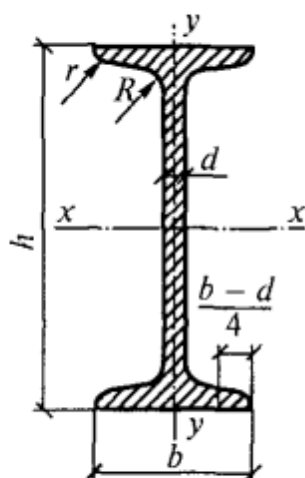
Номер профиля	Размеры, мм					Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей										Тангенс угла $\alpha$
	$B$	$b$	$d$	$R$	$r$			$x-x$		$y-y$		$x_1-x_1$		$y_1-y_1$		$u-u$		
								$J_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$J_y, \text{см}^4$	$i_y, \text{см}$	$J_{x_1}, \text{см}^4$	$y_0, \text{см}$	$J_{y_1}, \text{см}^4$	$x_0, \text{см}$	$J_{u \min}, \text{см}^4$	$i_{u \min}, \text{см}^4$	
5,5/3,6	56	36	4	6	2	3,58	2,81	11,4	1,78	3,7	1,02	23,2	1,82	6,25	0,84	2,19	0,78	0,506
			5			4,41	3,46	13,8	1,77	4,48	1,01	29,2	1,86	7,91	0,88	2,66	0,78	0,404
6,3/4	63	40	4	7	2,3	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	33,0	2,03	8,51	0,91	3,07	0,87	0,397
			5			5,98	3,91	19,9	2,00	6,26	1,12	41,4	2,08	10,80	0,95	3,73	0,86	0,396
			6			5,90	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	2,12	13,10	0,99	4,36	0,86	0,393
			8			7,68	6,03	29,6	1,96	9,15	1,09	66,9	2,20	17,90	1,07	5,58	0,85	0,386
7,4/5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	4,39	27,8	2,23	9,05	1,27	56,7	2,28	15,20	1,05	5,34	0,98	0,406



Номер про- филя	Размеры, мм					Пло- щадь сече- ния, см <sup>2</sup>	Масса 1 м дли- ны, кг	Справочные величины для осей										Тан- генс угла $\alpha$
	B	b	d	R	r			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> , см <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> , см	J <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>y</sub> , см	J <sub>x<sub>1</sub></sub> , см <sup>4</sup>	y <sub>0</sub> , см	J <sub>y<sub>1</sub></sub> , см <sup>4</sup>	x <sub>0</sub> , см	J <sub>u min</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>u min</sub> , см <sup>4</sup>	
7,5/5	75	50	5	8	2,7	6,11	4,79	34,8	2,39	12,5	1,43	69,7	2,39	20,8	1,17	7,24	1,09	0,436
			6			7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	83,9	2,44	25,2	1,21	8,48	1,08	0,435
			8			9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	112,0	2,52	34,2	1,29	10,90	1,07	0,430
8/5	80	50	5	8	2,7	6,36	4,99	41,6	2,56	12,7	1,41	84,6	2,60	20,8	1,13	7,58	1,09	0,387
			6			7,55	5,92	49,0	2,55	14,8	1,40	102,0	2,65	25,2	1,17	8,88	1,08	0,386
9/5,6	90	56	5,5	9	3	7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	132,0	2,92	32,2	1,26	11,80	1,22	0,384
			6			8,54	6,70	70,6	2,88	21,2	1,58	145,0	2,95	35,2	1,28	12,70	1,22	0,384
			8			11,18	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	194,0	3,04	47,8	1,36	16,30	1,21	0,380
10/6,3	100	63	6	10	3,3	9,59	7,53	98,3	3,20	30,6	1,79	198,0	3,23	49,9	1,42	18,20	1,38	0,393
			7			11,10	8,70	113,0	3,19	35,0	1,78	232,0	3,28	58,7	1,46	20,80	1,37	0,392
			8			12,60	9,87	127,0	3,18	39,2	1,77	266,0	3,32	67,6	1,50	23,40	1,36	0,391
			10			15,50	12,10	154,0	3,15	47,1	1,75	333,0	3,40	85,8	1,58	28,30	1,35	0,387
11/7	110	70	6,5	10	3,3	11,40	8,98	142,0	3,53	45,6	2,00	286,0	3,55	74,3	1,58	26,90	1,53	0,402
			8			13,90	10,90	172,0	3,51	54,6	1,98	353,0	3,61	92,3	1,64	32,30	1,52	0,400
12,5/8	125	80	7	11	3,7	14,10	11,00	227,0	4,01	73,7	2,29	452,0	4,01	119,0	1,80	43,30	1,76	0,407
			8			16,00	12,50	256,0	4,00	83,0	2,28	518,0	4,05	137,0	1,84	48,80	1,75	0,406
			10			19,70	15,50	312,0	3,98	100,0	2,26	649,0	4,14	173,0	1,92	59,30	1,74	0,404
			12			23,40	18,30	365,0	3,95	117,0	2,24	781,0	4,22	210,0	2,00	69,50	1,72	0,400
14/9	140	90	8	12	4	18,00	14,10	364,0	4,49	120,0	2,58	727,0	4,49	194,0	2,03	70,30	1,98	0,411
			10			22,20	17,50	444,0	4,47	146,0	2,56	911,0	4,58	245,0	2,12	85,50	1,96	0,409

16/10	160	100	9	13	4,3	22,90	18,00	606,0	5,15	186,0	2,85	1221	5,19	300,0	2,23	110,0	2,20	0,391
			10			25,30	19,80	667,0	5,13	204,0	2,84	1359	5,23	335,0	2,28	121,0	2,19	0,390
			12			30,00	23,60	784,0	5,11	239,0	2,82	1634	5,32	405,0	2,36	142,0	2,18	0,388
			14			34,70	27,30	897,0	5,08	272,0	2,80	1910	5,40	477,0	2,43	162,0	2,16	0,385
18/11	180	110	10	14	4,7	28,30	22,20	952,0	5,80	276,0	3,12	1933	5,88	444,0	2,44	165,0	2,42	0,375
			12			33,70	26,40	1123,0	5,77	324,0	3,10	2324	5,97	537,0	2,52	194,0	2,40	0,374
20/12,5	200	125	11	14	4,7	34,90	27,40	1449,0	6,45	446,0	3,58	2920	6,50	718,0	2,79	264,0	2,75	0,392
			12			37,90	29,70	1568,0	6,43	482,0	3,57	3189	6,54	786,0	2,83	285,0	2,74	0,392
			14			43,90	34,40	1801,0	6,41	551,0	3,54	3726	6,62	922,0	2,91	327,0	2,73	0,390
			16			49,80	39,10	2026,0	6,38	617,0	3,52	4264	6,71	1061	2,99	367,0	2,72	0,388
25/16	250	160	12	18	6	48,30	37,90	3147,0	8,07	1032	4,62	6212	7,97	1634	3,53	604,0	3,54	0,410
			16			63,60	49,90	4091,0	8,02	1333	4,58	8308	8,14	2200	3,69	781,0	3,50	0,408
			18			71,10	55,80	4545,0	7,99	145,0	4,56	9358	8,23	2487	3,77	866,0	3,49	0,407
			20			78,50	61,70	4987,0	7,97	1613	4,53	10410	8,31	2776	3,85	949,0	3,48	0,405

## Сталь прокатная — балки двутавровые (ГОСТ 8239—72)



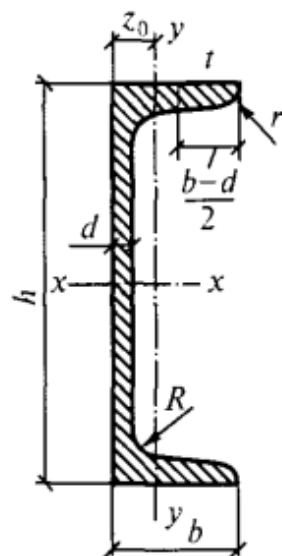
Обозначения:

- $h$  — высота балки;  
 $b$  — ширина полки;  
 $d$  — толщина стенки;  
 $t$  — средняя толщина полки;  
 $R$  — радиус внутреннего закругления;  
 $r$  — радиус закругления полки;  
 $J$  — момент инерции;  
 $W$  — момент сопротивления;  
 $S$  — статический момент полусечения;  
 $i$  — радиус инерции.

Номер профиля	Масса 1 м длины, кг	Размеры, мм						Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						
		$h$	$b$	$d$	$t$	$R$	$r$		$x-x$				$y-y$		
									$J_x$ , см <sup>2</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$J_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,8	2,12

20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,1	2,07
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8	2790	254	9,22	143	106	34,3	2,50
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	20,5	4,0	37,5	3800	317	10,10	178	260	41,6	2,63
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	5010	371	11,20	210	260	41,5	2,54
27a	33,9	270	135	6,0	10,2	11,0	4,5	43,2	5500	407	11,30	229	337	50,0	2,80
30	36,5	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	7080	472	12,30	268	337	49,9	2,69
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9	7780	518	12,50	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	9840	597	13,50	339	419	59,9	3,79
36	48,6	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	13380	743	14,70	423	516	71,1	2,89
40	57,0	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	19062	953	16,20	545	667	86,1	3,03
45	66,5	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	27696	1231	18,10	708	808	101,0	3,09
50	78,5	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100	39727	1589	19,90	919	1043	123,0	3,23
55	92,6	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118	55962	2035	21,80	1181	1356	151,0	3,39
60	108,0	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138	76806	2560	23,60	1491	1725	182,0	3,54

## Сталь прокатная — швеллеры (ГОСТ 8240—72)



Обозначения:

 $h$  — высота швеллера; $b$  — ширина полки; $d$  — толщина стенки; $t$  — средняя толщина полки; $R$  — радиус внутреннего закругления; $r$  — радиус закругления полки; $J$  — момент инерции; $W$  — момент сопротивления; $S$  — статический момент полусечения; $i$  — радиус инерции; $z_0$  — расстояние от оси  $y$ — $y$  до наружной грани стенки.

Номер профиля	Масса 1 м длины, кг	Размеры, мм						Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей							
		$h$	$b$	$d$	$t$	$R$	$r$		$x-x$				$y-y$			$z_0$ , см
									$J_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$J_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см	
5	4,84	50	32	4,4	7	6	2,5	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	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	7	3	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	7,5	3	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	8	3	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67

14a	13,3	140	62	4,9	8,7	8	3	17	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5	8,4	8,5	3,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16a	15,3	160	68	5	9	8,5	3,5	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,0
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18a	16,4	180	74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9	9,5	4	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	4	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21	220	82	5,4	9,5	10	4	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10	4	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46
24	24	240	90	5,6	10	10,5	4	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	4	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,2	270	95	6	10,5	11	4,5	35,2	4160	308	10,9	178	272	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11	12	5	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7	11,7	13	5	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	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	15	6	61,5	15 220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75