



# **Строительные конструкции транспортных сооружений**

**Металлические конструкции  
СП 16.13330.2011**

---

# **Химический состав определяет марку стали и ее механические характеристики**

**По химическому составу стали могут быть углеродистые и легированные**

**УГЛЕРОДИСТАЯ - ЭТО СТАЛЬ , В КОТОРОЙ УГЛЕРОД ЯВЛЯЕТСЯ ОСНОВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ЕЕ СВОЙСТВА.**

**СТАЛЬ ПОДРАЗДЕЛЯЕТСЯ НА НИЗКО-, СРЕДНЕ-И ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТУЮ С СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА СООТВЕТСТВЕННО: ДО 0,25 %, ОТ 0,25 ДО 0,5 % И ОТ 0,5 ДО 2 %.**

**НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ ЧАЩЕ ПРИМЕНЯЮТ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ;**

**среднеуглеродистые — в машиностроительных;**

**высокоуглеродистые — в инструментальном производстве**

---

**Легированная сталь** в своем составе кроме углерода имеет различные легирующие компоненты (**хром, кремний, медь, никель, ниобий, титан, молибден, марганец, ванадий и др.**), по содержанию легирующих добавок делится на **низко-, средне- и высоколегированную**.

**Суммарное содержание легирующих элементов в таких сталях составляет соответственно: до 2,5 %; от 2,5 до 10 % и более 10 %.**

По назначению стали подразделяются на **конструкционную, инструментальную** и **сталь с особыми свойствами** (нержавеющие, жаропрочные ...)

В зависимости от способа производства (в конверторах, мартеновских печах, в электропечах) *различают три класса стали:*

**I класс-сталь обыкновенного качества;**

II класс - сталь качественная и

III класс - сталь высококачественная.

По применению сталь подразделяют на четыре класса:

**I класс - строительная,**

II класс- конструкционная,

III класс - инструментальная и

IV класс - с особыми свойствами.

**Строительные стали**

Углеродистые стали обыкновенного качества и низколегированные стали. Основное требование к строительным сталям - их хорошая свариваемость. Например: С255, С345Т, С390К, С440Д.

# Классификация сталей по качеству

Группа	Сера S, %	Фосфор P, %
Обыкновенного качества (рядовые)	менее 0,06	менее 0,07
Качественные	менее 0,04	менее 0,035
Высококачественные	менее 0,025	менее 0,025
Особовысококачественные	менее 0,015	менее 0,025

## Классификация стали по структуре

Сталь	Температура полухрупкости $T_{50}$ , °C
Спокойная . . . . .	0
Полуспокойная . . . . .	10
Кипящая . . . . .	20

## **Зависимость классов стали от ее механических свойств при растяжении**

**C38/23, C44/29, C46/33, C52/40, C70/45, C70/60 и C85/75.**

В обозначении класса стали буква «С» означает сталь, цифра в числителе — временное сопротивление, цифра в знаменателе — предел текучести в кг/мм<sup>2</sup>

(1 кг/мм<sup>2</sup> = 10 МПа).

Класс C38/23 марки ВСтЗГпс5, ВСтЗспб, 16Д, ВСтЗпсб, ВСтЗкп2, 18кп, 18пс, 18сп, 18Гпс, 09Г2С;

класс C44/29 марки 09Г2 и 09Г2С и др.;

класс C46/39 марки 09Г2С, 10Г2С1, 15ХСНД, 10ХНДП ;

класс C52/40 марки 10Г2С1 (т), 10ХИДП, 14Г2АФ, 15Г2АФЛпс, 15Г20Ф;

класс C60/45 марки 16Г2АФ, 18Г2АФДпс, 15Г2СФ(т);

класс C70/60 марки 12Г2СМФ, 12ГН2СФАЮ и др.

Фасонный прокат изготавливают из стали  
С235, С245, С255, С275, С285, С345,  
С345К, С375,  
листовой, универсальный прокат и гнутые  
профили - из стали  
С235, С245, С255, С275, С285, С345,  
С345К, С375, С390, С390К, С440, С590,  
С590К.

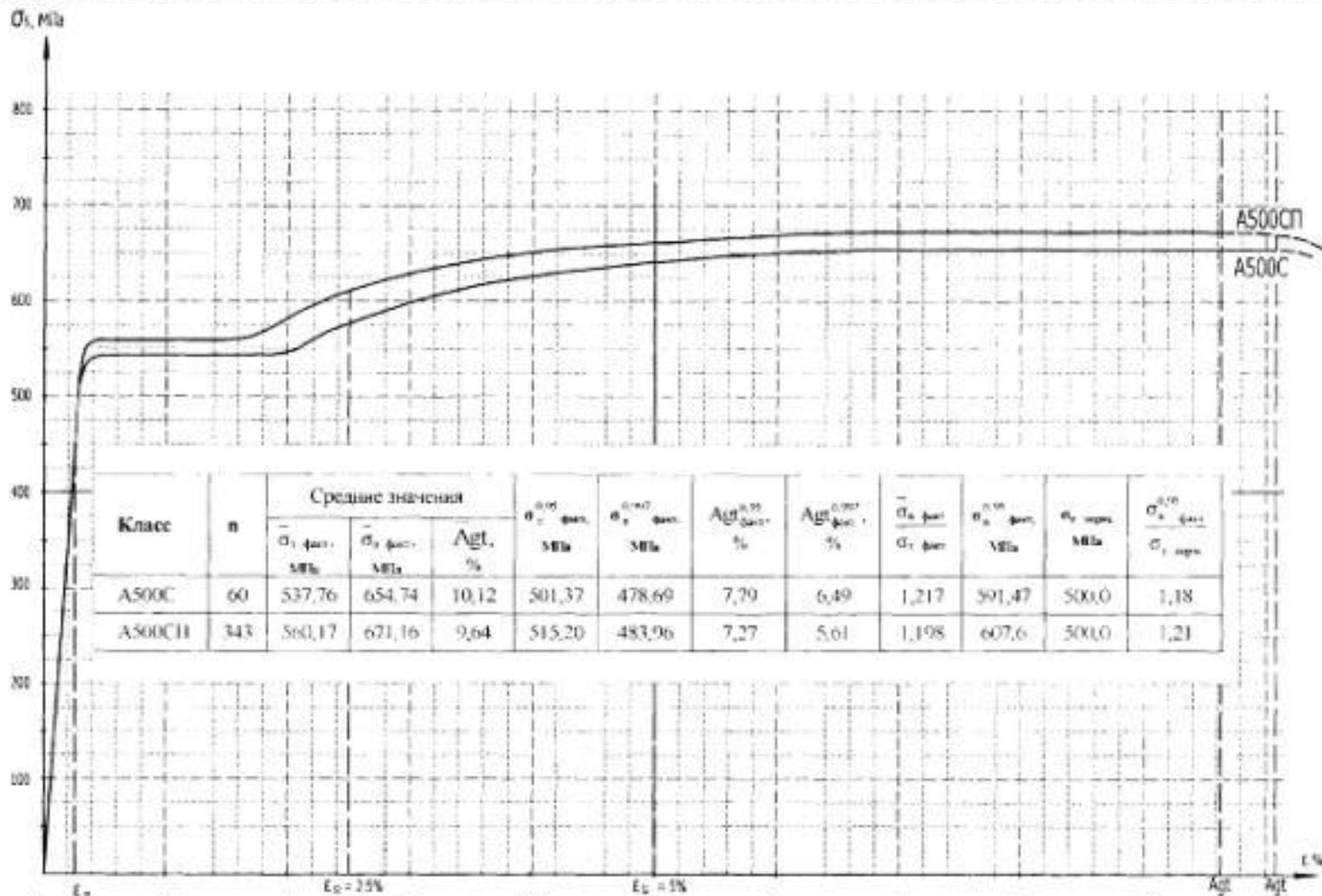
---

# Химический состав и механические свойства углеродистой стали для мостовых конструкций (ГОСТ 6713)

Марка стали	Химический состав в %					Механические характеристики						
	C	Mn	Si	S	P	$\sigma_T$ , кГ/м м <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , кГ/м м <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\delta_5$ , %		$\Psi$ , %	
				не более	на менее				листовая и широкопо лосная	листовая и широкопо лосная		
16С	М 0,12- 0,2	0,4- 0,7	0,12 -0,2 5	0,45	0,04	23	38	24	22	28	26	50
Ст.3мос т.	0,14- 0,22	0,4- 0,65	0,15 -0,3	0,05	0,045	24	38	24	22	28	26	50

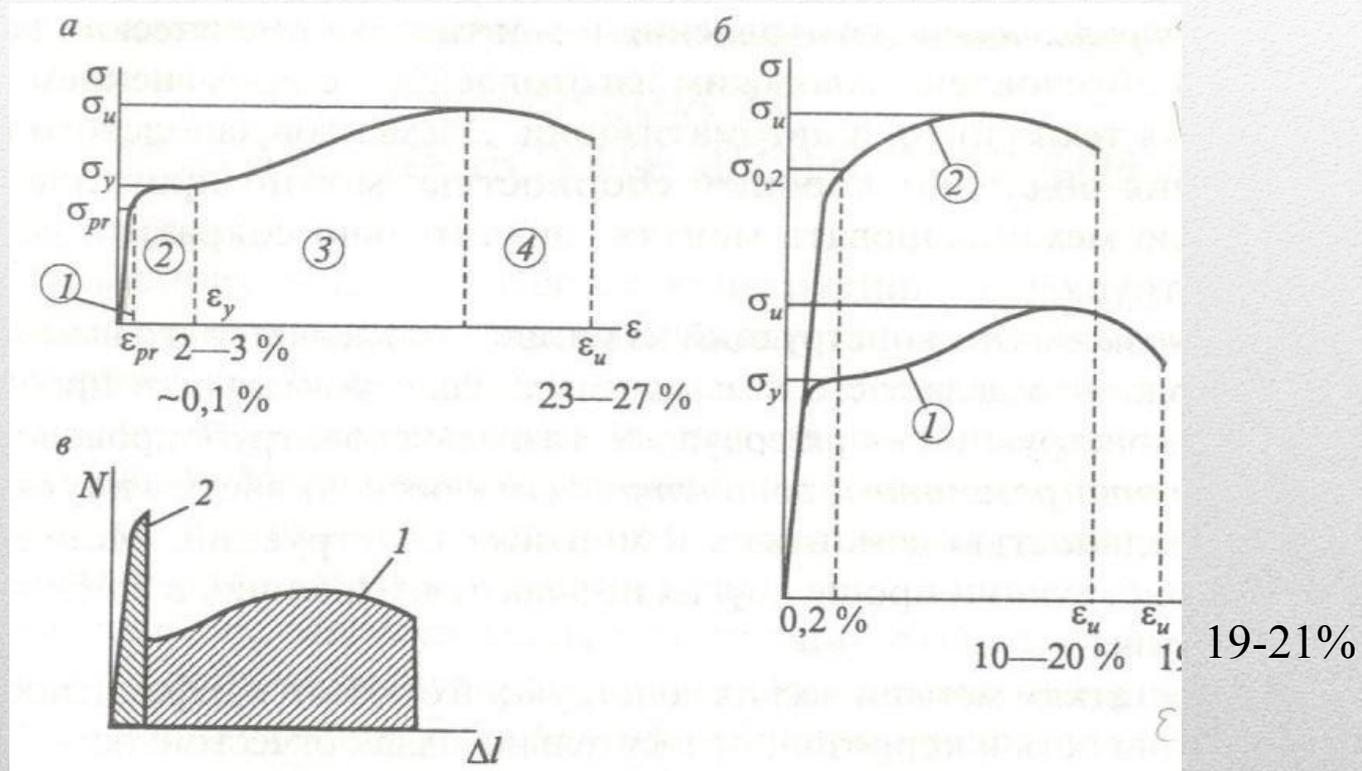
# Механические свойства и примерное назначение отдельных марок обыкновенных конструкционных сталей

Марка стали	Предел прочности на растяжение, кгс/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %	Назначение (примерно)
Ст. 0	32-47	18	Резервуары
Ст. 1	32-40	28	Топочные связи, заготовки для сварных труб
Ст. 2	34-42	26	Котельные листы, заклепки
Ст. 3	40-43	23	Болты, гайки, винты, элементы металлоконструкций
	44-47	22	
Ст. 4	48-50	21	Мелкие поковки
	42-44	21	
	45-48	20	
Ст. 5	49-52	19	Оси, валы, крупные поковки
	50-53	17	
	54-57	16	
Ст. 6	58-62	15	Колесные бандажы, рельсы
	60-63	13	
	64-67	12	
	68-72	11	



Среднестатистическая диаграмма растяжения арматуры классов А500С и А500СП  $\varnothing 10-40$  производства РУП «Белорусский металлургический завод»

# Диаграмма



Стадии работы и характеристики стали в диаграмме  $\sigma$ - $\epsilon$   
а) первая стадия; б) стадия текучести; в) способн. поглощать энергию

1-пред.пропор; 2-пред. тек. 3-упрочнение; 4 обр. шейки и разрыв металла

# НАПРЯЖЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ СЕЧЕНИЙ

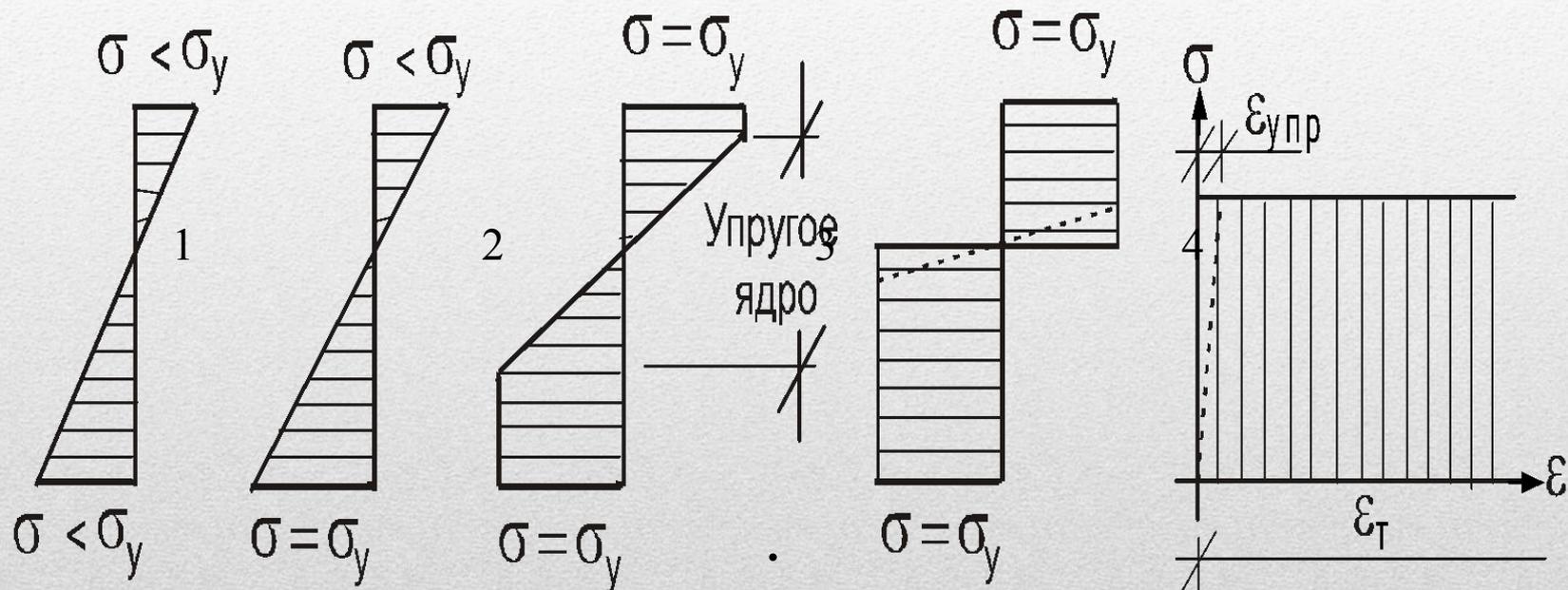


Диаграмма  $\sigma - \epsilon$  Прандтля - 4

1- $\sigma$  в упругой стадии; 2- $\sigma$  в пласт. стадии; 3- предельная эпюра нормальных  $\sigma$  (условная расчетная эпюра в предельном состоянии)

## **Классификация профилей по способам изготовления**

Основная масса профилей - **сортовой и профильный прокат**, бесшовные трубы, листовой прокат изготавливается методом горячей прокатки. Этот металлопрокат (за исключением труб) самый дешевый.

**Гнутые**, в том числе **гофрированные, профили открытого типа** изготавливаются методом непрерывного холодного профилирования из листовой рулонной заготовки.

**Замкнутые гнутосварные профили** изготавливаются из листовой рулонной заготовки методом непрерывного холодного профилирования с последующей сваркой замыкающего шва. К этому виду профилей относятся электросварные **трубы круглого сечения, замкнутые гнутосварные профили (трубы) квадратного и прямоугольного сечений**. Электросварные трубы дешевле горячекатаных труб их применение предпочтительнее. **Замкнутые гнутосварные профили (трубы) квадратного и прямоугольного сечений** изготавливают также холодным деформированием.

---

Этот вид металлопродукции более дорогой.

**ПРОКАТ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ  
УСЛОВИЯ**

**ГОСТ 27772**

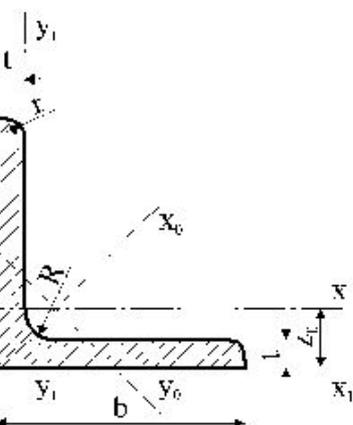
**Государственный комитет СССР по  
управлению качеством продукции и  
стандартам**

**Москва**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР**

---

**2.7. СОРТАМЕНТЫ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПРОФИЛЕЙ И ЛИСТОВОГО ГОРЯЧЕКАТАНОГО И ХОЛОДНОКАТАНОГО ПРОКАТА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**



**Таблица 2.1. Сортамент горячекатаных равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93**

b, мм	t, мм	R, мм	r, мм	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Справочные значения для осей											Масса уголка
					x x			x <sub>0</sub> x <sub>1</sub>		y <sub>0</sub> y <sub>1</sub>			J <sub>x<sub>1</sub></sub> , см <sup>4</sup>	z <sub>0</sub> , см		
					J <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	J <sub>x<sub>0</sub></sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>x<sub>0</sub></sub> , см	J <sub>y<sub>0</sub></sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y<sub>0</sub></sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y<sub>0</sub></sub> , см				
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
20	3	3,5	1,2	1,13	0,4	0,28	0,59	0,63	0,75	0,17	0,2	0,39	0,23	0,6	0,8	
	4			1,46	0,5	0,37	0,58	0,78	0,73	0,22	0,24	0,38	0,28	0,64	1,1	
25	3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,47	0,73	1,1	
	4			1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,59	0,76	1,4	
	5*			2,27	1,22	0,71	0,73	1,91	0,92	0,53	0,47	0,48	0,69	0,8	1,7	
28	3	4	1,3	1,62	1,16	0,58	0,85	1,84	1,07	0,48	0,42	0,55	0,68	0,8	1,2	
30	3	4	1,3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,3	1,15	0,6	0,53	0,59	0,85	0,85	1,2	
	4			2,27	1,84	0,87	0,9	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	1,08	0,89	1,5	
	5*			2,78	2,2	1,06	0,89	3,47	1,12	0,94	0,71	0,58	1,27	0,93	2,1	

# Уголки стальные горячекатаные равнополочные по ГОСТ 8509

№№	ГОСТ, ТУ	ГОСТ 27772-88					
	на сталь	С235	С245	С255	С345-3	С345-4	С375-3
	Номер профиля	3	4	5	6	7	8
1	2						
1	50 '50 '5	+	+	+	+	+	+
2	63 '63 '5	+	+	+	+	+	+
3	70 '70 '5	+	+	+	+	+	+
4	75 '75 '6	+	+	+	+	+	+
5	80 '80 '6		+	+	+	+	+
6	90 '90 '6		+	+	+	+	+
7	90 x90 '7		+	+	+	+	+
8	100 '100 '7		+	+	+	+	+
9	100 '100 '8		+	+	+	+	+
10	110 '110 '8		+	+	+	+	+

---

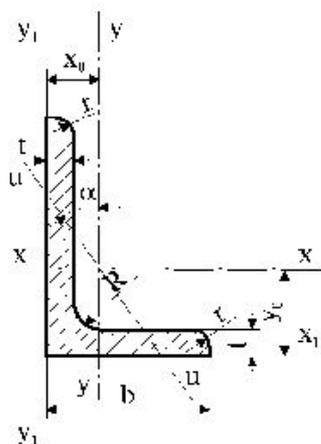


Таблица 2.2. Сортамент горячекатаных перавтополочных уголков по ГОСТ 8510-86\*

Номер уголка	B мм	b мм	t мм	R мм	r мм	Площадь попереч- ного сече- ния, см <sup>2</sup>	Справочные значения для осей									x <sub>0</sub> , см	y <sub>0</sub> , см	J <sub>xy</sub> , см <sup>4</sup>	Угол наклона оси, tgα	M уд.
							x - x			y - y			u - u							
							J <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	J <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см	J <sub>u</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>u</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>u</sub> , см					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2.5/1.6	25	16	3	3.5	1.2	1,16	0,7	0,43	0,78	0,22	0,19	0,44	0,13	0,16	0,34	0,42	0,86	0,22	0,392	0,1
3/2*	30	20	3			1,43	1,27	0,62	0,94	0,45	0,3	0,56	0,26	0,25	0,43	0,51	1	0,43	0,427	1,1
		4	1,86			1,61	0,82	0,93	0,56	0,39	0,55	0,34	0,32	0,43	0,54	1,04	0,54	0,421	1,1	
3.2/2	32	20	3	1,49	1,52	0,72	1,01	0,46	0,3	0,55	0,28	0,25	0,43	0,49	1,08	0,47	0,382	1,1		
			4	1,94	1,93	0,93	1	0,57	0,39	0,54	0,35	0,33	0,43	0,53	1,12	0,59	0,374	1,1		
4/2.5	40	25	3	4	1,3	1,89	3,06	1,14	1,27	0,93	0,49	0,7	0,56	0,41	0,54	0,59	1,32	0,96	0,385	1,1
			4			2,47	3,93	1,49	1,26	1,18	0,63	0,69	0,71	0,52	0,54	0,63	1,37	1,22	0,381	1,1
			5			3,03	4,73	1,82	1,25	1,41	0,77	0,68	0,86	0,64	0,53	0,66	1,41	1,44	0,374	2,1
4/3*	40	30	4	4	1,3	2,67	4,18	1,54	1,25	2,01	0,91	0,87	1,09	0,75	0,64	0,78	1,28	1,68	0,544	2,1
			5			3,28	5,04	1,88	1,24	2,41	1,11	0,86	1,33	0,91	0,64	0,82	1,32	2	0,539	2,1
4.5/2,8	45	28	3	5	1,7	2,14	4,41	1,45	1,48	1,32	0,61	0,79	0,79	0,52	0,61	0,64	1,47	1,38	0,382	1,1
			4			2,8	5,68	1,9	1,42	1,69	0,8	0,78	1,02	0,67	0,6	0,68	1,51	1,77	0,379	2,1
5/3.2	50	32	3	5,5	1,8	2,42	6,18	1,82	1,6	1,99	0,81	0,91	1,18	0,68	0,7	0,72	1,6	2,01	0,403	1,1
			4*			3,17	7,98	2,38	1,59	2,56	1,05	0,9	1,52	0,88	0,69	0,76	1,65	2,59	0,401	2,1

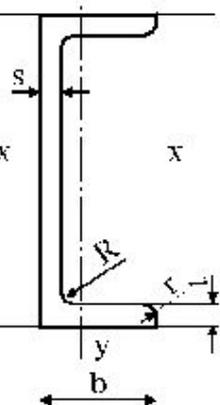


Таблица 2.4. Сортамент горячекатаных швеллеров по ГОСТ 8240-89

h	s	t	R	r	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Масса 1 м, кг	Справочные значения для осей						z <sub>0</sub> , см			
							x - x				y - y					
							J <sub>xx</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>xx</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>xx</sub> , см	S <sub>xx</sub> , см <sup>3</sup>	J <sub>yy</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>yy</sub> , см <sup>3</sup>		i <sub>yy</sub> , см		
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Швеллеры с уклоном внутренних граней полков																
32	4,4	7	6	2,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16		
36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	5,9	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24		
40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31		
46	4,5	7,6	7	3	10,9	8,59	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44		
52	4,8	7,8	7,5	3	13,3	10,4	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54		
58	4,9	8,1	8	3	15,6	12,3	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67		
64	5	8,4	8,5	3,5	18,1	14,2	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8		
68	5	9	8,5	3,5	19,5	15,3	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2		
70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	16,3	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94		
74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	17,4	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13		
76	5,2	9	9,5	4	23,4	18,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07		
82	5,4	9,5	10	4	26,7	21	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21		

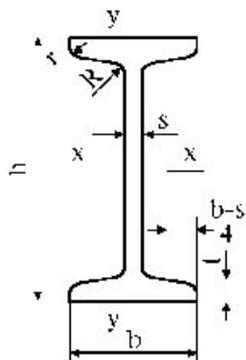


Таблица 2.3. Сортамент горячекатаных двутавров  
(с уклоном внутренних граней полок 6-12%) по ГОСТ 8239-89

Номер двутавра	h	b	s	r	R, r		Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Масса l м, кг	Справочные значения для осей						
					не более				x x				y y		
					мм				J <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	J <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см	
10	100	55	4,5	7,2	7	2,5	12	9,46	198	39,7	4,06	23	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3	14,7	11,5	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8	3	17,4	13,7	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5	7,8	8,5	3,5	20,2	15,9	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,7
18	180	90	5,1	8,1	9	3,5	23,4	18,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4	26,8	21	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
22	220	110	5,4	8,7	10	4	30,6	24	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4	34,8	27,3	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
27	270	125	6	9,8	11	4,5	40,2	31,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
30	300	135	6,5	10,2	12	5	46,5	36,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
33	330	140	7	11,2	13	5	53,8	42,2	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12,3	14	6	61,9	48,6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,3	13	15	6	72,6	57	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	450	160	9	14,2	16	7	84,7	66,5	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	500	170	10	15,2	17	7	100	78,5	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	550	180	11	16,5	18	7	118	92,6	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	600	190	12	17,8	20	8	138	108	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54

Примечание. Двутавры №№ 24-60 не рекомендуется применять в новых разработках.

