

**Федеральное агентство по образованию
Казанский государственный технологический университет**

**СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ
ПО КУРСУ
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

Методические указания

2007

УДК 539.3/8

Составители: проф. М.Н.Серазутдинов
 доц. К.А.Абдулхаков
 доц. В.М.Котляр
 доц. М.Н.Убайдуллоев

Справочные сведения по курсу «Сопротивление материалов». Метод. указания / Казан. гос. технол. ун-т; Сост.: М.Н.Серазутдинов, К.А.Абдулхаков, В.М.Котляр, М.Н.Убайдуллоев. Казань, 2007. 50 с.

Содержат справочные сведения по курсу сопротивления материалов. Рекомендуются к использованию при выполнении студентами самостоятельной работы и при проведении занятий.

Предназначены для студентов всех специальностей.

Подготовлены на кафедре теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ.

Печатаются по решению методической комиссии по циклу общепрофессиональных дисциплин

Под редакцией проф. М.Н.Серазутдинова
Рецензенты: проф. В.А.Иванов
 доц. В.М.Борисов

Обозначения и основные символы

Таблица 1

Буква	Обозначаемая величина
A	Площадь
D	Диаметр, жесткость пластины и оболочки при изгибе (цилиндрическая жесткость)
E	Модуль продольной упругости (модуль Юнга)
F	Сосредоточенная сила; воздействие вообще
G	Модуль упругости при сдвиге; постоянная нагрузка (вес)
H	Горизонтальная составляющая силы
I	Момент инерции плоской фигуры
L	Может быть использована для обозначения пролета, длины элемента и т.п.
M	Момент; изгибающий момент
N	Нормальное усилие
P	Мощность
Q	Поперечная сила
R	Радиус, результирующая сила; реакция опоры
S	Статический момент плоской фигуры
T	Крутящий момент; температура
V	Объем; вертикальная составляющая силы
W	Момент сопротивления; работа
X, Y, Z	Составляющие силы, параллельные осям x, y, z

Таблица 2

Буква	Обозначаемая величина
a	Расстояние; ускорение
b	Ширина
d	Диаметр
e	Эксцентриситет
f	Сопротивление
g	Ускорение силы тяжести
h	Высота, толщина
i	Радиус инерции
k	Коэффициент
l	Пролет, длина элемента

m	Масса; среднее значение
q	Интенсивность распределенной нагрузки
r	Радиус
s	Расстояние, шаг; стандартное отклонение
t	Время вообще; толщина тонкостенных элементов
x, y, z	Координаты

Таблица 3

Индекс		Обозначаемая величина
альфа	α	Угол; отношение
бэ́та	β	Угол; отношение
гамма	γ	Объемный вес; относительный сдвиг; коэффициент надежности
дельта	δ	Коэффициент изменчивости
э́псилон	ε	Относительная деформация
кси	ξ	Относительная координата $x/1$
э́та	η	Относительная координата $y/1$
дзета	ζ	Относительная координата $z/1$
тэ́та	θ	Поворот, вращение
ламбда	λ	Гибкость
мю	μ	Коэффициент трения; коэффициент приведения
ню	ν	Коэффициент Пуассона
ро	ρ	Плотность
сигма	σ	Нормальное напряжение
тау	τ	Касательное напряжение

Таблица 4

Индекс	Обозначаемая величина
c	Сжатие вообще (англ. и франц. compression)
d	Расчетное (англ. design)
$e(el)$	Упругий (англ. elastic)
f	Трение (англ. friction, франц. frottement)
h	Горизонтальное (англ. horizontal)
i	Начальное (англ. и франц. initial)
k	Характеристическое (нормативное)
l	Продольное (англ. и франц. longitudinal)
m	Среднее значение (англ. mean, франц. moyen)

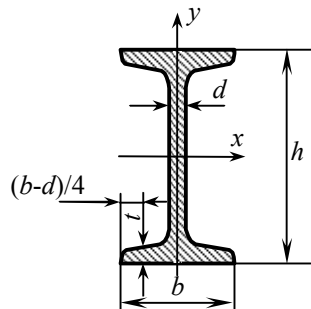
<i>n</i>	Нетто (net в случае опасности путаницы)
<i>o</i>	Нулевое начальное
<i>t</i>	Растяжение вообще (англ. tension, франц. traction) Поперечное (англ. и франц. transversal)
<i>u</i>	Предельное (англ. ultimate)
<i>s</i>	Статический момент плоской фигуры
<i>v</i>	Вертикальное (англ. vertical)
<i>y</i>	Текущее (англ. yield)

Таблица 5

Сокращение	Обозначаемая величина
<i>abc</i>	Абсолютное (англ. absolute)
<i>adm</i>	Допускаемое (англ. admissible)
<i>cal</i>	Вычисленное (англ. calculated)
<i>crit (cr)</i>	Критическое (англ. critical)
<i>ef</i>	Эффективное (англ. effective)
<i>el (e)</i>	Упругое (англ. elastic)
<i>est</i>	Оцениваемое, ожидаемое (англ. estimated)
<i>exs</i>	Особое, исключительное (англ. exceptional)
<i>ext</i>	Внешнее, наружное (англ. external)
<i>inf</i>	Нижнее (франц. inferieur)
<i>int</i>	Внутреннее (англ. internal)
<i>lat</i>	Боковое, из плоскости (англ. lateral)
<i>lim</i>	Предельное (англ. limit)
<i>max</i>	Максимальное (англ. maximum)
<i>min</i>	Минимальное (англ. minimum)
<i>nom</i>	Номинальное (англ. nominal)
<i>obs</i>	Наблюдаемое, экспериментальное (англ. observed)
<i>pl</i>	Пластическое (англ. plastic)
<i>red</i>	Приведенное (англ. reduced)
<i>rel</i>	Относительное (англ. relative)
<i>ser</i>	Пригодность к эксплуатации (англ. service)
<i>sup</i>	Верхнее (франц. superieur)
<i>tot</i>	Полное, суммарное, общее (англ. total)
<i>var</i>	Переменное (англ. variable)

Соответствие между используемыми обозначениями		
1. Прочностные характеристики материала:		
– предел пропорциональности	$\sigma_{nc} - \sigma_{pr}$	(proportionality – пропорциональность)
– предел упругости	$\sigma_y - \sigma_e$	(elasticity – упругость)
– предел текучести	$\sigma_T - \sigma_Y$	(yield – текучесть)
– предел прочности	$\sigma_B - \sigma_u$	(ultimate – предельный)
а) при растяжении	$\sigma_{ep} - \sigma_{ut}$	(tension – растяжение)
б) при сжатии	$\sigma_{sc} - \sigma_{uc}$	(compression – сжатие)
2. Напряжение:		
– статическое	$\sigma_{cm} - \sigma_{st}$	(statical – статический)
– динамическое	$\sigma_{\delta} - \sigma_d$	(dynamic – динамический)
– контактное	$\sigma_{\kappa} - \sigma_{con}$	(contact – контакт)
– критическое	$\sigma_{kp} - \sigma_{cr}$	(critical – критический)
– приведенное (эквивалентное)	$\sigma_{np} = \sigma_{\text{экр}} - \sigma_{red}$	(reduced – приведенный)
3. Деформация:		
– поперечная	$\varepsilon' - \varepsilon_t$	(transverse – поперечный)
– упругая	$\varepsilon_{ynp} - \varepsilon_{el}$	(elastic – упругий)
– остаточная	$\varepsilon_{ocm} - \varepsilon_r$	(residual – остаточный)
4. Допускаемое (admissible – допускаемое) значение величины:		
– допускаемое напряжение	$[\sigma] - \sigma_{adm}$	
– допускаемая нагрузка	$[F] - F_{adm}$	
– допустимый прогиб	$[\nu] - \nu_{adm}$	
– нормативный коэффициент запаса прочности	$-n_{adm}$	

СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ **Сталь прокатная – балки двутавровые ГОСТ 8239-72**



h – высота балки; b – ширина полки; d – толщина стенки;
 t – толщина полки; I – момент инерции; W – момент сопротивления;
 i – радиус инерции; S – статический момент полусечения.

Т а б л и ц а 6

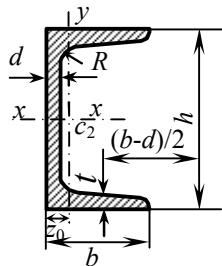
Номер балки	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1м, кг	Справочные величины для осей						
							$x - x$				$y - y$		
	h	b	d	t			I_x , см ⁴	W_{x_2} , см ³	i_x , см	S_{x_2} , см ³	I_y , см ⁴	W_{y_2} , см ³	I_y , см ⁴
10	100	55	4.5	7.2	12.0	9.46	198	39.7	4.06	23.0	17.9	6.49	1.22
12	120	64	4.8	7.3	14.7	11.50	350	58.4	4.88	33.7	27.9	8.72	1.38
14	140	73	4.9	7.5	17.4	13.70	572	81.7	5.73	46.8	41.9	11.50	1.55
16	160	81	5.0	7.8	20.2	15.90	873	109.0	6.57	62.3	58.6	14.50	1.70
18	180	90	5.1	8.1	23.4	18.40	1290	143.0	7.42	81.4	82.6	18.40	1.88

18a	180	100	5.1	8.3	25.4	19.90	1430	159.0	7.51	89.8	114.0	22.80	2.12
-----	-----	-----	-----	-----	------	-------	------	-------	------	------	-------	-------	------

Окончание таблицы 6

Номер балки	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1м, кг	Справочные величины для осей						
							$x - x$				$y - y$		
	h	b	d	t			I_{x_2} см ⁴	W_{x_3} см ³	i_{x_2} см	S_{x_3} см ³	I_{y_2} см ⁴	W_{y_3} см ³	I_{y_2} см ⁴
20	200	100	5.2	8.4	26.8	21.00	1840	184.0	8.28	104.0	115.0	23.10	2.07
20a	200	110	5.2	8.6	28.9	22.70	2030	203.0	8.37	114.0	155.0	28.20	2.32
22	220	110	5.4	8.7	30.6	24.00	2550	232.0	9.13	131.0	157.0	28.60	2.27
22a	220	120	5.4	8.9	32.8	25.80	2790	254.0	9.22	143.0	206.0	34.30	2.50
24	240	115	5.6	9.5	34.8	27.30	3460	289.0	9.97	163.0	198.0	34.50	2.37
27	270	125	6.0	9.8	40.2	31.50	5010	371.0	11.20	210.0	260.0	41.50	2.54
27a	270	135	6.0	10.2	43.2	33.90	5500	407.0	11.30	229.0	337.0	50.00	2.80
30	300	135	6.5	10.2	46.5	36.50	7080	472.0	12.30	268.0	337.0	49.90	2.69
30a	300	145	6.5	10.7	49.9	39.20	7780	518.0	12.50	292.0	436.0	60.10	2.95
33	330	140	7.0	11.2	53.8	42.20	9840	597.0	13.50	339.0	419.0	59.90	2.79
36	360	145	7.5	12.3	61.9	48.60	13380	743.0	14.70	423.0	516.0	71.10	2.89
40	400	155	8.3	13.0	72.6	57.00	19062	953.0	16.20	545.0	667.0	86.10	3.03
45	450	160	9.0	14.2	84.7	66.50	27696	1231.0	18.10	708.0	808.0	101.00	3.09
50	500	170	10.0	15.2	100.0	78.50	39727	1589.0	19.90	919.0	1043.0	123.00	3.23
55	550	180	11.0	16.5	118.0	92.60	55962	2035.0	21.80	1181.0	1356.0	151.00	3.39
60	600	190	12.0	17.8	138.0	108.00	76806	2560.0	23.60	1491.0	1725.0	182.00	3.54

Сталь прокатная – швеллеры ГОСТ 8240-72



h – высота швеллера; b – ширина полки; d – толщина стенки; t – средняя толщина полки; R и r – радиусы внутреннего и наружного закругления полки; I – момент инерции; W – момент сопротивления; i – радиус инерции; S – статический момент полусечения; t_0 – расстояние от оси y - y до наружной грани стенки.

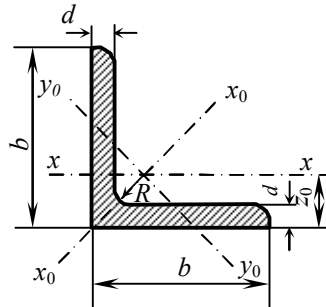
Т а б л и ц а 7

№ про- филей	Масса 1м, кг	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей							<i>z</i> ₀ см
		<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>		<i>x</i> – <i>x</i>				<i>y</i> – <i>y</i>			
							<i>I</i> _{<i>x</i>} , см ⁴	<i>W</i> _{<i>x</i>} , см ³	<i>i</i> _{<i>x</i>} , см	<i>S</i> _{<i>x</i>} , см ³	<i>I</i> _{<i>y</i>} , см ⁴	<i>W</i> _{<i>y</i>} , см ³	<i>i</i> _{<i>y</i>} , см	
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	1,53	1,54

Окончание таблицы 7

№ про- филей	Масса 1м, кг	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей							z ₀ см
							x - x				y - y			
		h	b	d	t		I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	
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	8,90	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	262	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	10200	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Сталь прокатная угловая равнополочная ГОСТ 8509-72



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

Т а б л и ц а 8

№ про- фи- лей	Размеры, мм		Площадь профиля, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
	b	d			x – x		x ₀ – x ₀		y ₀ –y ₀		x ₁ – x ₁	
					I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x0} max см ⁴	i _{x0} max см	I _{y0} min см ⁴	i _{y0} min см	I _{x1} , см ⁴	
2	20	3	1,13	0,89	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60
		4	1,46	1,15	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	1,09	0,64
2,5	25	3	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	1,57	0,73
		4	1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	2,11	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

Продолжение таблицы 8

№ про- фи- лей	Размеры, мм		Площадь профиля, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
	b	d			x – x		x ₀ – x ₀		y ₀ –y ₀		x ₁ – x ₁	
					I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x₀} max см ⁴	i _{x₀} max см	I _{y₀} min см ⁴	i _{y₀} min см	I _{x₁} , см ⁴	
3,2	32	3	1,86	1,46	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	3,26	0,89
		4	2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	4,39	0,94
3,6	36	3	2,10	1,65	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	4,64	0,99
		4	2,75	2,16	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	6,24	1,04
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
		5	3,79	2,97	5,53	1,20	8,75	1,54	2,30	0,79	10,73	1,17
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	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
		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

Продолжение таблицы 8

№ про- фи- лей	Размеры, мм		Площадь профиля, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
	b	d			x – x		x ₀ – x ₀		y ₀ –y ₀		x ₁ – x ₁	
					I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x0} max см ⁴	i _{x0} max см	I _{y0} min см ⁴	i _{y0} min см	I _{x1} , см ⁴	
7	70	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	91,0	2,02
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

Продолжение таблицы 8

№ про- фи- лей	Размеры, мм		Площадь профиля, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
	b	d			x – x		x ₀ – x ₀		y ₀ –y ₀		x ₁ – x ₁	
					I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x₀} max см ⁴	i _{x₀} max см	I _{y₀} min см ⁴	i _{y₀} min см	I _{x₁} , см ⁴	
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
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

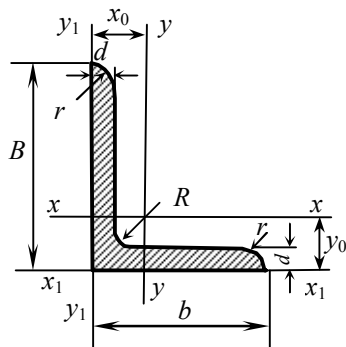
Продолжение таблицы 8

№ про- фи- лей	Размеры, мм		Площадь профиля, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
	b	d			x – x		x ₀ – x ₀		y ₀ –y ₀		x ₁ – x ₁	
					I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x₀} max см ⁴	i _{x₀} max см	I _{y₀} min см ⁴	i _{y₀} min см	I _{x₁} , см ⁴	
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
18	180	11	38,8	30,5	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	2128	4,85
		12	42,2	33,1	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	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

Окончание таблицы 8

№ про- фи- лей	Размеры, мм		Площадь профиля, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
	b	d			x – x		x ₀ – x ₀		y ₀ –y ₀		x ₁ – x ₁	
					I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x₀} max см ⁴	i _{x₀} max см	I _{y₀} min см ⁴	i _{y₀} min см	I _{x₁} , см ⁴	
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
		16	78,4	61,5	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75
		18	87,7	68,9	5247	7,74	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
25	250	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

Сталь прокатная угловая неравнополочная ГОСТ 8510-72



B – ширина большой полки; b – ширина полки; d – толщина полки; R и r – радиусы внутреннего и наружного закругления полки; I – момент инерции; i – радиус инерции; x_0, y_0 – расстояние от центра тяжести до наружных граней полок.

Т а б л и ц а 9

№ профи- лей	Размеры, мм					Пло- щадь сече- ния, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей											Угол нак- лона оси, tg α
	B	b	d	R	r			x – x		y – y		x ₁ – x ₁		y ₁ – y ₁		u – u			
								I _x , см ⁴	i _x , см	I _y , см ⁴	I _y , см	I _{x1 min} , см ⁴	y _o , см	I _{y1 min} , см ⁴	x _o , см	I _{u min} , см ⁴	I _{u min} , см		
2,5/1,6	25	16	3	3,5	1,2	1.16	0.91	0.70	0.78	0.22	0.44	1.56	0.85	0.43	0.42	0.13	0.34	0.392	
3,2/2	32	20	3 4	3,5	1,2	1.49	1.17	1.52	1.01	0.46	0.55	3.26	1.08	0.85	0.49	0.28	0.43	0.382	
						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 4	4,0	1,3	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	
						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	

Продолжение таблицы 9

№ профи- лей	Размеры, мм					Пло- щадь сече- ния, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей											Угол нак- лона оси, tg α
	B	b	d	R	r			x – x		y – y		x ₁ – x ₁		y ₁ – y ₁		u – u			
								I _x , см ⁴	i _x , см	I _y , см ⁴	I _y , см	I _{x1 min} , см ⁴	y _o , см	I _{y1 min} , см ⁴	x _o , см	I _{u min} , см ⁴	I _{u min} , см		
4,5/2,8	45	28	3 4	5	1,7	2.14 2.80	1.68 2.20	4.41 5.68	1.43 1.42	1.32 1.69	0.79 0.78	9.02 12.1	1.47 1.51	2.20 2.98	0.64 0.68	0.79 1.02	0.61 0.60	0.382 0.379	
5/3,2	50	32	3 4	5,5	1,8	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	4 5	6	2	3.58 4.41	2.81 3.46	11.4 13.8	1.78 1.77	3.70 4.48	1.02 1.01	23.2 29.2	1.82 1.86	6.25 7.91	0.84 0.88	2.19 2.66	0.78 0.78	0.406 0.404	
6,3/4,0	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			3.91	19.9	2.00	6.26	1.12	41.4	2.08	10.8	0.95	3.73	0.86	0.396		
			6			4.63	23.3	1.99	7.28	1.11	49.9	2.12	13.1	0.99	4.36	0.86	0.393		
			8			6.03	29.6	1.96	9.15	1.09	66.9	2.20	17.9	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	15.2	1.05	5.34	0.98	0.404	
7,5/5	75	50	5	8	2,7	6.11	4.79	34.8	2.30	12.5	1.43	69.7	2.39	20.8	1.17	7.24	1.09	0.436	
			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		
			9.47			7.43	52.4	2.35	18.3	1.40	112	2.52	34.2	1.29	10.9	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	2.6	20.8	1.13	7.58	1.09	0.387	
			7.55			5.92	49.0	2.55	14.8	1.40	102	2.65	25.2	1.17	8.88	1.08	0.386		
9/5,6	90	56	5	9	3	7.86	6.17	65.3	2.88	19.7	1.58	132	2.92	32.2	1.26	11.8	1.22	0.384	
			8.54			6.70	70.6	2.88	21.2	1.58	145	2.95	35.2	1.28	12.7	1.22	0.384		
			11.18			8.77	90.9	2.85	27.1	1.56	194	3.04	47.8	1.36	16.3	1.21	0.380		

Продолжение таблицы 9

№ профи- лей	Размеры, мм					Пло- щадь сече- ния, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей											Угол нак- лона оси, tg α
	B	b	d	R	r			x – x		y – y		x ₁ – x ₁		y ₁ – y ₁		u – u			
								I _x , см ⁴	i _x , см	I _y , см ⁴	i _y , см	I _{x1 min} , см ⁴	y _o , см	I _{y1 min} , см ⁴	x _o , см	I _{u min} , см ⁴	I _{u min} , см		
10/6,3	100	63	6	10	3,3	9.59	7.53	98.3	3.2	30.6	1.79	198	3.23	49.9	1.42	18.2	1.38	0.393	
			7			11.1	8.70	113	3.19	35.0	1.78	232	3.28	58.7	1.46	20.8	1.37	0.392	
			8			12.6	9.87	127	3.18	39.2	1.77	266	3.32	67.6	1.50	23.4	1.36	0.391	
			10			15.5	12.1	154	3.15	47.1	1.75	333	3.40	85.8	1.58	28.3	1.35	0.387	
1/7	110	70	6	10	3,3	11.4	8.98	112	3.53	45.6	2	286	3.55	74.3	1.58	26.9	1.53	0.402	
			8			13.9	10.9	172	3.51	54.6	1.98	353	3.61	92.3	1.64	32.3	1.52	0.400	
12,5/8	125	80	7	11	3,7	14.1	11	227	4.01	73.7	2.29	452	4.01	119	1.8	43.4	1.76	0.407	
			8			16	12.5	256	4	83.0	2.28	518	4.05	137	1.84	48.8	1.75	0.406	
			10			19.7	15.5	312	3.98	100	2.26	649	4.14	173	1.92	59.3	1.74	0.404	
			12			23.4	18.3	365	3.95	117	2.24	781	4.22	210	2	69.5	1.72	0.400	
14/9	140	90	8	12	4	18	14.1	364	4.49	120	2.58	727	4.49	194	2.03	70.3	1.98	0.411	
			10			22.2	17.5	444	4.70	146	2.56	911	4.58	245	2.12	85.5	1.96	0.409	
16/10	160	100	9	13	4,3	22.9	18	606	5.15	186	2.85	1221	5.19	300	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	

Окончание таблицы 9

№ профи- лей	Размеры, мм					Пло- щадь сече- ния, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей											Угол нак- лона оси, tg α
	B	b	d	R	r			x – x		y – y		x ₁ – x ₁		y ₁ – y ₁		u – u			
								I _x , см ⁴	i _x , см	I _y , см ⁴	I _y , см	I _{x1 min} , см ⁴	y _o , см	I _{y1 min} , см ⁴	x _o , см	I _{u min} , см ⁴	I _{u min} , см		
18/11	180	110	10 12	14	4,7	28.3 33.7	22.2 26.4	952 1123	5.8 5.77	276 324	3.12 3.10	1933 2324	5.88 5.97	444 537	2.44 2.52	165 194	2.42 2.40	0.375 0.374	
20/12,5	200	125	11	14	4,7	34.9	27.4	1449	6.45	446	3.58	2920	6.5	718	2.79	264	2.75	0.392	
			12			37.9	29.7	1568	3.43	482	3.57	3189	6.54	786	2.83	286	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	18	6	48.3	37.9	3147	8.07	032	4.62	6212	7.97	1634	3.53	604	3.54	0.410	
			16			63.6	49.9	4091	8.02	333	4.58	8308	8.14	2200	3.69	781	3.50	0.408	
			18			71.1	55.8	4545	7.99	475	4.56	9358	8.23	2487	3.77	806	3.49	0.407	
			20			78.5	61.7	4987	7.97	613	4.53	10410	8.31	2776	3.85	949	3.48	0.405	

Нормальные линейные размеры по ГОСТ 6636, мм

Ra40: 1; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4; 4,2; 4,5; 4,8; 5; 5,2; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 240; 250.

Таблица 10

Кратные и дольные единицы системы СИ

Приставка	Обозначение	Множитель
Тера	Т	10^{12}
Гига	Г	10^9
Мега	М	10^6
Кило	к	10^3
Гекто	г	10^2
Деци	д	10^{-1}
Санتي	с	10^{-2}
Милли	м	10^{-3}
Микро	мк	10^{-6}
Нано	н	10^{-9}

Единицы измерения механических величин в Международной системе (СИ)

Т а б л и ц а 11

Наименование величин	Наименование единиц	Обозначения	Соотношения единиц
Сила, груз	Ньютон	Н	$1 \text{ Н} = 0,1 \text{ кгс}$
Погонная интенсивность нагрузки		Н/м	$1 \text{ Н/м} = 0,1 \text{ кгс/м} = 10^{-3} \text{ кгс/см}$
Напряжение	Паскаль	Па	$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 0,1 \text{ кгс/м}^2$
Модуль упругости	Паскаль	Па	
Интенсивность нагрузки на поверхность	Паскаль	Па	
Момент силы		Н·м	$1 \text{ Н·м} = 0,1 \text{ кгс·м} = 10 \text{ кгс·см}$
Работа, энергия	Джоуль	Дж	$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н·м} = 0,1 \text{ кгс·м}$
Мощность	ватт (джоуль в секунду)	Вт	$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж·с} = 0,1 \text{ кгс м/с}$
Длина	метр	м	$1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 1000 \text{ мм}$
Масса	килограмм	кг	$1 \text{ кг} = 0,001 \text{ т}$
Плотность (удельная масса)		кг/м ³	
Удельный вес		кгс/м ³	

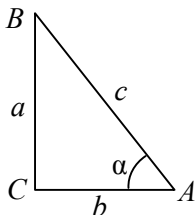
Таблица тригонометрических функций

Т а б л и ц а 12

α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$
0°	0	1	0
5°	0,0872	0,9962	0,0875
10°	0,1736	0,9848	0,1763
15°	0,2588	0,9659	0,2679
20°	0,3420	0,9397	0,3640
25°	0,4226	0,9063	0,4663
30°	0,5	0,8660	0,5774
35°	0,5736	0,8192	0,7002
40°	0,6428	0,7660	0,8391
45°	0,7071	0,7071	1,0
50°	0,7660	0,6428	1,1918
55°	0,8192	0,5736	1,4281
60°	0,8660	0,5	1,732
65°	0,9063	0,4226	2,145
70°	0,9397	0,3420	2,747
75°	0,9659	0,2588	3,732
80°	0,9848	0,1736	5,671
85°	0,9962	0,0872	11,43
90°	1	0	∞

Соотношения для прямоугольного и произвольного треугольников

Для прямоугольного треугольника:

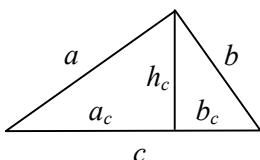


$$a = c \sin \alpha ; \quad a = b \operatorname{tg} \alpha$$

$$b = c \cos \alpha ; \quad b = a \operatorname{ctg} \alpha$$

$$c^2 = a^2 + b^2 \text{ — теорема Пифагора}$$

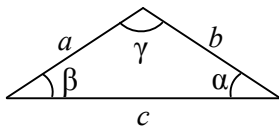
a, b — катеты; c — гипотенуза; α — угол между сторонами b, c .



$$\frac{a_c}{a} = \frac{a}{c} ; \quad \frac{b_c}{b} = \frac{b}{c} ; \quad \frac{b_c}{h_c} = \frac{h_c}{a_c},$$

a_c, b_c — проекции катетов a, b на гипотенузу c .

Для произвольного треугольника:



a, b, c — стороны треугольника

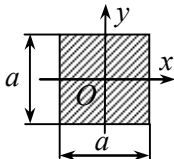
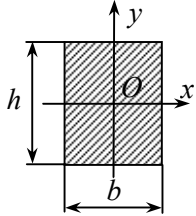
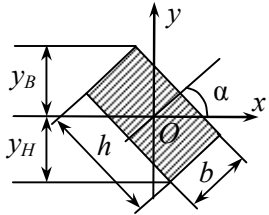
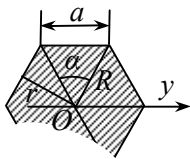
α, β, γ — углы треугольника

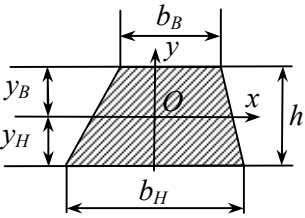
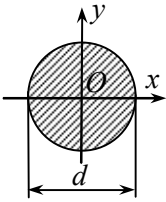
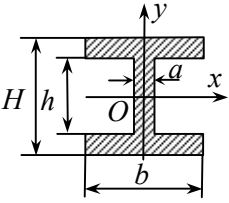
$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c} \text{ — теорема синусов}$$

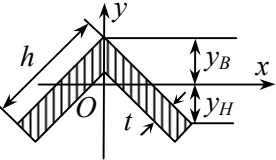
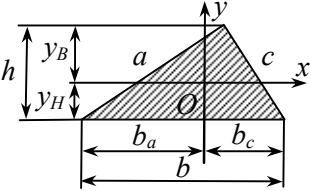
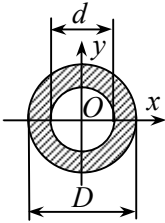
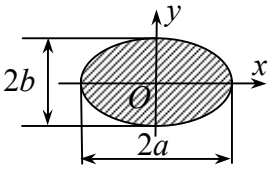
$$\left. \begin{aligned} a^2 &= b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha \\ b^2 &= a^2 + c^2 - 2ac \cos \beta \\ c^2 &= a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma \end{aligned} \right\} \text{ — теорема косинусов}$$

Геометрические характеристики плоских сечений

Т а б л и ц а 13. Сплошные сечения

	Квадрат $A = a^2; I_x = I_y = a^4/12;$ $W_x = W_y = a^3/6;$ $i_x = i_y = a/\sqrt{12} = 0,289a$
	Прямоугольник $A = bh; I_x = \frac{bh^3}{12}; I_y = \frac{b^3h}{12};$ $W_x = \frac{bh^2}{6}; W_y = \frac{b^2h}{6};$ $i_x = 0,289h; i_y = 0,289b.$
	Прямоугольник, повернутый на угол α $A = bh; y_B = y_H = \frac{1}{2}(h \cos \alpha + b \sin \alpha);$ $I_x = \frac{bh^3}{12}(h^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha);$ $W_x = \frac{I_x}{y_b} = \frac{bh}{6} \frac{h^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha}{h \cos \alpha + b \sin \alpha};$ $i_x = 0,289\sqrt{h^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha}.$
	Правильный n – угольник $A = \frac{1}{4}na^2 \operatorname{ctg} \alpha; R = \frac{a}{2 \sin \alpha}; r = \frac{a}{2 \operatorname{tg} \alpha};$ $I_x = \frac{nar}{96}(12r^2 + a^2); i_x = \sqrt{\frac{6R^2 - a^2}{24}}.$

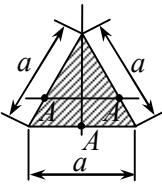
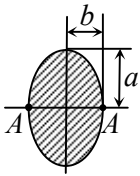
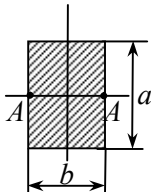
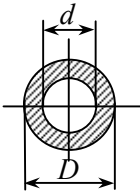
	Трапеция $A = \frac{1}{2}(b_B + b_H)h;$ $y_H = \frac{b_H + 2b_B}{3(b_H + b_B)}h; \quad y_B = \frac{2b_H + b_B}{3(b_H + b_B)}h;$ $I_x = \frac{h^3(b_H^2 + 4b_Hb_B + b_B^2)}{36(b_H + b_B)};$ $i_x = \frac{h}{6(b_H + b_B)}\sqrt{2(b_H^2 + 4b_Hb_B + b_B^2)}.$
	Круг $A = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785d^2;$ $I_x = I_y = \frac{\pi d^4}{64} = 0,05d^4;$ $W_x = W_y = \frac{\pi d^3}{32} = 0,1d^3; \quad i_x = i_y = \frac{d}{4}.$
	Симметричный двутавр, составленный из прямоугольников $A = ah - b(H - h);$ $I_x = \frac{ah^3}{12} + \frac{b}{12}(H^3 - h^3);$ $I_y = \frac{a^3h}{12} + \frac{b^2}{12}(H - h).$

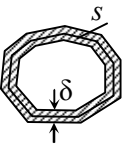
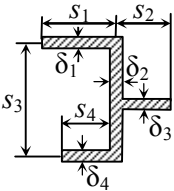
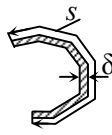
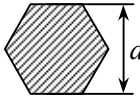
	Равнобокий уголок $A = t(2h - t);$ $y_B = \frac{h^2 + ht - t^2}{\sqrt{2}(2h - t)}; \quad y_H = \frac{h + t - 2c}{\sqrt{2}};$ $c = y_B \cos 45^\circ;$ $I_x = \frac{1}{3} \left[2c^4 - 2(c - t)^4 + t(h - 2c + \frac{1}{2})^2 \right]$
	Треугольник $A = \frac{1}{2}bh; \quad y_H = \frac{1}{3}h; \quad y_B = \frac{2}{3}h;$ $I_x = \frac{bh^3}{36}; \quad i_x = 0,2357h.$
	Кольцо $A = \frac{\pi D^2}{4}(1 - c^2); \quad c = \frac{d}{D};$ $I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64}(1 - c^4);$ $W_x = W_y = \frac{\pi D^3}{32}(1 - c^4);$ $i_x = i_y = \frac{D}{4}\sqrt{1 + c^2}.$
	Эллипс $A = \pi ab; \quad I_x = \frac{\pi ab^3}{4}; \quad I_y = \frac{\pi a^3 b}{4};$ $W_x = \frac{\pi ab^2}{4}; \quad W_y = \frac{\pi ab^2}{4}; \quad i_x = \frac{b}{2}; \quad i_y = \frac{a}{2}.$

Геометрические характеристики для определения напряжений и углов поворота стержней при кручении

$$\left(\tau_{\max} = \frac{M_{кр}}{W_{\kappa}}, \quad \varphi = \frac{M_{кр}^* l}{GI_{\kappa}} \right)$$

Т а б л и ц а 14

	Сечения			
Сечение	В форме равно- стороннего треугольника	Эллипти- ческое	Прямо- угольное	Кольцевое
				
W_{κ}	$\frac{a^3}{20}$	$\frac{\pi a b^2}{2}$	$\alpha b^2 a$	$0,2D^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right)$
I_{κ}	$\frac{\sqrt{3}}{80} a^4$	$\frac{\pi a^3 b^2}{a^2 + b^2}$	$\beta b^3 a$	$\frac{\pi D^4}{32} \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right)$

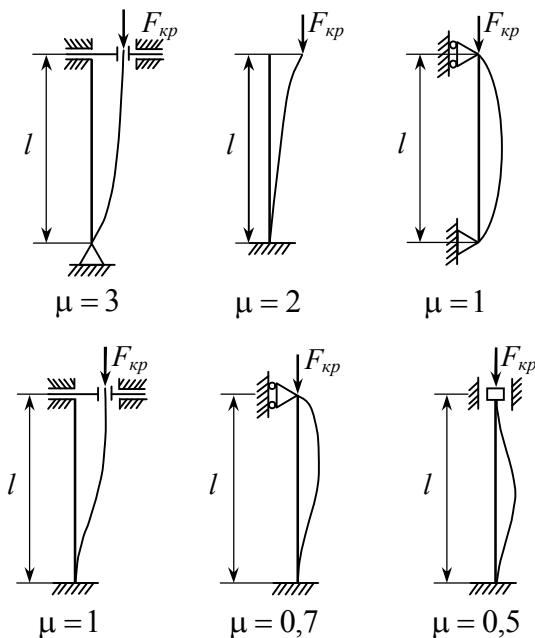
Тонкостенные сечения				
Сечение	Замкнутый профиль	Составной профиль	Открытый профиль	Правильный шести- или восьми- угольник
				
W_{κ}	$2A^*\delta_{\min}$ A^* - площадь фигуры, огра- ниченная средней лини- ей профиля	$\frac{I_{\kappa}}{\delta_{\min}}$	$\frac{1}{3}\delta^2s$	$k'Ad$ Для шести- угольника $k'=0,217$, для восьми- угольника $k'=0,223$
I_{κ}	$\frac{4A^{*2}}{\int_s \frac{ds}{\delta}}$	$\frac{1}{3}\sum_1^n \delta_i^3 s_i$	$\frac{1}{3}\delta^2s$	kAd^2 Для шести- угольника $k=0,133$, для восьми- угольника $k=0,130$

Значения коэффициента φ в зависимости от гибкости λ

Т а б л и ц а 15

Гибкость, λ	Значения φ для				
	Стали марок Ст1, Ст2, Ст3, Ст4	Сталь марки Ст5	Высоко ко- прочная сталь	Чугун	Дерево
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,91	0,97
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,80
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,60
80	0,75	0,70	0,65	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,55	0,20	0,38
100	0,60	0,51	0,43	0,16	0,31
110	0,52	0,43	0,35	-	0,25
120	0,45	0,37	0,30	-	0,22
130	0,40	0,33	0,26	-	0,18
140	0,36	0,29	0,23	-	0,16
150	0,32	0,26	0,21	-	0,14
160	0,29	0,24	0,19	-	0,12
170	0,26	0,21	0,17	-	0,11
180	0,23	0,19	0,15	-	0,10
190	0,21	0,17	0,14	-	0,09
200	0,19	0,16	0,13	-	0,08

Коэффициенты приведенной длины стержня



Значения коэффициентов для формулы Ясинского и величины λ , определяющие пределы применимости этой формулы

Т а б л и ц а 17

№	Материал	Е, ГПа	<i>a</i>	<i>b</i>	$\lambda_{\text{пц}}$ (λ_1)	$\lambda_{\text{пред}}$ (λ_0)
			МПа			
1	Сосна	10	40	0,203	60	
2	Сталь Ст3	200	310	1,14	100	61
3	Ст5,Ст30	200	464	3,26	90	60
4	15ХСНД/НЛ12/	200	589	3,82	100	60
5	Авиаль АВТ1	70	320	1,70	55	22
6	Дюралюминий Д16Т	70	380	2,19	50	20

Модуль упругости и коэффициент Пуассона

Т а б л и ц а 18

Материал	Модуль упругости E , МПа	Модуль сдвига G , МПа	Коэффициент Пуассона ν
1	2	3	4
Серый чугун	$(0,14-1,60) \cdot 10^5$	$4, \cdot 10^4$	0,23-0,27
Ковкий чугун	$1,55 \cdot 10^5$	-	-
Углеродистые стали	$(2,0-2,1) \cdot 10^5$	$(8,0-8,1) \cdot 10^4$	0,24-0,28
Сталь высокопрочная	$(2,1-2,2) \cdot 10^5$	$(8,0-8,1) \cdot 10^4$	0,25-0,3
Медь (прокат)	$1,1 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^4$	0,31-0,34
Холоднотянутая медь	$1,3 \cdot 10^5$	$4,9 \cdot 10^4$	-
Медь (литье)	$0,84 \cdot 10^5$	-	-
Фосфористая бронза (прокат)	$1,15 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^4$	0,32-0,35
Холоднотянутая латунь	$(0,91-0,99) \cdot 10^5$	$(3,5-3,7) \cdot 10^4$	0,32-0,42
Марганцовистая бронза (прокат)	$1,1 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^4$	0,35
Алюминий (прокат)	$0,69 \cdot 10^5$	$(2,6-2,7) \cdot 10^4$	0,32-0,36
Алюминиевая бронза	$0,05 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^4$	-
Дюралюминий (прокат)	$0,71 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^4$	-
Цинк (прокат)	$0,84 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^4$	0,27
Свинец	$0,17 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^4$	0,42
Стекло	$0,56 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^4$	0,25
Гранит	$0,49 \cdot 10^5$	-	-
Известняк	$0,42 \cdot 10^5$	-	-
Мрамор	$0,56 \cdot 10^5$	-	-
Песчаник	$0,18 \cdot 10^5$	-	-

Окончание таблицы 28

1	2	3	4
Каменная кладка:			
из гранита	$(0,09-0,10) \cdot 10^5$	-	-
из известняка	$0,06 \cdot 10^5$	-	-
из кирпича	$(0,027-0,030) \cdot 10^5$	-	-
Бетон при пределе прочности, МПа			
10	$(0,146-0,196) \cdot 10^5$	-	0,16-0,18
15	$(0,164-0,214) \cdot 10^5$	-	0,16-0,18
20	$(0,182-0,232) \cdot 10^5$	-	0,16-0,18
Дерево (сосна, ель):			
вдоль волокон	$(0,1-0,12) \cdot 10^5$	$0,055 \cdot 10^4$	-
поперек волокон	$(0,005-0,01) \cdot 10^5$	-	-
Каучук	$0,00008 \cdot 10^5$	-	0,47
Текстолит	$(0,06-0,1) \cdot 10^5$	-	-
Гетинакс	$(0,1-0,17) \cdot 10^5$	-	-
Бакелит	$43 \cdot 10^2$	-	0,36
Висхомлит («ИМ-44»)	$(40-42) \cdot 10^2$	-	0,37
Целлулоид	$(14,3-27,5) \cdot 10^5$	-	0,33-0,38

Величины допускаемых напряжений

Т а б л и ц а 19

Материал		Допускаемое напряжение	
		на растяжение	на сжатие
Серый чугун		28 – 80	120 – 150
Сталь Ст0 и Ст2		140	
Сталь Ст3		160	
Сталь Ст3 (в мостах)		140	
Углеродистая конструкционная сталь (в машиностроении)		60 – 250	
Легированная конструкционная сталь (в машиностроении)		100 – 400 и выше	
Медь		30 – 120	
Латунь		70 – 140	
Бронза		60 – 120	
Алюминий		30 – 80	
Алюминиевая бронза		80 – 120	
Дюралюминий		80 – 150	
Текстолит		30 – 40	
Гетинакс		50 – 70	
Бакелизованная фанера		40 – 50	
Сосна	вдоль волокон	7 – 10	28 – 80
	поперек волокон	–	28 – 80
Дуб	вдоль волокон	9 – 13	13 – 12
	поперек волокон	–	2,0 – 3,5
Каменная кладка		до 0,3	0,4 – 4
Кирпичная кладка		до 0,2	0,6 – 2,5
Бетон		28 – 80	1 – 2

Коэффициенты линейного расширения

Т а б л и ц а 20

Материал	α (1/к)
Алюминий	$2,55 \cdot 10^{-5}$
Магний	$2,55 \cdot 10^{-5}$
Медь	$1,67 \cdot 10^{-5}$
Бронза и – латунь	$(1,70 - 2,20) \cdot 10^{-5}$
Бетон	$(1 - 1,4) \cdot 10^{-5}$
Лед	$5,07 \cdot 10^{-5}$
Сталь	$(1 - 1,30) \cdot 10^{-5}$
Каменная кладка	$(0,4 - 0,7) \cdot 10^{-5}$
Дерево	$(0,2 - 0,5) \cdot 10^{-5}$
Целлулоид	$(0,16 - 0,2) \cdot 10^{-3}$

Конструкционные материалы

Конструкционными называются материалы, которые применяются для изготовления деталей машин, приборов и строительных конструкций. Их можно разделить на две обширные группы:

1. Металлические материалы.
2. Неметаллические материалы.

Металлические конструкционные материалы – это черные, цветные металлы и сплавы.

Черные металлы имеют темно-серый цвет, большую плотность, высокую температуру плавления, относительно высокую твердость. Наиболее типичным металлом этой группы является железо и его сплавы.

Цветные (нежелезные) металлы и сплавы – все остальные (кроме черных).

К неметаллическим конструкционным материалам относятся органические и неорганические полимерные материалы, пластмассы, композиционные материалы, каучуки и резины, лакокрасочные материалы, клеи и герметики, керамика, стекло, бетон, графит, дерево и другие.

Определение механических свойств металлов

При испытаниях на растяжение-сжатие определяют важнейшие прочностные, упругие и пластические свойства металлов и сплавов. Испытания производят при постепенном одноосном растяжении образца с расчетной длиной l_0 . В процессе испытания вычерчивается график зависимости между растягивающим усилием F и абсолютным удлинением Δl , называемый диаграммой растяжения. Эта диаграмма иллюстрирует поведение материала при данных размерах образца. Для получения графика, характеризующего непосредственно материал, диаграмму растяжения видоизменяют. По оси ординат откладывают растягивающие напряжения $\sigma = \frac{F}{A_0}$, по оси абсцисс – от-

носительные удлинения $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$. Полученная диаграмма называется

диаграммой напряжений при растяжении или условной диаграммой растяжения. На этой диаграмме можно выделить величины напряжений, характеризующих механические свойства материала – предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности при разрыве.

Предел прочности при растяжении (временное сопротивление) σ_{ut} ($\sigma_{вр}$), предел прочности при сжатии σ_{uc} ($\sigma_{вс}$) – напряжения, соответствующие наибольшей нагрузке, которая предшествует разрушению образца.

Предел текучести (физический) σ_y (σ_T) – наибольшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения растягивающей нагрузки.

Предел текучести (условный) $\sigma_{0,2}$, МПа – напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2% расчетной длины l_0 образца.

Предел пропорциональности σ_{pr} ($\sigma_{нл}$) – напряжение, до которого сохраняется линейная зависимость между нагрузкой и удлинением.

Предел упругости σ_e (σ_y) – напряжение, до которого деформации остаются упругими.

Кроме того в результате испытаний определяется относительное удлинение после разрыва δ , % – отношение приращения расчетной длины образца Δl_0 после разрыва к его первоначальной расчетной длине l_0 . Различают относительные удлинения δ_5 – для образцов с пятикратным отношением длины к диаметру и δ_{10} – с десятикратным отношением длины к диаметру.

Относительное сужение после разрыва ψ % – отношение уменьшения площади поперечного сечения образца в месте разрыва к начальной площади его поперечного сечения.

Модуль продольной упругости E (модуль Юнга) – отношение нормального напряжения к соответствующему ему относительному удлинению при растяжении в пределах применимости закона Гука.

Модуль сдвига G – отношение касательного напряжения к углу сдвига, определяющему искажение прямого угла между плоскостями, по которым действуют касательные напряжения.

Коэффициент Пуассона ν (безразмерная величина) – численно равен модулю отношения относительной поперечной деформации стержня при растяжении к его относительной продольной деформации.

Примечание. Обозначение характеристик производится в соответствии с рекомендациями ИСО (ГОСТ 3898). В скобках указаны принятые ранее обозначения.

Конструкционные стали

Сталь – обобщенное название очень большой группы железоуглеродистых сплавов (до 2,14% C).

По химическому составу стали классифицируют на углеродистые и легированные. По концентрации углерода и те и другие подразделяются на низкоуглеродистые (до 0,3% C), среднеуглеродистые (0,3 - 0,7% C) и высокоуглеродистые (выше 0,7% C). Легированные стали в зависимости от введенных элементов делят на хромистые, марганцевистые, хромоникелевые, хромокремнемарганцевые и дру-

гие. По количеству введенных элементов их разделяют на низко, средние и высоколегированные (соответственно до 5%, 5÷10% и более 10% количества легированных элементов).

По качеству стали классифицируют на стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные.

По степени раскисления (удаления из жидкого металла кислорода) и характеру затвердения стали классифицируются на спокойные, полуспокойные и кипящие.

Углерод оказывает основное влияние на свойства стали. По мере повышения концентрации углерода повышаются прочность и твердость, снижаются пластичность и вязкость стали.

В стали имеются постоянные примеси – марганец, кремний, сера, фосфор, а также газы – кислород, азот, водород. Марганец и кремний являются полезными примесями, остальные – нежелательными, приводящими к ухудшению характеристик прочности и пластичности.

Маркировка сталей

Углеродистые стали, за исключением сталей обыкновенного качества, маркируются по содержанию углерода.

Углеродистые качественные конструкционные стали маркируют двузначным числом, указывающим среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Если сталь кипящая, добавляют индекс «КП», полуспокойная – «ПС». Для спокойных сталей индекс не указывается.

В легированных сталях содержатся специально вводимые в различных количествах легирующие элементы. Марка легированной стали состоит из сочетания букв и цифр, обозначающих ее химический состав. Две цифры в начале марки показывают содержание углерода в сотых долях %. Цифра, стоящая после буквы, указывает примерное содержание легирующего элемента в %. Если цифра отсутствует, то легирующего элемента меньше или около 1%.

Условные обозначения легирующих элементов приведены в таблице 13.

**Условные обозначения основных элементов
в марках металлов и сплавов**

Элемент	Сим-вол	Принятое обозначение элементов		Элемент	Сим-вол	Принятое обозначение элементов	
		черных	цветных			черных	цветных
Азот	<i>N</i>	А	-	Кремний	<i>Si</i>	С	Кр(К)
Алюминий	<i>Al</i>	Ю	А	Марганец	<i>Mn</i>	Г	Мц(Мр)
Ванадий	<i>V</i>	Ф	Вам	Медь	<i>Cu</i>	Д	М
Вольфрам	<i>W</i>	В	-	Молибден	<i>Mo</i>	М	-
Железо	<i>Fe</i>	-	Ж	Никель	<i>Ni</i>	Н	Н
Золото	<i>Au</i>	-	Зл	Углерод	<i>C</i>	Н	-
Кобальт	<i>Co</i>	К	К	Хром	<i>Cr</i>	Х	Х(Хр)

Углеродистые стали обыкновенного качества

В этих сталях допускается более высокое содержание вредных примесей, а также возможны газонасыщенность и загрязненность неметаллическими включениями. Они выпускаются в виде проката (листов, прутков, стандартных профилей и т.д.), а в зависимости от назначения и свойств разделяются на три группы: А, Б, В.

Стали группы А имеют гарантированные механические свойства. Химический состав не регламентируется.

Стали группы Б обладают гарантированным химическим составом. Механические свойства не гарантируются.

Стали группы В имеют гарантированные механические свойствами и химический состав.

Стали маркируются сочетанием букв «Ст» и цифрой (от 0 до 6), показывающей номер марки. С увеличением номера марки повышается предел прочности и снижается пластичность стали.

Т а б л и ц а 22

Свойства углеродистых сталей обыкновенного качества

Стали группы А				Стали группы Б		
Марка стали	$\sigma_B (\sigma_u)$ МПа	$\sigma_T (\sigma_Y)$ МПа	δ_s , %	Марка стали	С, %	Mn, %
Ст0	не менее 300	-	23	Б Ст0	не более 0,23	-
Ст1кп	300-390	-	35	Б Ст1кп	0,06-0,12	0,25-0,50
Ст1пс, Ст1сп	310-410	-	34	Б Ст1пс, Б Ст1сп	0,06-0,12	0,25-0,50
Ст2кп	320-410	215	33	Б Ст2кп	0,09-0,15	0,25-0,50
Ст2пс, Ст2сп	330-430	225	32	Б Ст2пс, Б Ст2сп	0,09-0,15	0,25-0,50
Ст3кп	360-460	235	27	Б Ст3кп	0,14-0,22	0,40-0,65
Ст3пс, Ст3сп	370-480	245	26	Б Ст3пс, Б Ст3сп	0,14-0,22	0,40-0,65
Ст3Тсп	390-570	-	-	Б Ст3Тсп	0,14-0,22	0,80-1,10
Ст4кп	400-510	255	25	Б Ст4кп	0,18-0,27	0,40-0,70
Ст4пс, Ст4сп	410-530	265	24	Б Ст4пс, Б Ст4сп	0,18-0,27	0,40-0,70
Ст5пс, Ст5сп	490-630	285	20	Б Ст5пс, Б Ст5сп	0,28-0,37	0,50-0,80
Ст5Тсп	450-590	285	20	Б Ст5Тсп	0,22-0,30	0,80-1,20
Ст6пс, Ст6сп	не менее 590	315	15	Б Ст6пс, Б Ст6сп	0,38-0,49	0,50-0,80

Углеродистые качественные стали

Эти стали характеризуются более низким, чем у сталей обыкновенного качества, содержанием вредных примесей и неметаллических включений. Они поставляются в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и механиче-

скими свойствами. Маркируются двузначными цифрами, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Т а б л и ц а 23

**Химический состав и механические свойства
углеродистых качественных сталей**

Мар- ар-ка ста- ли	Содержание элементов		Свойства после нормализации				
	С	Мп	$\sigma_B(\sigma_u)$, МПа	$\sigma_{0,2}(\sigma_Y)$ МПа	δ_5 , %	ψ , %	H_B
			не менее				не бо- лее
10	0,07-0,17	0,35-0,65	340	210	31	55	143
20	0,17-0,24	0,35-0,65	420	250	25	55	163
25	0,22-0,30	0,50-0,80	460	280	23	50	170
30	0,27-0,35	0,50-0,80	500	300	21	50	179
35	0,32-0,40	0,50-0,80	540	320	20	45	207
40	0,37-0,45	0,50-0,80	580	340	19	45	217
45	0,42-0,50	0,50-0,80	610	360	16	40	229
50	0,47-0,55	0,50-0,80	640	380	14	40	241
55	0,52-0,60	0,50-0,80	660	390	13	35	255
60	0,57-0,65	0,50-0,80	690	410	12	35	255
70	0,67-0,75	0,50-0,80	730	430	9	30	269
80	0,77-0,85	0,50-0,80	1100	950	6	30	285
65Г	0,62-0,70	0,90-0,120	750	440	9	-	285

Примечания:

1. В сталях допускается не более 0,04% S; 0,035% P, 0,25% Ni; 0,25% Cu; 0,08% As; 0,25% Cr;

2. Нормы механических характеристик относятся к полуфабрикатам диаметром или толщиной до 80 мм

Легированные конструкционные стали

Основными легирующими элементами конструкционных сталей являются хром, никель, кремний, марганец. Вольфрам, молибден, ванадий, титан, бор и другие элементы вводят в сталь в сочетании с хромом, никелем и марганцем для дополнительного улучшения свойств.

Конструкционные легированные стали подразделяются на цементируемые, улучшаемые, высокопрочные и специального назначения (рессорно-пружинные, строительные, шарикоподшипниковые и другие).

К цементируемым относятся низкоуглеродистые легированные стали (0,1 – 0,3% С), которые после насыщения углеродом, заковки и низкого отпуска обеспечивают высокую поверхностную твердость (HRC 58-63) при вязкой, но достаточно прочной сердцевине. Они предназначены для деталей машин и приборов, работающих на износ, испытывающих переменные ударные нагрузки.

Улучшению – заковке и высокотемпературному отпуску подвергают стали, содержащие 0,3 – 0,5% С и не более 5% легирующих элементов. Они предназначены для изготовления ответственных деталей машин, работающих в условиях циклических и ударных нагрузок, концентрации напряжений. Такие стали имеют высокий предел текучести в сочетании с высокой пластичностью, вязкостью, малой чувствительностью к надрезу.

Сталь с пределом прочности 1400-2000 МПа называют высокопрочной. Эти стали отличаются высокой чувствительностью к ударным нагрузкам и склонностью к хрупкому разрушению.

Т а б л и ц а 24

**Термическая обработка и механические свойства
улучшаемых легированных сталей**

Марка стали	Температура, °С		$\sigma_B(\sigma_u)$, МПа	$\sigma_{0,2}(\sigma_Y)$, МПа	δ_5 , %	ψ , %
	закалки	отпуска	не менее			
30 Г2	880	600	587	342	15	45
40 Г2	860	650	655	382	12	40
50 Г2	840	650	735	422	11	35
40 Х	860	500	1000	800	10	45
50 Х	830	520	1100	900	9	40
20 ХГСА	880	500	780	635	12	45
30 ХГСА, 30 ХГС	880	540	1080	835	10	45
35 ХГСА	880	700	1620	1275	9	40
40 ХН	820	500	1000	800	11	45
40 ХНМА	850	620	1100	950	12	50
38 ХН 3МА	850	600	1200	1100	12	50
30 ХМ 30 ХМА	880	540	930	735	11 12	45 50

Т а б л и ц а 25

Высокопрочные легированные стали.

Марка стали	Температура, °С		$\sigma_B(\sigma_u)$, МПа	$\sigma_{0,2}(\sigma_Y)$, МПа	δ_5 , %	ψ , %
	закалки	отпуска	не менее			
30 ХГСРА	900	250	1850	1670	13	50
30 ХГСН2А	900	260	1620	1375	9	45
30 ХГСН2А	900	230	1750	1610	12	50

38 X2H2MA	870	400	1400	1060	9	40
25 X2H4MA	800	300	1400	1130	14	48
40 XГCH3BA	900	250	2000	1200	11	43

Легированные конструкционные стали для изготовления аппаратуры в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности

Конструкционные стали имеют узкую область рабочих температур, и обладают низкой коррозионной стойкостью.

В связи с этим, детали оборудования и аппаратуры нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности, работающие в агрессивных средах, а также при температурах выше 475-500 °С должны изготавливаться из легированной стали.

Т а б л и ц а 26

Механические свойства литой высоколегированной стали при нормальных температурах

Марка стали	Термическая обработка	$\sigma_B(\sigma_u)$,	$\sigma_T(\sigma_Y)$,	δ	Ψ
		МПа (не менее)		%(не менее)	
1X13Л	Отжиг 950 ⁰ С, закалка 1050 ⁰ С (вода), отпуск	560	400	20	50
2X13Л	при 750 ⁰ С (воздух)	630	450	16	40
X25ТЛ	Без термической обработки	450	280	-	-
X 18Н9ТЛ	Закалка 1100 ⁰ С (вода)	450	200	25	32
X18Н12М3ТЛ	Закалка 1150 ⁰ С (вода)	500	220	30	30
X9С2Л	Закалка 1050 ⁰ С (вода)	700	560	-	-
X24Н12СЛ	Закалка 1150 ⁰ С (вода)	500	250	20	28
X18Н24С2Л	Закалка 1150 ⁰ С (вода)	560	300	20	25
X25Н19С2Л	Закалка 1100 ⁰ С (вода)	500	250	25	28
X6С2МЛ	Закалка 780 ⁰ С (вода)	560	400	20	50

Чугуны

Сплав железа с углеродом ($> 2,14\%$ С) называется чугуном. В зависимости от содержания углерода, связанного в цементит, различают несколько видов чугуна: белый, половинчатый, серый. Наиболее широко применяемым конструкционным материалом является серый чугун, который маркируется буквами С_ч (серый чугун).

Т а б л и ц а 27

Механические свойства отливок из серого чугуна

Марка чугуна	Предел прочности, МПа			Твердость НВ
	при растяжении $\sigma_{BP}(\sigma_{ut})$	при изгибе	при сжатии $\sigma_{BC}(\sigma_{uc})$	
не менее				
C4 12-28	120	280	500	143-229
C4 15-32	150	320	600	163-229
C4 18-36	180	360	700	170-229
C4 21-40	210	400	760	170-229
C4 24-44	240	440	-	170-241
C4 28-48	280	480	900	170-241
C4 32-52	320	520	-	187-255
C4 35-56	350	560	1080	197-269
C4 40-60	400	600	-	207-269
C4 44-69	440	690	-	229-289

Цветные металлы и сплавы.

Деформируемые алюминиевые сплавы

Дюралюминием называют сплавы системы *Al-Cu-Mg*, в которую дополнительно вводят марганец. Кремний и железо являются постоянными примесями. Марки дюралюминов обозначают буквой Д и цифрами, которые являются условными номерами сплавов.

Авиали (АВ) – сплавы повышенной пластичности. По прочности они уступают дюралюминам.

Высокопрочные сплавы (В) наряду с медью и магнием содержат значительное количество цинка.

Ковочные сплавы (АК) относятся к сплавам системы *Al-Cu-Mg-Si*.

Жаропрочные сплавы используются для деталей, работающих при температуре до 300⁰С.

Литейные алюминиевые сплавы

Литейные сплавы (АЛ) используют для изготовления изделий различными методами литья. Чаще всего применяют сплавы *Al-Si*, *Al-Cu*, *Al-Mg*, которые дополнительно легируют небольшим количеством меди и магния, марганца, никеля, хрома.

Среди линейных сплавов наибольший интерес представляют сплавы алюминия с кремнием – силумины. Улучшение этих сплавов достигается их термообработкой.

Т а б л и ц а 28

Механические свойства алюминиевых сплавов

Марка сплава	$\sigma_{BP}(\sigma_{ш})$, МПа	$\sigma_{0,2}(\sigma_Y)$, МПа	δ , %
АЛ-2	180	90	5
АЛ-9	260	200	4
АЛ-19	360	250	5
АЛ-27	360	180	18
АК-9	240	-	0,5
АК4М4	220	-	0,5
Д1	200	-	12
Д1А(лист)	360	200	15
АД1(пруток)	60	-	25
Д16	300	190	10-13
В95А(лист)	490	410	6-7

Сплавы на основе меди

По химическому составу медные сплавы подразделяются на латуни (Л) и бронзы (Бр). Латунями называются сплавы меди с цинком,

бронзами – сплавы меди со всеми элементами, кроме цинка (свинец, олово, алюминий, бериллий, кремний, марганец, никель).

Т а б л и ц а 29

Механические свойства медных сплавов

Латуни			Бронзы		
Марка	$\sigma_{BP}(\sigma_{ut})$, МПа	δ , %	Марка	$\sigma_{BP}(\sigma_{ut})$, МПа	δ , %
Л80	295	30-40	БрОФ7-0,2	372-442	55-65
Л68	343	40	БрОФ6,5-0,4	372-442	60-70
Л63	300	30-40	БрОЦ4-3	295-392	35-45
Л60	441	30	БрАМц9-2	392-488	20-40
ЛАН59-3-2	540	7-12	БрАЖ9-4	392-488	35-45
ЛМц58-2	441	8-10	БрАЖН10-4-4	442-540	35-45
ЛК80-3Л	300	15	БрКН-1-3	392-442	25-30
ЛЦ30 АЗ	215	16-24	БрОЦ3Ц6С5Н1	206	8
ЛЦ40МцЗЖ	441	12-18	БрА10Ж4Н4Л	588	6

Сплавы на основе титана

Титановые сплавы обладают высокой прочностью, являются жаропрочными, жаростойкими при достаточно хорошей пластичности, высокой коррозионной стойкости и малой плотности.

Т а б л и ц а 30

Механические свойства титановых сплавов

Деформируемые сплавы				Жаропрочные сплавы (t = 500°C)			
Марка	$\sigma_{BP}(\sigma_{ut})$ МПа	$\sigma_{0,2}(\sigma_Y)$ МПа	δ , %	Марка	$\sigma_{BP}(\sigma_{ut})$ МПа	$\sigma_{0,2}(\sigma_Y)$ МПа	δ %
BT5	700-950	660-850	10-15	BT3-1	750	400	8
BT5-1	750-950	650-850	10-15	BT8	800	550	25
BT3-1	1100-1200	1050-1100	12-14	BT9	850	650	38
BT6	1100-1150	1000-1050	14-16	BT5-1	480	260	5

BT14	1150-1400	1080-1300	6-10				
BT15	1300-1500	-	4-8				

Литература

1. Пономарев С.Д. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. Т. 1-3. –М.: Машгиз, 1956. -884 с.;
2. Прочность, устойчивость, колебания: Справочник в трех томах, том 1 / Под общ. ред. И.А.Биргера и Я.Г.Пановко. – М.: Машиностроение, 1968. – 832 с.
3. Гарифуллин Ф.А. Лекции по материаловедению.– Казань; Фэн. 2005 – 624 с.
4. Журавлев В.Н., Николаева О.Н. Машиностроительные стали. – М.; Машиностроение. 1992 – 480 с.
5. Келоглу Ю.П., Захариевич К.М., Карташевская М.И. Металлы и сплавы. – Кишинев: «Карта Молдовеняскэ». 1977 – 264 с.
6. Машиностроительные материалы. Под редакцией Раскатова В.М. –М.: Машиностроение. 1980 – 512 с.
7. М.Н.Серазутдинов, С.Г.Мухамбетжанов. Справочные сведения по курсу сопротивления материалов. Казань: КГТУ, 1995. – 31 с.
8. Р.Х.Ягфаров, Р.Г.Шарафиев, Р.Г.Ризванов. Краткий справочник инженера-механика. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1995. – 112 с.
9. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, 1986. -544 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения и основные символы.....	3
Сортамент прокатной стали.....	7
Сталь прокатная – балки двутавровые ГОСТ 8239-72.....	7
Сталь прокатная – швеллеры ГОСТ 8240-72.....	9
Сталь прокатная угловая равнополочная ГОСТ 8509-72.....	1
Сталь прокатная угловая неравнополочная ГОСТ 8510-72.....	1
Нормальные линейные размеры по ГОСТ 6636, мм.....	7
Кратные и дольные единицы системы СИ.....	2
Единицы измерения механических величин в Международной системе (СИ).....	1
Таблица тригонометрических функций.....	2
Соотношения в прямоугольном и произвольном треугольниках.....	2
Геометрические характеристики плоских сечений.....	3
Геометрические характеристики для определения напряжений и углов поворота стержней при кручении.....	2
Значения коэффициента φ в зависимости от гибкости λ	8
Коэффициенты приведенной длины стержня.....	3
Значения коэффициентов для формулы Ясинского и величины λ , определяющие пределы применимости этой форму-	0
	1

лы	3
Модуль упругости и коэффициент Пуассона.....	1
Величины допускаемых напряжений.....	3
Коэффициенты линейного расширения.....	2
Конструкционные материалы.....	3
Определение механических свойств металлов.....	4
Конструкционные стали.....	3
Маркировка сталей.....	5
Условные обозначения основных элементов в марках металлов и сплавов.....	3
Углеродистые стали обыкновенного качества.....	6
Свойства углеродистых сталей обыкновенного качества.....	3
Углеродистые качественные стали.....	7
Химический состав и механические свойства углеродистых качественных сталей.....	3
Легированные конструкционные стали.....	8
Термическая обработка и механические свойства улучшаемых легированных сталей.....	9
Высокопрочные легированные стали.....	3
	9
	0
	4
	0
	4
	0
	4
	1
	4
	2
	4
	3
	4
	3

Легированные конструкционные стали для изготовления аппаратуры в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности.....	4
	4
Механические свойства литой высоколегированной стали при нормальных температурах.....	4
	4
Чугуны.....	4
	4
Механические свойства отливок из серого чугуна.....	4
	5
Цветные металлы и сплавы.....	4
	5
Деформируемые алюминиевые сплавы.....	4
	5
Литейные алюминиевые сплавы.....	4
	6
Механические свойства алюминиевых сплавов.....	4
	6
Сплавы на основе меди.....	4
	6
Механические свойства медных сплавов.....	4
	7
Сплавы на основе титана.....	4
	7
Механические свойства титановых сплавов.....	4
	7
Литература.....	4
	8

