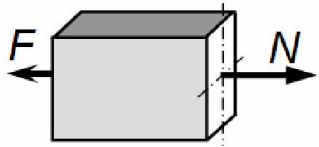
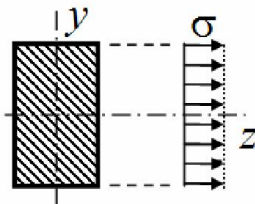
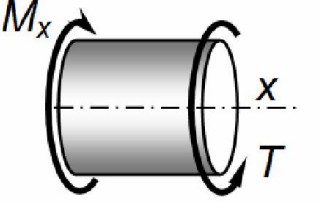
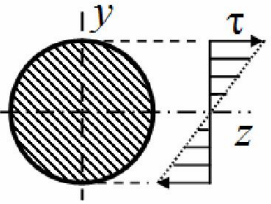
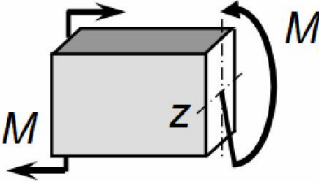
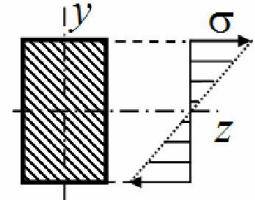


НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ

Методические указания

		$\sigma = \frac{N}{A}$
		$\tau = \frac{T \cdot \rho}{J_p}$
		$\sigma = \frac{M_z \cdot y}{J_z}$



УДК 539.3 (075)

Рецензент

канд. техн. наук, доцент *С. Н. Паршев*

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Нормативно-справочные материалы для прочностных расчетов: метод. указания / сост.: А. А. Белов, О. В. Кондратьев, А. С. Столярчук; ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – 16 с.

Приводятся основные справочные материалы, необходимые для проведения расчётов на прочность и жесткость элементов конструкций в курсе «Сопrotивление материалов» и других дисциплин прочностного цикла на практических занятиях и при выполнении расчётно-проектировочных работ. Даны сведения по простым видам сопротивления. Представлены классические теории прочности. Приведены геометрические характеристики для некоторых простейших поперечных сечений и прокатных профилей. Даны выписки из ГОСТов механические характеристики материалов.

Предназначены для студентов дневной, вечерней и заочной форм обучения.

© Волгоградский государственный
технический университет, 2017

Учебное издание

Составители:

Андрей Анатольевич **Белов**
Олег Викторович **Кондратьев**
Александр Станиславович **Столярчук**

НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ

Методические указания

Темплан 2017 г. (учебно-методическая литература). Поз. № 140
Подписано в печать 01. 09. 2017 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
ГарнитураTimes. Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93.
Тираж 10 экз. Заказ № 766.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28. корп. 1.

Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолгГТУ.
400005, Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28. корп. 7.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

На основе сложившихся в мировой практике традиций стандартом ISO 3898:1997 Bases for design of structures - Notations - General symbols (Основы расчета строительных конструкций. Обозначения. Общие символы) для обозначения отдельных понятий при расчете конструкций предусматривается использование латинских и греческих букв, а также некоторых специальных обозначений, произошедших от терминов на английском, немецком и французском языках. В приведенных ниже таблицах указан преимущественно английский вариант термина.

Таблица 1

Латинские прописные буквы

Буква	Значение	От англ. термина
<i>A</i>	Площадь (сечения)	<i>area</i>
<i>D</i>	Диаметр круга, наружный диаметр кольца, жесткость пластин и оболочек при изгибе	<i>diameter</i>
<i>E</i>	Продольный модуль упругости (модуль Юнга)	<i>elasticity</i>
<i>F</i>	Сосредоточенная сила; воздействие вообще	<i>force</i>
<i>G</i>	Постоянная нагрузка (вес); модуль упругости при сдвиге (скольжении)	нем. <i>Gewicht</i> ; нем. <i>Gleiten</i>
<i>H</i>	Горизонтальная составляющая силы; высота (колонны, фермы)	<i>horizontal</i> ; <i>height</i>
<i>I</i>	Момент инерции площади плоской фигуры	<i>inertia</i>
<i>K</i>	Кинетическая энергия; коэффициент запаса	<i>Kinetic energy</i> ; нем. <i>Koeffizient</i>
<i>M</i>	Момент вообще; изгибающий (внутренний) момент	<i>moment</i>
<i>N</i>	Продольное (нормальное к сечению) усилие	<i>normal</i>
<i>P</i>	Мощность	<i>power</i>
<i>Q</i>	Поперечная сила	нем. <i>Die querlaufende Kraft</i>
<i>R</i>	Опорная реакция; результирующая сила; расчетное сопротивление материала	<i>reaction</i> ; <i>resultant</i> ; <i>rated resistance</i>
<i>S</i>	Статический момент площади сечения	<i>static moment</i>
<i>T</i>	Крутящий (внутренний) момент; температура (K)	<i>torsion torque</i> <i>temperature</i>
<i>U</i>	Потенциальная энергия	--
<i>V</i>	Объем тела; вертикальная составляющая силы	<i>volume</i> ; <i>vertical</i>
<i>W</i>	Работа; момент сопротивления сечения	<i>work</i> ; нем. <i>Widerstands</i>
<i>X, Y, Z</i>	Составляющие силы, параллельные осям <i>x, y, z</i> .	

Таблица 2

Латинские строчные буквы

<i>a</i>	Ускорение; расстояние	<i>acceleration</i>
<i>b</i>	Ширина	<i>breadth</i>
<i>d</i>	Внутренний диаметр кольца; диаметр отверстия, болта и т. п.	<i>diameter</i>
<i>e</i>	Эксцентриситет (плечо) силы	<i>eccentricity</i>

f	Стрела прогиба	<i>flexure</i>
g	Ускорение свободного падения	<i>gravity</i>
h	Высота	<i>height</i>
i	Радиус инерции сечения	<i>radius of inertia</i>
k	Коэффициент	нем. <i>Koeffizient</i>
l	Длина элемента; длина пролета	<i>length</i>
m	Масса тела; среднее значение	<i>mass; mean</i>
n	Количество чего-либо	<i>number</i>
p	Давление; интенсивность нагрузки, распределенной по площади	<i>pressure</i>
q	Интенсивность линейной (погонной) распределенной нагрузки	—
r	Радиус	<i>radius</i>
s	Шаг, стандартное отклонение;	<i>step, standard deviation</i>
t	Толщина тонкостенных элементов; время; температура (°C)	<i>thickness; time; temperature</i>
u	Удельная потенциальная энергия	—
v	Скорость	<i>velocity</i>
x	Горизонтальная ось поперечного сечения бруса; координата	—
y	Вертикальная ось поперечного сечения бруса и перемещение (прогиб) вдоль нее; координата	—
z	Продольная ось бруса; абсцисса сечения балки.	—

Таблица 3

Греческие буквы

Δ	Приращение величины; перемещение
T	Равнодействующая внутренних касательных сил
α	Угол; коэффициент линейного расширения; отношение диаметров кольца (коэффициент пустотелости)
β	Угол (вообще)
γ	Угол сдвига; угол наклона линии прогиба при косом изгибе; удельный вес материала; коэффициент надежности
δ	Перемещение
ε	Относительная линейная деформация
θ	Относительное угловое перемещение, поворот
λ	Гибкость стержня
μ	Коэффициент приведения длины сжатого стержня; отношение предельных напряжений при осевом растяжении и сжатии
ν	Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона)
ρ	Радиус кривизны; радиус-вектор; плотность материала
σ	Нормальное напряжение
τ	Касательное напряжение
φ	Абсолютный угол закручивания; коэффициент продольного изгиба
ω	Площадь эпюры внутренних усилий

Таблица 4

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ФИГУР

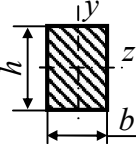
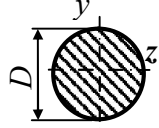
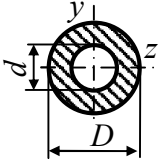
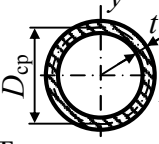
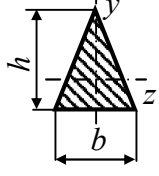
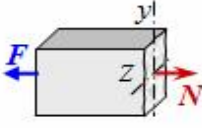

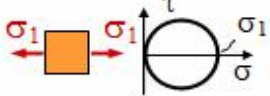
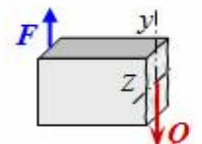
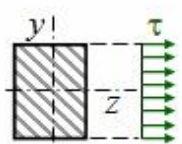
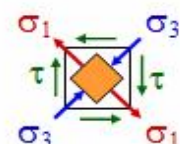
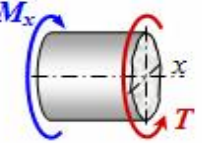
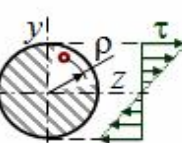
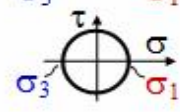
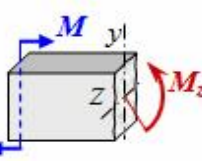
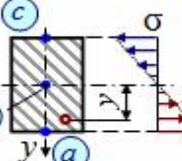
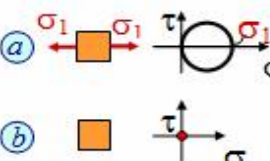
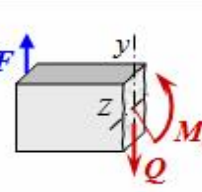
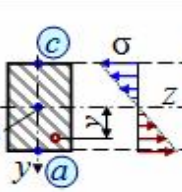
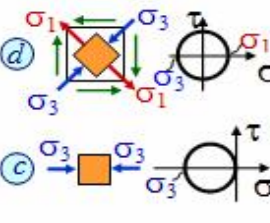
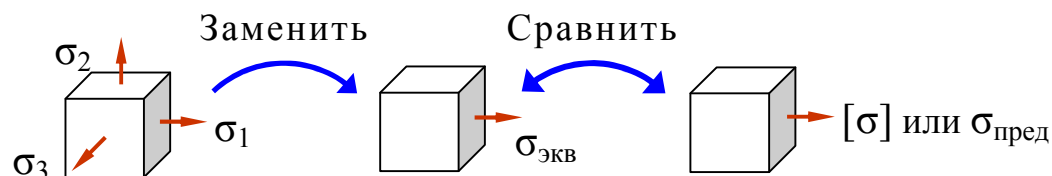
Сечение	Площадь	При изгибе				При кручении	
		J_z	$\langle J_y \rangle$	W_z	$\langle W_y \rangle$	J_k	W_k
	bh	$\frac{bh^3}{12}$	$\left\langle \frac{hb^3}{12} \right\rangle$	$\frac{bh^2}{6}$	$\left\langle \frac{hb^2}{6} \right\rangle$	$\beta b^3 h$, где $\beta = \sqrt{0,04632 \ln(h/b) + 0,01972}$	$\alpha b^2 h$, где $\alpha = \sqrt{0,025 \ln(h/b) + 0,04295}$
	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{\pi D^4}{64}$		$\frac{\pi D^3}{32}$		$\frac{\pi D^4}{32}$	$\frac{\pi D^3}{16}$
	$\frac{\pi D^2}{4} \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)$	$\frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$		$\frac{\pi D^3}{32} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$		$\frac{\pi D^4}{32} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$	$\frac{\pi D^3}{16} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$
 Тонкостенное	$\pi D_{cp} t$	$\frac{\pi D_{cp}^3}{8} t$		$\frac{\pi D_{cp}^2}{4} t$		$\frac{\pi D_{cp}^3}{4} t$	$\frac{\pi D_{cp}^2}{2} t$
	$\frac{bh}{2}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\left\langle \frac{hb^3}{48} \right\rangle$	$\frac{bh^2}{24}$	$\left\langle \frac{hb^2}{24} \right\rangle$	Равносторонний $\frac{h^4}{15\sqrt{3}}$	Равносторонний $0,05b^3$

Таблица 5

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТАХ

Вид сопротив-ления	Внутренние усилия	Распределение напряжений	Напряжение в произв. точке	Условие прочности	Напряженное состояние	Деформация (закон Гука)
Растяжение (сжатие)			$\sigma = \frac{N}{A}$	$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma]$		$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ $\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A}$
Сдвиг			$\tau = \frac{Q}{A}$	$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A} \leq [\tau]$		$\gamma = \frac{\tau}{G}$ $\Delta S = \frac{Q \cdot a}{G \cdot A}$
Кручение			$\tau = \frac{T \cdot \rho}{J_p}$	$\tau_{\max} = \frac{T_{\max}}{W_p} \leq [\tau]$		$\gamma = \frac{\tau}{G}$ $\varphi = \frac{T \cdot l}{G \cdot J_p}$
Изгиб чистый			$\sigma = \frac{M_z \cdot y}{J_z}$	$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma]$		Уравнение упругой линии $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{E \cdot J_z}$
Изгиб поперечный			$\sigma = \frac{M_z \cdot y}{J_z}$ $\tau = \frac{Q \cdot S'_z}{b \cdot J_z}$	$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma]$ $\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S'_{z, \max}}{b \cdot J_z} \leq [\tau]$		

Классические теории (гипотезы) прочности



Условный номер	Название, авторы	Критерий прочности	Эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв}}$	Область применения
I	Наибольших нормальных напряжений (Галилей, XVII в.)	σ_{max}	$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 \leq [\sigma_p]; \quad \sigma_{\text{экв}} = \sigma_3 \leq [\sigma_{\text{сж}}]$	Хрупкие материалы: керамика, стекло, гипс
II	Наибольших линейных деформаций (Мариотт, 1682 г.)	ε_{max}	$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) \leq [\sigma]$	Ввиду малой достоверности не рекомендуется
III	Наибольших касательных напряжений (Кулон, 1773; Треска, 1864 г; Сен-Венан, 1871г.)	τ_{max}	$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$	Для пластичных материалов $\sigma_{\text{тр}} = \sigma_{\text{тсж}}$
IV	Энергии формоизменения (Хубер, 1904 г., Мизес, 1913 г., Генки, 1924 г.)	$u_{\text{ф}}$	$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq [\sigma]$	
V	Теория Мора (1882 г.)	$\tau_k = f(\sigma_k)$	$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - k \cdot \sigma_3 \leq [\sigma], \quad \text{где } k = \frac{\sigma_{\text{тр}}}{\sigma_{\text{тсж}}}$	Для пластичных и хрупких материалов, если $\sigma_{\text{тр}} \neq \sigma_{\text{тсж}}$

ПРАВИЛА ПРОВЕРКИ ЭПЮР Q И M ПРИ ИЗГИБЕ

Правила проверки эпюр внутренних усилий при изгибе основаны на дифференциальных зависимостях Журавского Д. И. между нагрузкой и внутренними усилиями, а также геометрическим смыслом первой производной dy/dx от функции $y = f(x)$ – тангенсом угла наклона касательной к функции $y = f(x)$ в исследуемой точке.

1. Интенсивность q распределённой нагрузки является первой производной от Q , а Q в свою очередь является производной от M

$$\frac{dQ(x)}{dx} = q, \quad \frac{dM(x)}{dx} = Q, \quad \text{или} \quad \frac{d^2M(x)}{dx^2} = \frac{dQ(x)}{dx} = q.$$

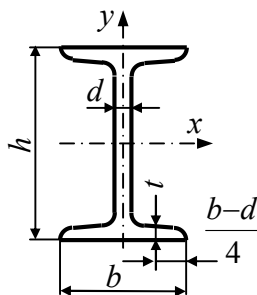
2. На тех участках, где к балке приложена равномерно распределённая нагрузка q , эпюра Q ограничена наклонной линией, а эпюра M – квадратичной параболой. При построении эпюры M на растянутой стороне балки выпуклость параболы обращена в направлении действия распределённой нагрузки q .
3. На тех участках, где распределённой нагрузки нет, эпюра Q ограничена прямой линией, параллельной базовой оси эпюры (поперечная сила постоянна), а эпюра M – наклонной прямой линией.
4. Изгибающий момент достигает экстремума (максимума или минимума) в тех сечениях балки, где поперечная сила $Q = 0$, так как в этих точках касательная к параболе, ограничивающей эпюру M , в этом сечении параллельна оси эпюры.
5. На участках, где $Q > 0$, момент M возрастает, то есть положительные ординаты увеличиваются, отрицательные – уменьшаются.
6. Чем больше по абсолютной величине значение поперечной силы Q , тем круче линия, ограничивающая эпюру M .
7. В тех сечениях, где к балке приложены сосредоточенные силы:
 - а) на эпюре Q будут скачки на величину и в направлении приложенных сил;
 - б) на эпюре M будут изломы, причём остриё излома направлено по действию силы.
8. В тех сечениях, где к балке приложены сосредоточенные моменты, на эпюрах M будут скачки на величину этих моментов.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Таблица 7

Сортамент прокатной стали

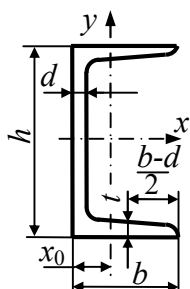
Двутавры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8239-89)



A – площадь поперечного сечения; S – статический момент полусечения;
 J – момент инерции; i – радиус инерции;
 W – момент сопротивления;
 m – масса одного погонного метра.

№	h , мм	b , мм	d , мм	t , мм	A , см ²	m , кг	J_{x_2} , см ⁴	W_{x_2} , см ³	i_{x_2} , см	S_{x_2} , см ³	J_{y_2} , см ⁴	W_{y_2} , см ³	i_{y_2} , см
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	11,5	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	15,90	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,40	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	19,30	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,00	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	22,70	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,00	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	25,80	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,30	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	29,40	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	270	125	6,0	9,8	40,2	31,50	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	270	135	6,0	10,2	43,2	33,90	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	300	135	6,5	10,2	46,5	33,50	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	49,5	39,20	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	330	140	7,0	11,2	53,8	42,2	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,3	13,0	72,6	57,0	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	450	160	9,0	14,2	84,7	66,5	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	500	170	10	15,2	100	78,5	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	550	180	11	16,5	118	92,6	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	600	190	12	17,8	138	108	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54

Таблица 8



Швеллеры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8240-89)

A – площадь поперечного сечения;
 J – момент инерции;
 W – момент сопротивления;

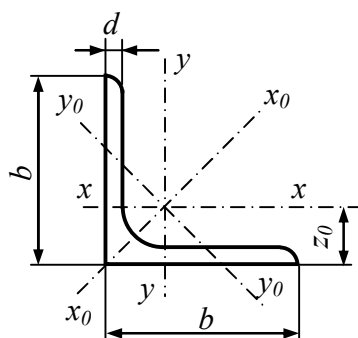
S – статический момент полусечения;
 i – радиус инерции;

m – масса одного погонного метра.

№	h , мм	b , мм	d , мм	t , мм	A , см ²	m , кг	J_{x_3} , см ⁴	W_{x_3} , см ³	i_{x_3} , см	S_{x_3} , см ³	J_{y_3} , см ⁴	W_{y_3} , см ³	i_{y_3} , см	x_0 , см
5	50	32	4,4	7,0	6,16	4,84	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,945	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	5,90	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	7,05	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	45	4,5	7,6	10,9	8,59	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,3	10,4	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,6	12,3	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14a	140	62	4,9	8,7	17,0	13,3	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	160	64	5,0	8,4	18,1	14,2	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16a	160	68	5,0	9,0	19,5	15,3	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18	180	70	5,1	8,7	20,7	16,3	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18a	180	74	5,1	9,3	22,3	17,4	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9,0	23,4	18,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	200	80	5,2	9,7	25,2	19,8	1670	167	8,15	95,9	139	21,2	2,35	2,28
22	220	82	5,4	9,5	26,7	21,0	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	220	87	5,4	10,2	28,8	22,6	2330	212	8,90	121	187	30,0	2,55	2,46
24	240	90	5,6	10,0	30,6	24,0	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24a	240	95	5,6	10,7	32,9	25,8	3180	265	9,84	151	245	37,2	2,78	2,67
27	270	95	6,0	10,5	35,2	27,7	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,5	31,8	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,5	36,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,4	41,9	10200	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,5	48,3	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Таблица 9

**Уголки стальные горячекатаные
равнополочные (по ГОСТ 8509-89)**



A – площадь поперечного сечения;

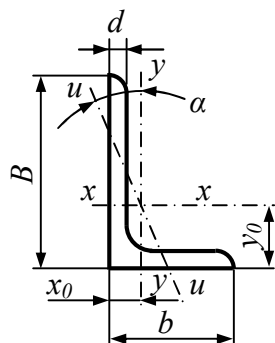
J – момент инерции; i – радиус инерции;

m – масса одного погонного метра.

№	b , мм	d , мм	A , см ²	m , кг	J_x , см ⁴	i_x , см	$J_{x0 \max}$, см ⁴	$i_{x0 \max}$, см	$J_{y0 \min}$, см ⁴	$i_{y0 \min}$, см	z_0 , см
4	40	3	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	1,13
		5	3,79	2,97	5,53	1,20	8,75	1,54	2,30	0,79	1,17
4,5	45	3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	1,21
		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	1,26
		5	4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	1,30
5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	1,33
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	1,38
		5	4,80	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	1,42
5,6	56	4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	1,52
		5	5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	1,57
		6	6,53	5,16	19,0	1,70	29,9	2,14	7,96	1,09	1,62
6,3	63	4	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	1,74
		6	7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	1,78
7	70	4,5	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	1,88
		5	6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	1,90
		6	8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	1,94
		7	9,42	7,93	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	1,99
		8	10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,49	2,02
7,5	75	5	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	2,02
		6	8,78	6,89	45,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	2,06
		7	10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	2,10
		8	11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	2,15
		9	12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	2,18
8	80	5,5	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	2,17
		6	9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	2,19
		7	10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	2,23
		8	12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	2,27

Таблица 10

**Уголки стальные горячекатаные
неравнополочные (по ГОСТ 8510-86)**



A – площадь поперечного сечения;

J – момент инерции; i – радиус инерции;

α – угол наклона главной оси;

m – масса одного погонного метра.

№	B , мм	b , мм	d , мм	A , см ²	m , кг	J_x , см ⁴	i_x , см	J_y , см ⁴	i_y , см	$J_u \text{ min}$, см ⁴	$i_u \text{ min}$, см	x_0 , см	y_0 , см	tg α
6,3/4	63	40	4	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	3,07	0,87	0,91	2,03	0,397
			5	4,98	3,91	19,9	2,00	6,26	1,12	3,73	0,86	0,95	2,08	0,396
			6	5,90	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	4,36	0,99	1,17	2,12	0,393
7,5/5	75	50	5	6,11	4,79	34,8	2,30	12,5	1,43	7,24	1,09	1,17	2,39	0,436
			6	7,25	5,69	40,9	2,39	14,6	1,42	8,48	1,08	1,21	2,44	0,435
			8	9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	10,9	1,07	1,29	2,52	0,430
8/5	80	50	5	6,36	4,99	41,6	2,56	12,7	1,41	7,58	1,09	1,13	1,41	0,387
			6	7,55	5,92	49,0	2,55	14,8	1,40	8,88	1,08	1,17	1,40	0,386
9/5,6	90	56	5	7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	11,7	1,22	1,26	2,92	0,384
			6	8,54	6,70	70,6	2,88	21,2	1,58	12,7	1,22	1,28	2,95	0,384
			8	11,18	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	16,3	1,21	1,36	3,04	0,380
10/6,3	100	63	6	9,59	7,53	98,3	3,20	30,6	1,79	18,2	1,38	1,42	3,23	0,393
			7	11,1	8,70	113	3,19	35,0	1,78	20,8	1,37	1,46	3,28	0,392
			8	12,6	9,87	127	3,18	39,2	1,77	23,4	1,36	1,50	3,32	0,392
			10	15,5	12,1	154	3,15	47,1	1,75	28,3	1,35	1,58	3,40	0,387
11/7	110	70	6	11,4	8,98	112	3,53	45,6	2,00	26,9	1,53	1,58	3,55	0,402
			8	13,9	10,9	172	3,51	54,6	1,98	32,3	1,52	1,64	3,61	0,400
12,5/8	125	80	7	14,1	11,0	227	4,01	73,7	2,29	43,4	1,76	1,80	4,01	0,407
			8	16,0	12,5	256	4,00	83,0	2,28	48,8	1,75	1,84	4,05	0,406
			10	19,7	15,5	312	3,98	100	2,26	59,3	1,74	1,92	4,14	0,404
			12	23,4	18,3	365	3,95	117	2,24	69,5	1,72	2,00	4,22	0,400
14/9	140	90	8	18,0	14,1	364	4,49	120	2,58	70,3	1,98	2,03	4,49	0,411
			10	22,2	17,5	444	4,70	146	2,56	85,5	1,96	2,12	4,58	0,409
16/10	160	100	9	22,9	18,0	606	5,15	186	2,85	110	2,20	2,23	5,19	0,391
			10	25,3	19,8	667	5,13	204	2,84	121	2,19	2,28	5,23	0,390
			12	30,0	23,6	784	5,11	239	2,82	142	2,18	2,36	5,32	0,388
			14	34,7	27,3	897	5,00	272	2,80	162	2,16	2,43	5,40	0,385

НОРМАЛЬНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ
(выписка из ГОСТ 6636-69)

Ряды							
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	4,0	4,0	4,0
		1,1	1,05 1,1 1,15			4,5	4,2 4,5 4,8
1,6	1,2	1,2	1,2	6,3	6,3	5,0	5,0
		1,4	1,3 1,4 1,5			5,6	5,3 5,6 6,0
1,6	1,6	1,6	1,6	6,3	6,3	6,3	6,3
		1,8	1,7 1,8 1,9			7,1	6,7 7,1 7,5
2,5	2,0	2,0	2,0	6,3	8,0	8,0	8,0
		2,2	2,1 2,2 2,4			9,0	8,5 9,0 9,5
2,5	2,5	2,5	2,5	<p align="center">Примечания:</p> <p>1. Размеры, кратные приведенным в таблице, получаются умножением на 0,01; 0,1; 10; 100.</p> <p>2. При выборе размеров предпочтение следует отдавать числам из рядов с более крупной градацией (Ra5 – Ra10).</p>			
		2,8	2,6 2,8 3,0				
2,5	3,2	3,2	3,2				
		3,6	3,4 3,6 3,8				

Справка

Каждое столбец таблицы являет собой геометрическую прогрессию, в которой каждый член равен предыдущему, умноженному на знаменатель прогрессии q . Знаменатель равен для ряда:

$$\text{Ra5: } q = \sqrt[5]{10} \approx 1,60,$$

$$\text{Ra20: } q = \sqrt[20]{10} \approx 1,12,$$

$$\text{Ra10: } q = \sqrt[10]{10} \approx 1,25,$$

$$\text{Ra40: } q = \sqrt[40]{10} \approx 1,06$$

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 12

Стали углеродистые качественные (выписка из ГОСТ 1050-2013)

Марка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
10	205	330	31	55
20	245	410	25	55
30	295	490	21	50
40	335	570	19	45
45	355	600	16	40
50	375	630	14	40
60	400	680	12	35

Модули упругости: $E = 190\text{--}210$ ГПа; $G = 79\text{--}81$ ГПа

Таблица 13

Титановые сплавы (выписка из ГОСТ 19807-74)

Марка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
ПТ7М	500	600	20	40
ПТЗВ	600	800	11	—
ОТ4	650	800	10	25
ВТ5	750	900	12	30
ВТ20	840	1000	10	25

Модули упругости: $E = 105\text{--}115$ ГПа; $G = 39\text{--}40$ ГПа

Таблица 14

Алюминиевые сплавы (выписка из ГОСТ 4784-74)

Марка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
АМг2	80	190	25	65
АД1	100	150	6	60
АМц	110	170	18	65
Д16	320	450	19	—
В95оч	550	600	12	—

Модули упругости: $E = 70\text{--}72$ ГПа; $G = 26\text{--}28$ ГПа

Таблица 15

Чугуны с пластинчатым графитом (выписка из ГОСТ 1412-85)

Марка	Пределы прочности, (МПа) при		
	растяжении $\sigma_{вр}$	изгибе $\sigma_{ви}$	сжатии $\sigma_{вс}$
СЧ 10	100	260	480
СЧ 15	150	320	650
СЧ 20	200	380	820
СЧ 25	250	440	980
СЧ 30	300	500	1150
СЧ 35	350	560	1320

Модули упругости: $E = 115\text{--}125$ ГПа; $G = 45$ ГПа

Таблица 16

**Допускаемые напряжения при статической нагрузке
для углеродистых сталей обыкновенного качества
в горячекатаном состоянии ***

Марка стали	Допускаемые напряжения, МПа при				
	растяжении [σ_p]	изгибе [$\sigma_{из}$]	кручении [$\tau_{кр}$]	срезе [$\tau_{ср}$]	смятии [$\sigma_{см}$]
Ст2	115	140	85	70	175
Ст3	125	150	95	75	190
Ст4	140	170	105	85	210
Ст5	165	200	125	100	250
Ст6	195	230	145	115	290

* Горский А. И., Иванов-Емин Е. Б., Кареновский А. И. Определение допускаемых напряжений при расчетах на прочность. М.: НИИмаш, 1974.

Таблица 17

**Коэффициент ϕ снижения основных допускаемых напряжений,
используемых в расчетах на продольный изгиб**

λ	Ст 2, 3, 4	Ст5, Ст6	Древе- сина	λ	Ст 2, 3, 4	Ст5, Ст6	Древе- сина
0	1,00	1,00	1,00	110	0,52	0,43	0,25
10	0,99	0,98	0,99	120	0,45	0,37	0,21
20	0,97	0,95	0,97	130	0,39	0,32	0,18
30	0,95	0,92	0,93	140	0,34	0,29	0,16
40	0,92	0,90	0,87	150	0,30	0,26	0,14
50	0,89	0,86	0,80	160	0,27	0,23	0,12
60	0,85	0,81	0,71	170	0,24	0,21	0,11
70	0,81	0,76	0,60	180	0,22	0,19	0,10
80	0,76	0,70	0,48	190	0,20	0,17	0,09
90	0,69	0,62	0,38	200	0,19	0,16	0,08
100	0,60	0,51	0,31	210	0,17	0,14	—

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, А. В. Сопротивление материалов: учеб. для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – М.: Высш. шк., 2003. – 560 с.
2. Горшков, А. Г. Сопротивление материалов: учеб. пособие / А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 544 с.
3. Сопротивление материалов : учеб пособие / Н. А. Костенко [и др]. – М.: Высш. шк., 2004. – 430 с.
4. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов: учеб. / М. Д. Подскребко. – Минск : Высш. шк., 2007. – 797 с.
5. Беляев, Н. М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 607 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Стандарты методов механических испытаний

ГОСТ 1497-84	Металлы. Методы испытаний на растяжение
ГОСТ 2999-75	Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу
ГОСТ 3248-81	Металлы. Метод испытания на ползучесть
ГОСТ 3565-80	Металлы. Метод испытания на кручение
ГОСТ 9012-59	Металлы. Метод испытания твердости по Бринеллю
ГОСТ 9013-59*	Металлы. Метод испытания твердости по Роквеллу
ГОСТ 9454-78	Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах
ГОСТ 10145-81	Металлы. Метод испытания на длительную прочность
ГОСТ 12004-81	Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение
ГОСТ 23207-78	Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения
ГОСТ 25.502-79	Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость
ГОСТ 25.503-97	Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие
ГОСТ 25.504-82	Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости

Сортамент

ГОСТ 8239-89	Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент
ГОСТ 8240-89	Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент
ГОСТ 8509-94	Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент
ГОСТ 8510-86	Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент
ГОСТ 8732-78	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент
ГОСТ 8734-78	Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент