

## Расчетно-проектировочная работа №2

### Геометрические характеристики плоских составных сечений

Для составного плоского сечения (рис.4), соответствующего варианту задания, с размерами, выбранными по шифру из табл.4, требуется определить значения следующих геометрических характеристик:

1. положение центра тяжести;
2. величины осевых и центробежных моментов инерции относительно осей, проходящих через центр тяжести;
3. положение главных центральных осей инерции ( $\alpha_0$ );
4. значения главных моментов инерции сечения (max, min);
5. \*Провести проверку: определить значение одного из главных моментов по формуле момента инерции при повороте осей.

Таблица 4

Номер варианта	Номер схемы	$a$ , см	$t$ , см	уголок	швеллер	двутавр
1	1	20	1	14/9	10	20
2	2	22	2	140*10	14	12
3	3	24	3	10/6,3	8	14
4	4	26	4	80*8	10	16
5	5	28	5	8/5	12	18
6	6	30	1	90*6	14	20
7	7	40	2	7/4,5	16	22
8	8	38	3	80*8	16a	24
9	9	36	4	10/6,3	18	27
10	10	34	5	70*6	18a	30
11	11	32	1	11/7	20	22
12	12	42	2	80*6	22	16
13	13	44	3	8/5	24	24
14	14	46	4	80*8	22	14
15	15	48	5	9/5,6	12	12
16	16	50	1	90*6	14	14
17	17	20	2	10/6,3	16	16
18	18	22	3	90*8	20	18
19	19	24	4	11/7	5	20
20	20	26	5	100*8	6,5	22
21	21	28	1	12,5/8	8	24
22	22	30	2	100*10	10	27
23	23	40	3	14/9	12	16
24	24	38	4	100*12	14	22
25	25	36	5	16/10	16	16
26	26	34	1	110*7	16a	20
27	27	32	2	18/11	18	10
28	28	42	3	110*8	18a	12
29	29	44	4	20/12,5	20	14
30	30	46	5	125*8	22	16
31	31	48	1	10/6,3	24	18
32	32	50	2	90*8	27	20
33	33	52	3	11/7	20	22
34	34	54	4	100*8	16	24
35	35	56	5	12,5/8	18	27
36	36	58	1	100*10	12	20
	<b>а</b>	<b>б</b>	<b>а</b>	<b>б</b>	<b>а</b>	<b>б</b>

### Методические указания:

*Знания и умения:* Определение положения центра тяжести составного сечения, понятие о статическом моменте, осевых и центробежном моментах инерции для простейших фигур. Определение положения главных осей и значений максимального и минимального моментов инерции сечения.

*Указания:* Вычертить сечение в масштабе 1 : 1 или 1 : 2 на миллиметровке, показать на нем все размеры, расстояния и оси. Выписать все необходимые данные из таблиц сортамента. Для профилей скругления не заменяются прямоугольниками. Расчеты ведутся в см. В конце расчета заданное сечение приводится на одном листе, где показываются центральные оси, расстояния от центральных осей до осей элементов, главные центральные оси (красный цвет). Результаты расчетов свести в таблицу. Вычислить значения главных моментов инерции и проверить по формулам определения моментов инерции при повороте  $\alpha_0$ .

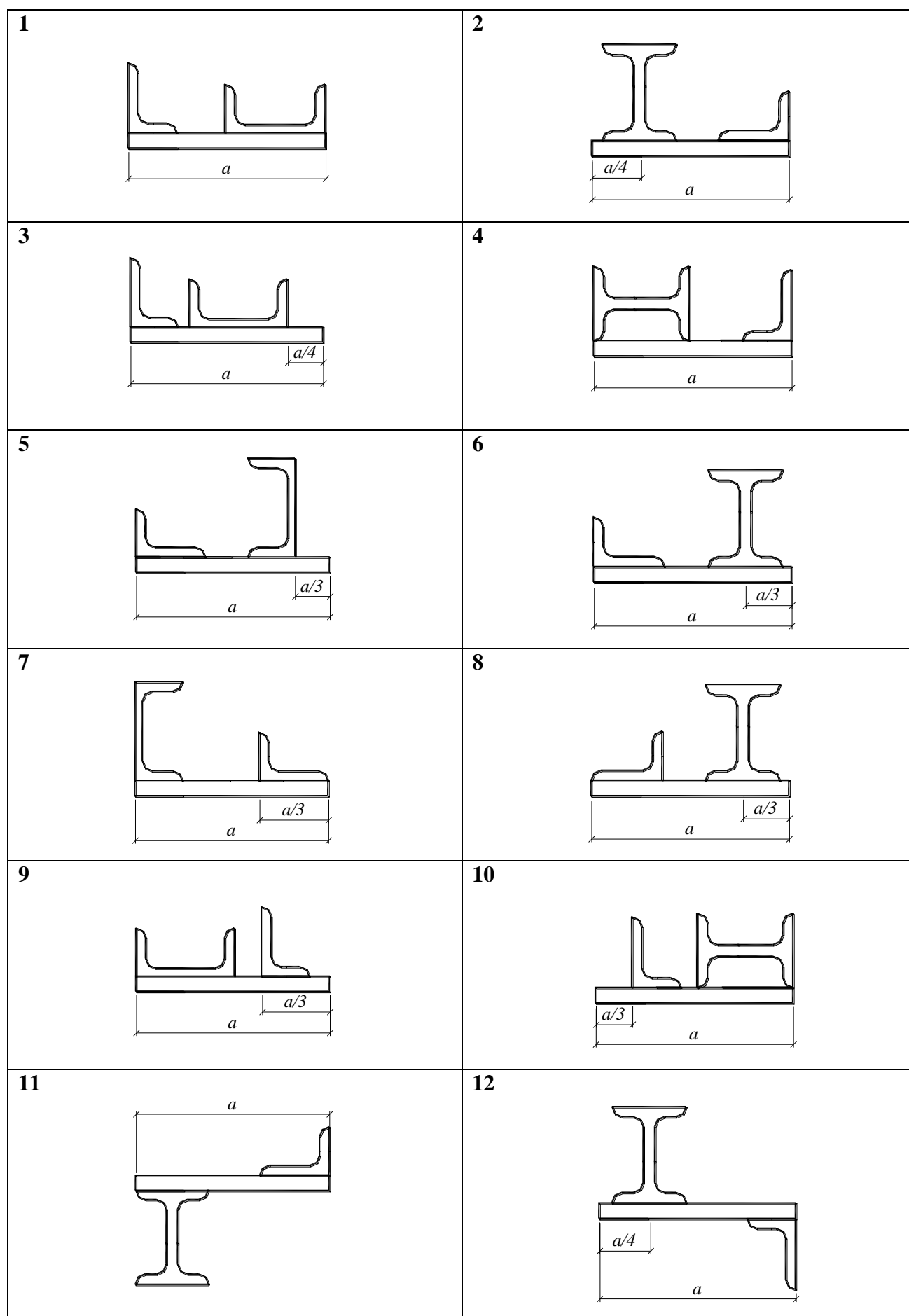


Рис.4

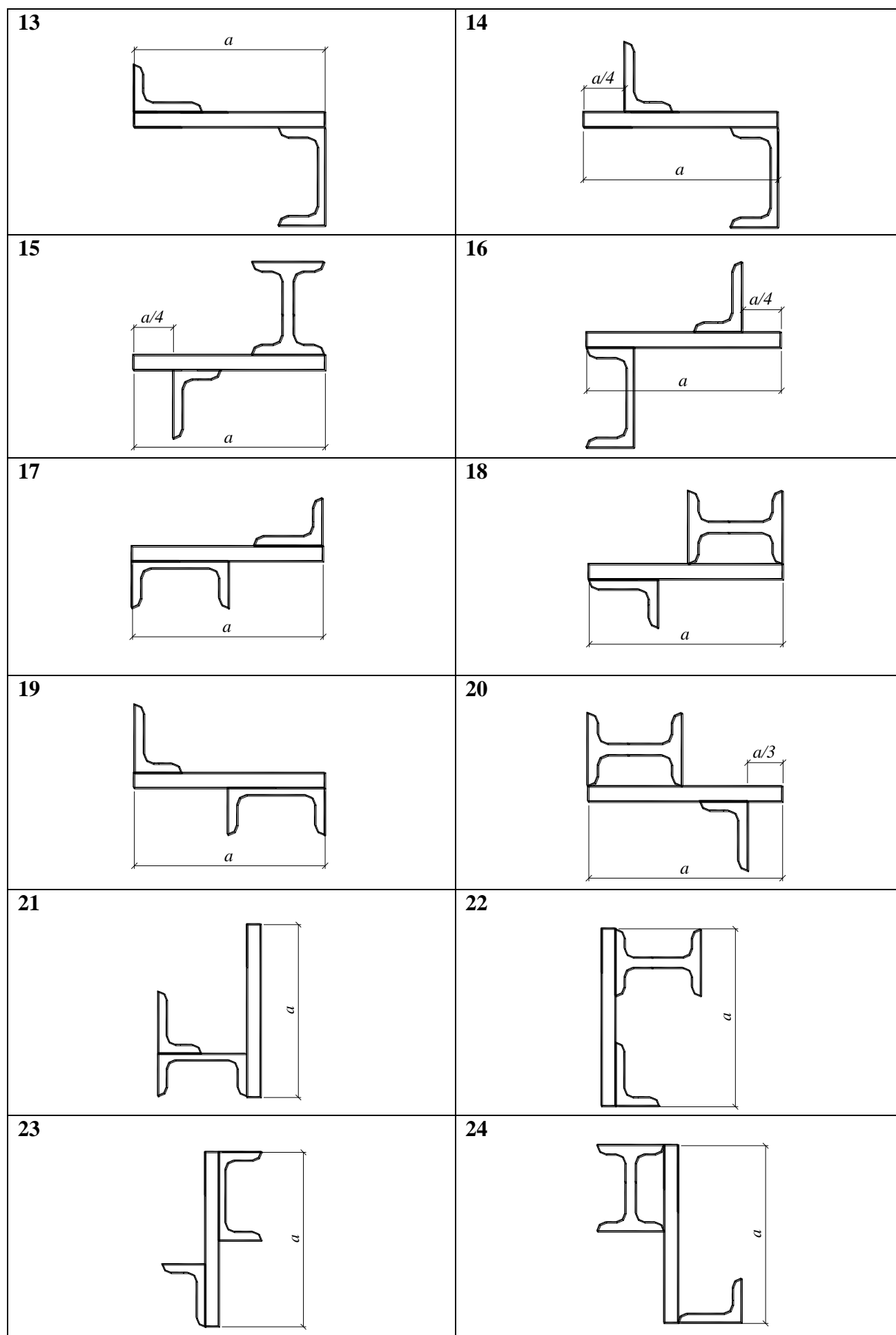


Рис. 4

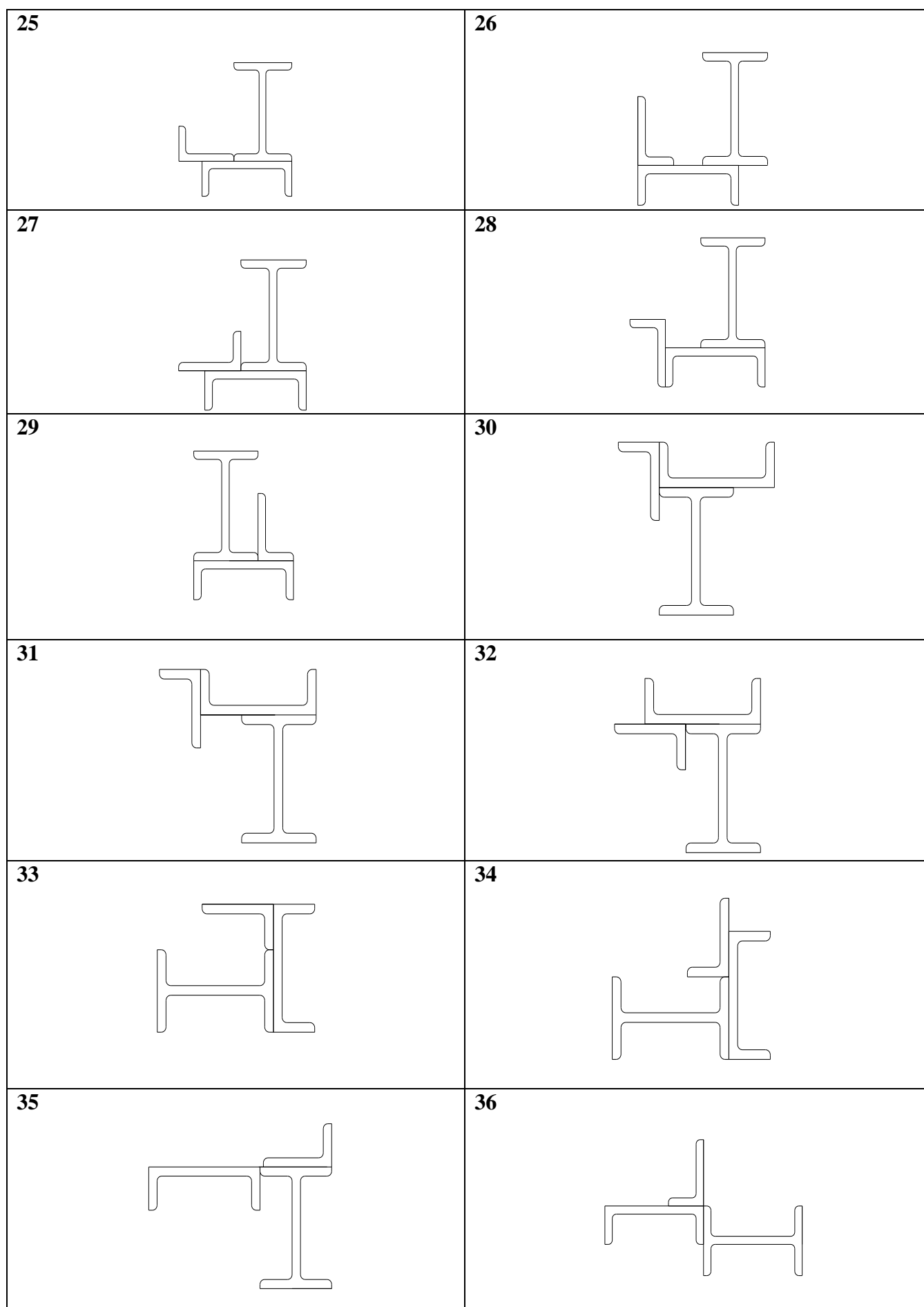
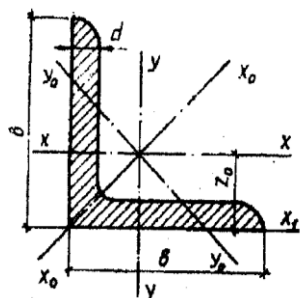


Рис. 4



b, d - ширина и толщина полки;  $Z_0$  - расстояние от центра тяжести до наружной грани полки; R –радиус внутреннего закругления; r – радиус закругления полки; I, i - момент и радиус инерции; W –момент сопротивления;  $I_{xy}$ – центробежный момент инерции.

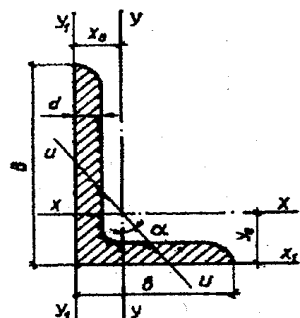
Рисунок 4.1 - Уголок равнополочный

Таблица 4.1 – Сталь прокатная угловая равнополочная ГОСТ 8509-86.

Номер уголка	b	d	R	r	Площа дь попере чного сечени я, см <sup>2</sup>	Справочная величина для оси									
						X - X			X <sub>0</sub> - X <sub>0</sub>		Y <sub>0</sub> - Y <sub>0</sub>			I <sub>xy</sub> , см <sup>4</sup>	z <sub>0</sub> . см
	мм					I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>x max</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>x0max</sub> , см	I <sub>y0 min</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y0min</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>y0min</sub> , см		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
40*4	40	4	5,0	1,7	3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	2,68	1,13
45*4	45	4	5,0	1,7	3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	3,89	1,26
50*4	50	4	5,5	1,8	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38
60*8	60	8	7,0	2,3	9,04	29,55	7,00	1,81	46,77	2,27	12,34	4,90	1,17	17,22	1,78
70*6	70	6	8,0	2,7	8,15	37,58	7,43	2,15	59,64	2,71	15,52	5,66	1,38	22,1	1,94
80*6	80	6	9,0	3,0	9,38	56,97	9,80	2,47	90,40	3,11	23,54	7,60	1,58	33,4	2,19
80*8	80	8	9,0	3,0	12,30	73,36	12,80	2,44	116,39	3,08	30,32	9,44	1,57	43,0	2,27
90*6	90	6	10,0	3,3	10,61	82,10	12,49	2,78	130,00	3,50	33,97	9,88	1,79	48,1	2,43
90*8	90	8	10,0	3,3	13,93	106,11	16,36	2,76	168,42	3,48	43,80	12,34	1,77	62,3	2,51
100*8	100	8	12,0	4,0	15,60	147,19	20,30	3,07	233,46	3,87	60,92	15,66	1,98	86,3	2,75
100*10	100	10	12,0	4,0	19,24	178,95	24,97	3,05	283,83	3,84	74,08	18,51	1,96	110	2,83
100*12	100	12	12,0	4,0	22,80	208,90	29,47	3,03	330,95	3,81	86,84	21,10	1,95	122	2,91
110*7	110	7	12,0	4,0	15,15	175,61	21,83	3,40	278,54	4,29	72,68	17,36	2,19	106	2,96
110*8	110	8	12,0	4,0	17,20	198,17	24,77	3,39	314,51	4,28	81,83	19,29	2,18	116	3,00
125*8	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	32,20	3,87	466,76	4,87	121,98	25,67	2,49	172	3,36
125*10	125	10	14,0	4,6	24,33	359,82	39,74	3,85	571,04	4,84	148,59	30,45	2,47	211	3,45
125*12	125	12	14,0	4,6	28,89	422,23	47,06	3,82	670,02	4,82	174,43	34,94	2,46	248	3,53

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
140*9	140	9	14,0	4,6	24,72	465,72	45,55	4,34	739,42	5,47	192,03	35,03	2,79	274	3,78
140*10	140	10	14,0	4,6	27,33	512,29	50,32	4,33	813,62	5,46	210,96	39,05	2,78	301	3,82
160*10	160	10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96	1229,10	6,25	319,38	52,52	3,19	455	4,30
160*12	160	12	16,0	5,3	37,39	912,89	78,62	4,94	1450,00	6,23	375,78	60,53	3,17	537	4,39
160*16	160	16	16,0	5,3	49,07	1175,19	102,64	4,89	1865,73	6,17	484,64	75,92	3,14	690	4,55
180*11	180	11	16,0	5,3	38,80	1216,44	92,47	5,60	1933,10	7,06	499,78	72,86	3,59	716	4,85
180*12	180	12	16,0	5,3	42,19	1316,62	100,41	5,59	2092,78	7,04	540,45	78,15	3,58	776	4,89
200*12	200	12	18,0	6,0	47,10	1822,78	124,61	6,22	2896,16	7,84	749,40	98,68	3,99	1073	5,37
200*14	200	14	18,0	6,0	54,60	2097,00	144,17	6,20	3333,00	7,81	861,00	111,50	3,97	1236	5,46
220*14	220	14	21,0	7,0	60,38	2814,36	175,18	6,83	4470,15	8,60	1158,56	138,62	4,38	1655	5,91
220*16	220	16	21,0	7,0	68,58	3175,44	198,71	6,80	5045,37	8,58	1305,52	153,34	4,36	1862	6,02
250*16	250	16	24,0	8,0	78,40	4717,10	258,43	7,76	7492,10	9,78	1942,09	203,45	4,98	2775	6,75

Продолжение таблицы 4.1



$B, b$  - ширина большей и меньшей полки;  $t$  - толщина полки;  $x_0, y_0$  - расстояние от центра тяжести до наружных граней полки;  $R$  - радиус внутреннего закругления;  $r$  - радиус закругления полки;  $I, i$  - момент и радиус инерции;  $W$  - момент сопротивления;  $I_{xy}$  - центробежный момент инерции.

Рисунок 4.2 – Уголок неравнополочный

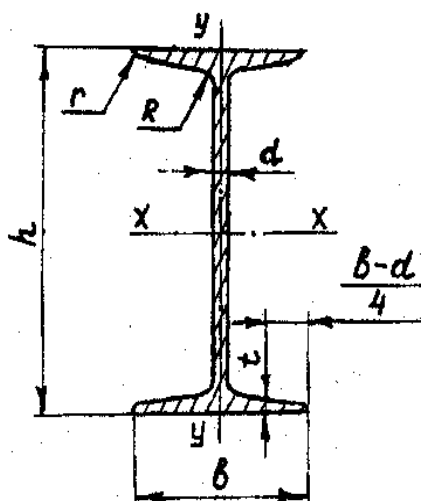
Таблица 4.2 – Сталь прокатная угловая неравнополочная ГОСТ 8510-86

Номер уголка	B	b	t	Площадь попереч ного сечения , см <sup>2</sup>	Справочная величина для оси								x <sub>0</sub> , см	y <sub>0</sub> , см	I <sub>xy</sub> , см <sup>4</sup>	Угол наклона оси, tg
					x-x			y-y			u-u					
	мм				I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см	I <sub>v min</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>v min</sub> , см				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4/2,5	40	25	4	2,47	3,93	1,49	1,26	1,18	0,63	0,69	0,71	0,54	0,63	1,37	1,22	0,381

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4,5/2,8	45	28	4	2,80	5,68	1,90	1,42	1,69	0,80	0,78	1,02	0,60	0,68	1,51	1,77	0,379
5/3,2	50	32	4	3,17	7,98	2,38	1,59	2,56	1,05	0,90	1,52/	0,69	0,76	1,65	2,59	0,401
5,6/3,6	56	36	5	4,41	13,82	3,70	1,77	4,48	1,65	1,01	2,65	0,78	0,88	1,87	4,50	0,404
6,3/4,0	63	40	6	5,90	23,31	5,58	1,99	7,29	2,42	1,11	4,36	0,86	0,99	2,12	7,44	0,393
7/4,5	70	45	5	5,59	27,76	5,88	2,23	9,05	2,62	1,27	5,34	0,98	1,05	2,28	9,12	0,406
8/5	80	50	6	7,55	48,98	9,15	2,55	14,85	3,88	1,40	8,88	1,08	1,17	2,65	15,50	0,386
9/5,6	90	56	8	11,18	90,87	15,24	2,85	27,08	6,39	1,56	16,29	1,21	1,36	3,04	28,33	0,380
10/6,3	100	63	6	9,58	98,29	14,52	3,20	30,58	6,27	1,79	18,20	1,38	1,42	3,23	31,50	0,393
10/6,3	100	63	8	12,57	126,96	19,01	3,18	39,21	8,17	1,77	23,38	1,36	1,50	3,32	40,50	0,391
10/6,3	100	63	10	15,47	153,95	23,32	3,15	47,18	9,99	1,75	28,34	1,35	1,58	3,40	48,60	0,387
11/7	110	70	8	13,93	171,54	23,22	3,51	54,64	10,20	1,98	32,31	1,52	1,64	3,61	55,90	0,400
12,5/8	125	80	8	15,98	225,62	30,27	4,00	80,95	13,47	2,28	48,82	1,75	1,84	4,05	84,10	0,406
14/9	140	90	8	18,00	363,68	38,25	4,49	119,79	17,19	2,58	70,27	1,98	2,03	4,49	121,00	0,411
14/9	140	90	10	22,24	444,45	47,19	4,47	145,54	21,14	2,56	85,51	1,96	2,12	4,58	147,00	0,409
16/10	160	100	10	25,28	666,59	61,91	5,13	204,09	26,42	2,84	121,16	2,19	2,28	5,23	213,00	0,390
16/10	160	100	14	34,72	897,19	84,65	5,08	271,60	35,89	2,80	162,49	2,16	2,43	5,40	282,00	0,385
18/11	180	110	10	28,33	952,28	78,59	5,80	276,37	32,27	3,12	165,44	2,42	2,44	5,88	295,00	0,376
18/11	180	110	12	33,69	1122,56	93,33	5,77	324,09	38,20	3,10	194,28	2,40	2,52	5,97	348,00	0,374
20/12,5	200	125	12	37,89	1568,19	116,51	6,43	481,93	49,85	3,57	285,04	2,74	2,83	6,54	503,00	0,392
20/12,5	200	125	14	43,87	1800,83	134,64	6,41	550,77	57,43	3,54	326,54	2,73	2,91	6,62	575,00	0,390
20/12,5	200	125	16	49,77	2026,08	152,41	6,38	616,66	64,83	3,52	366,99	2,72	2,99	6,71	643,00	0,388

Продолжение таблицы 4.2



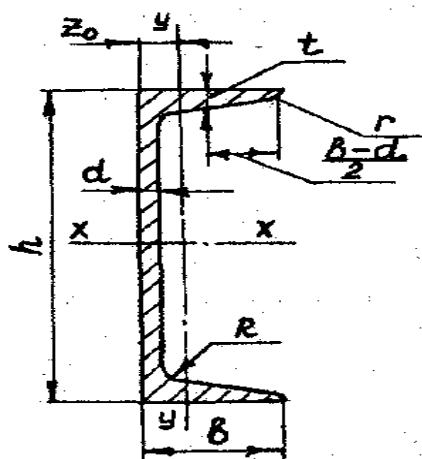


$h$  – высота;  $d$  – толщина стенки;  $b$  – ширина полки;  $t$  – средняя толщина полки;  $R$  – радиус внутреннего закругления;  $r$  – радиус закругления полки;  $W$  – момент сопротивления;  $S$  – статический момент полусечения;  $I$ ,  $i$  – момент и радиус инерции.

Рисунок 4.3 – Двутавр

Таблица 4.3 – Двутавры стальные горячекатаные  
ГОСТ 8239-89.

Ном ер двут авра	Размер, мм				Площа дь попере чного сечени я, см <sup>2</sup>	Справочная величина для оси						
	h	b	d	t		х-х				у-у		
						I <sub>х</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>х</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>х</sub> , см	S <sub>х</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>у</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>у</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>у</sub> , см
10	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184,0	8,28	104	115	23,1	2,07
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
27	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
33	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	84,7	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	100,0	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	118,0	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	138,0	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54



h - высота; b - ширина полки; d - толщина стенки; R - радиус внутреннего закругления; r - радиус закругления полки;  $z_0$  - расстояние то оси Y-Y до наружной грани стенки; I – момент инерции; W - момент сопротивления; S - статический момент площади полусечения; i - радиус инерции.

**Рисунок 4.4 - Швеллер**

**Таблица 4.4 – Швеллеры стальные горячекатаные  
ГОСТ 8240-89**

Ном ер швел лера	h, мм	b, мм	d, мм	t, мм	Площа дь попере чного сечени я, см <sup>2</sup>	Справочная величина для оси							Z <sub>0</sub> . см
						x-x				y-y			
						I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	S <sub>x</sub> . см <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> см	
5	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,95	1,16
6,5	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	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	23,30	12,80	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,90	174,0	34,8	3,99	20,40	20,40	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,30	304,0	50,6	4,78	29,60	31,20	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,60	491,0	70,2	5,60	40,80	45,40	11,00	1,70	1,67
16	160	64	5,0	8,4	18,10	747,0	93,4	6,42	54,10	63,30	13,80	1,87	1,80
16a	160	68	5,0	9,0	19,50	823,0	103,0	6,49	59,40	78,80	16,40	2,01	2,00
18	180	70	5,1	8,7	20,70	1090,0	121,0	7,24	69,80	86,00	17,00	2,04	1,94
18a	180	74	5,1	9,3	22,20	1190,0	132,0	7,32	76,10	105,00	20,00	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9,0	23,40	1520,0	152,0	8,07	87,80	113,00	20,50	2,20	2,07
22	220	82	5,4	9,5	26,70	2110,0	192,0	8,89	110,00	151,00	25,10	2,37	2,21
24	240	90	5,6	10,0	30,60	2900,0	242,0	9,73	139,00	208,00	31,60	2,60	2,42
27	270	95	6,0	10,5	35,20	4160,0	308,0	10,90	178,00	262,00	37,30	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,50	5810,0	387,0	12,00	224,00	327,00	43,60	2,84	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,50	7980,0	484,0	13,10	281,00	410,00	51,80	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,40	10820,0	601,0	14,20	350,00	513,00	61,70	3,10	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,50	15220,0	761,0	15,70	444,00	642,00	73,40	3,23	2,75