

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра механики материалов и деталей машин

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

Справочник

Минск
БГАТУ
2011

УДК 539.3/.6(07)
ББК 30.121я7
М55

*Рекомендовано научно-методическим советом факультета
«Технический сервис в АПК» БГАТУ.
Протокол № 6 от 24 июня 2010 г.*

Составители:

кандидат технических наук,
доцент *О. И. Мисуно* (с. 1–6; разделы 2–5; с. 41–45);
кандидат технических наук, доцент *Д. Н. Колоско* (раздел 1);
старший преподаватель *С. А. Легенький* (раздел 3)

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой теоретической механики и ТММ БГАТУ *А. Н. Орда*;
кандидат технических наук, доцент, заведующий
кафедрой деталей машин и ПТУ БГТУ *С.Е. Бельский*

Механика материалов : справочник / сост. : О. И. Мисуно,
М 55 Д. Н. Колоско, С. А. Легенький. – Минск : БГАТУ, 2011. – 48 с.
ISBN 978-985-519-351-8.

УДК 539.3/.6(07)
ББК 30.121я7

ISBN 978-985-519-351-8

© БГАТУ, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ.....	7
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В КУРСЕ «МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ».....	7

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Характеристики прочности и пластичности конструкционных материалов.....	11
1.2. Характеристики прочности и пластичности сталей углеродистых качественных конструкционных.....	12
1.3. Характеристики прочности и пластичности сталей легированных конструкционных после термической обработки.....	12
1.4. Модуль упругости, модуль сдвига и коэффициент Пуассона для металлов.....	13
1.5. Модули упругости, модуль сдвига и коэффициент Пуассона для некоторых материалов.....	14
1.6. Ориентировочные пределы прочности строительных материалов.....	15
1.7. Ориентировочные пределы прочности пластмасс.....	15
1.8. Ориентировочные пределы прочности на растяжение для волокон.....	16
1.9. Ориентировочные пределы прочности древесины.....	16
1.10. Коэффициент линейного расширения α твердых тел, $1/^\circ\text{C}$	17

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

2.1. Площадь (A), осевые (J_z, J_y), полярный (J_p), центробежный (J_{zy}) моменты инерции, осевые (W_z, W_y), полярный (W_p) моменты сопротивления для основных форм сечений.....	18
2.2. Двутавры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8239-89).....	20
2.3. Швеллеры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8240-89).....	22

2.4. Уголки стальные горячекатаные равнополочные (по ГОСТ 8509-93).....	24
2.5. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные (по ГОСТ 8510-86).....	29

3. ПРОДОЛЬНОЙ ИЗГИБ ПРЯМЫХ СТЕРЖНЕЙ

3.1. Значения коэффициента приведения длины стержня (μ) при различных его схемах закрепления и нагружения.....	32
3.2. Значения коэффициента продольного изгиба ϕ	32
3.3. Параметры для определения критических напряжений сжатых стержней.....	33

4. ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ

4.1. Механические характеристики углеродистых качественных сталей, МПа.....	35
4.2. Механические характеристики легированных конструкционных сталей, МПа.....	35
4.3. Примерная взаимосвязь предела выносливости с другими механическими характеристиками материала.....	35
4.4. Эффективные коэффициенты концентрации $K_\sigma (K_\tau)$ для валов и осей с галтелями.....	36
4.5. Эффективные коэффициенты концентрации $K_\sigma (K_\tau)$ для валов и осей с выточками.....	37
4.6. Эффективные коэффициенты концентрации $K_\sigma (K_\tau)$ для валов и осей с поперечными отверстиями.....	38
4.7. Эффективные коэффициенты концентрации $K_\sigma (K_\tau)$ для валов в месте шпоночного паза.....	39
4.8. Значения коэффициентов чувствительности материала к асимметрии цикла (ψ_σ и ψ_τ).....	40
4.9. Значения масштабного коэффициента $\varepsilon_{m\sigma} = \varepsilon_{m\tau}$ в зависимости от диаметра вала.....	40
4.10. Шероховатость поверхности (мкм) после различных видов и методов обработки стали (обработка наружных цилиндрических поверхностей)....	41

4.1.1. Значения коэффициентов упрочнения поверхности $\beta_{упр}$	43
5. ПЛОСКИЕ КРИВЫЕ БРУСЬЯ	
5.1. Радиусы кривизны нейтрального слоя.....	44
5.2. Интегралы, часто встречающиеся при определении перемещений в кривых брусках	45
ЛИТЕРАТУРА	46

ВВЕДЕНИЕ

При овладении дисциплиной «Механика материалов» необходимо производить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых, наиболее часто встречающихся элементов инженерных конструкций. Неправильный расчет самой незначительной, на первый взгляд, детали может повлечь за собой очень тяжелые последствия – привести к разрушению конструкции в целом.

Изучение курса «Механика материалов» сопровождается решением задач, что способствует пониманию и закреплению теоретического материала, развитию у студентов инженерного мышления и интуиции. При проведении расчетов элементов конструкций и деталей машин на прочность, жесткость и устойчивость необходимо стремиться к сочетанию надежности работы конструкции с ее экономичностью, повышать эффективность проектных решений, применять новые прогрессивные конструкционные материалы. Для эффективной работы студентов на практических и лабораторных занятиях, при самостоятельной работе над индивидуальными заданиями требуются справочные данные механических характеристик материалов, геометрических характеристик поперечных сечений брусков и многие другие величины.

Данные справочные материалы также могут быть использованы при изучении других общеинженерных дисциплин и дипломном (курсовом) проектировании.

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Α α — альфа	Β β — бэта	Γ γ — гамма
Δ δ — дельта	Ε ε — эpsilon	Ζ ζ — дзэта
Η η — эта	Θ θ — тэта	Ι ι — йота
Κ κ — капа	Λ λ — ламбда	Μ μ — ми
Ν ν — ни	Ξ ξ — кси	Ο ο — омикрон
Π π — пи	Ρ ρ — ро	Σ σ — сигма
Τ τ — тау	Υ υ — ипсилон	Φ φ — фи
Χ χ — хи	Ψ ψ — пси	Ω ω — омега

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В КУРСЕ «МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»

Нагрузки:

- F — сосредоточенная сила, Н; кН;
 P — интенсивность распределенной нагрузки по длине стержня, Н/м; кН/м;
 M — сосредоточенная пара сил (момент), Н·м; кН·м.

Обозначение осей:

- x — продольная ось стержня;
 y, z — оси инерции поперечного сечения стержня;
 v, u — главные центральные оси инерции поперечного сечения стержня.

Геометрические характеристики

поперечных сечений стержня:

- A — площадь поперечного сечения бруса, m^2, mm^2, cm^2 ;
 S_y, S_z — статические моменты площади, относительно осей, соответственно, y, z, m^3, mm^3, cm^3 ;
 I_y, I_z — осевые моменты сечения относительно осей, соответственно, y, z, m^4, mm^4, cm^4 ;
 I_{yz} — центробежный момент инерции сечения относительно осей y, z, m^4, mm^4, cm^4 ;
 I_p — полярный момент инерции сечения, m^4, mm^4, cm^4 ;
 I_v, I_u — главные моменты инерции сечения, m^4, mm^4, cm^4 .

Внутренние силовые факторы:

- N — продольная или нормальная сила, Н, кН;
 $Q_y, Q_z, (Q)$ — поперечные силы, Н, кН;
 $M_y, M_z, (M)$ — изгибающие моменты, Н·м; кН·м;
 T — крутящий момент, Н·м; кН·м.

Напряжения:

- σ — нормальное напряжение, МПа;
 τ — касательное напряжение, МПа;
 $[\sigma]$ — допускаемое нормальное напряжение, МПа;
 $[\sigma_p]$ — допускаемое нормальное напряжение при растяжении, МПа;
 $[\sigma_c]$ — допускаемое нормальное напряжение при сжатии, МПа;
 $[\tau]$ — допускаемое касательное напряжение, МПа;
 σ_{max}, τ_{max} — максимальные напряжения, МПа;
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные напряжения, МПа;
 $\sigma_{экр}$ — эквивалентное напряжение, МПа.

Перемещения и деформации:

- Δl — абсолютное удлинение (укорочение) стержня, м, см, мм;
 $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$ — относительные линейные деформации;
 $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$ — относительные угловые деформации (углы сдвига) в координатных плоскостях;
 $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon$ — главные деформации;
 θ — относительное изменение объема.

Основные механические характеристики и константы упругих свойств материала:

- σ_T — предел текучести, МПа;
 σ_B — предел прочности, МПа;
 σ_{II} — предел пропорциональности, МПа;
 E — модуль упругости (модуль Юнга), МПа;
 G — модуль сдвига, МПа;
 μ — коэффициент Пуассона.

Кручение:

- θ — относительный угол закручивания;
 φ — угол закручивания, рад, градус;

$[\theta]$ — допускаемый относительный угол закручивания, рад/м, градус/м;

W_p — полярный момент сопротивления, м^3 , мм^3 , см^3 ;

P — мощность, Вт, кВт;

n — частота вращения, мин^{-1} ;

ω — угловая скорость, с^{-1} .

Изгиб:

W_x, W_y — осевой момент сопротивления, м^3 , мм^3 , см^3 ;

y — прогиб балки при изгибе;

θ — угол поворота сечения (угол поворота оси) балки, рад, градус.

Продольный изгиб прямых стержней:

F_k — критическая сила, Н, кН;

σ_k — критическое напряжение, МПа;

λ — гибкость стержня;

$\lambda_{\text{пред}}$ — предельная гибкость стержня;

μ — коэффициент приведения длины стержня;

i — радиус инерции сечения, м, мм, см;

n_y — коэффициент безопасности по устойчивости;

$[\sigma_y]$ — допускаемое напряжение на устойчивость;

φ — коэффициент продольного изгиба.

Прочность при переменных напряжениях:

$\sigma_m (\tau_m)$ — среднее напряжение цикла, МПа;

$\sigma_a (\tau_a)$ — амплитудное напряжение цикла, МПа;

r — коэффициент асимметрии цикла;

$\sigma_{-1} (\tau_{-1})$ — предел выносливости при симметричном цикле;

$K_\sigma (K_\tau)$ — эффективный коэффициент концентрации;

$\varepsilon_{\text{м } \sigma} (\varepsilon_{\text{м } \tau})$ — масштабный коэффициент;

$\varepsilon_{\text{п } \sigma} (\varepsilon_{\text{п } \tau})$ — коэффициент качества поверхности;

$\beta_{\text{упр}}$ — коэффициент упрочнения;

$\psi_\sigma (\psi_\tau)$ — коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла;

n_r — коэффициент безопасности по усталостному разрушению;

n_t — коэффициент безопасности по текучести материала;

$K_{\sigma_d} (K_{\tau_d})$ — общий коэффициент снижения предела выносливости при симметричном цикле.

Динамические нагрузки:

F_i — сила инерции, Н, кН;

F_d — динамическая сила, Н, кН;

$\sigma_d (\tau_d)$ — динамическое напряжение, МПа;

Δ_d — динамическое перемещение, м, мм, см;

a — ускорение, $\text{м}/\text{с}^2$;

K_d — динамический коэффициент.

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 1.2

Характеристики прочности и пластичности сталей углеродистых качественных конструкционных

Марка стали	Предел текучести σ_T , МПа		Предел прочности σ_B , МПа		Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
	при растяжении	при сжатии	при растяжении	при сжатии		
08	196	—	320	—	60	—
10	205	—	330	—	55	—
15	225	—	370	—	55	—
20	245	—	410	—	55	—
25	275	—	450	—	50	88
30	295	—	490	—	50	78
35	315	—	530	—	45	69
40	335	—	570	—	45	59
45	355	—	600	—	40	49
50	375	—	630	—	40	38
55	380	—	650	—	35	—
60	400	—	680	—	35	—

Таблица 1.1

Характеристики прочности и пластичности конструкционных материалов

Материал	Предел текучести σ_T , МПа		Предел прочности σ_B , МПа		Относительное удлинение δ , %
	при растяжении	при сжатии	при растяжении	при сжатии	
Сталь малоуглеродистая	250	250	390	—	42
Сталь 45 незакаленная	370	370	620	—	24
Сталь 45 закаленная	1040	970	1080	—	13
Чугун серый	140	310	150	640	0,6
Медь отожженная	55	55	220	—	46
Медь прутковая	250	250	270	—	15
Дюралюминий	340	340	540	—	13
Текстолит	75	115	130	170	1,5
Резина	—	—	0,04	—	18
Сосна (вдоль волокон)	—	—	80	40	—

Таблица 1.3

Характеристики прочности и пластичности сталей легированных конструкционных после термической обработки

Марка стали	Предел текучести σ_T , МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
15X	490	690	12	45
20X	640	785	11	40
40X	785	980	10	45
50X	880	1080	9	40
20Г	275	450	24	50
40Г	350	590	17	45
50Г	390	650	13	40
10Г2	245	420	22	50
30Г2	344	590	15	45

Таблица 1.4

Модуль упругости, модуль сдвига
и коэффициент Пуассона для металлов

Наименование материала	Модуль упругости E , МПа	Модуль сдвига G , МПа	Коэффициент Пуассона μ
Стали углеродистые	$2,0-2,1 \cdot 10^5$	$8,0-8,1 \cdot 10^4$	0,24–0,28
Стали легированные	$2,1 \cdot 10^5$	$8,0-8,1 \cdot 10^4$	0,25–0,30
Стальное литье	$1,75 \cdot 10^5$	–	–
Чугун серый, белый	$1,15-1,6 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^4$	0,23–0,27
Чугун ковкий	$1,55 \cdot 10^5$	–	–
Медь прокатанная	$1,1 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^4$	0,31 – 0,34
Медь холодноотянутая	$1,3 \cdot 10^5$	$4,9 \cdot 10^4$	–
Медь литье	$0,84 \cdot 10^5$	–	–
Бронза фосфористая	$1,15 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^4$	0,32 – 0,35
Бронза марганцовистая	$1,1 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^4$	0,35
Бронза алюминиевая литье	$1,05 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^4$	–
Латунь холодноотянутая	$0,91-0,99 \cdot 10^5$	$3,5-3,7 \cdot 10^4$	0,32–0,34
Алюминиевые сплавы	$0,69-0,71 \cdot 10^5$	$2,6-2,7 \cdot 10^4$	0,32–0,36
Алюминиевая проволока	$0,7 \cdot 10^5$	–	–
Дюралюминий	$0,71 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^4$	–
Цинк	$0,78 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^4$	0,27
Свинец	$0,15-0,2 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^4$	0,42
Никель	$2,06 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^4$	0,33

Таблица 1.5

Модуль упругости, модуль сдвига и коэффициент Пуассона для материалов

Наименование материала	Модуль упругости E , МПа	Модуль сдвига G , МПа	Коэффициент Пуассона μ
Гранит	$4,9 \cdot 10^4$	–	–
Известняк	$4,2 \cdot 10^4$	–	–
Мрамор	$5,6 \cdot 10^4$	–	–
Песчаник	$1,8 \cdot 10^4$	–	–
Каменная кладка из:			
гранита	$0,9-1 \cdot 10^4$	–	–
известняка	$0,6 \cdot 10^4$	–	–
кирпича	$0,27-0,3 \cdot 10^4$	–	–
Бетон при пределе прочности, МПа:			
10	$1,46-1,96 \cdot 10^4$	–	0,16–0,18
15	$1,64-2,14 \cdot 10^4$	–	0,16–0,18
20	$1,82-2,32 \cdot 10^4$	–	0,16–0,18
Железобетон:			
сжатые элементы	$1,77-4,22 \cdot 10^4$	–	–
изгибаемые элементы	$1,08-2,65 \cdot 10^4$	–	–
Древесина:			
вдоль волокон	$0,88-1,57 \cdot 10^4$	$0,44-0,64 \cdot 10^3$	–
поперек волокон	$0,39-0,98 \cdot 10^3$	–	–
Каучук	8	–	0,47
Текстолит	$0,58-0,98 \cdot 10^4$	–	–
Фторопласт	$4,6-8,3 \cdot 10^4$	–	–
Стекло	$4,9-5,8 \cdot 10^4$	$2,06-2,26 \cdot 10^3$	0,24–0,27
Стекло органическое	$2,9-4,1 \cdot 10^3$	–	0,35–0,38
Лед	$1 \cdot 10^4$	$2,8-3,0 \cdot 10^3$	–
Целлулоид	$0,14-0,28 \cdot 10^4$	$0,69-0,98 \cdot 10^3$	0,33–0,38

Таблица 1.6

Ориентировочные пределы прочности строительных материалов

Материал	Предел прочности σ_B , МПа	
	на растяжение	на сжатие
Гранит	3	120–260
Песчаник	2	40–150
Известняк	–	50–150
Кирпич	0,7–3	7,5–30
Бетон	0,14–2,5	1–40
Каменная кладка на растворе	0,2–0,5	2,5 – 9

Таблица 1.7

Ориентировочные пределы прочности пластмасс

Материал	Предел прочности σ_B , МПа	
	на растяжение	на сжатие
Винипласт	50	–
Полиэтилен	65	–
Бакелит	20–30	80–100
Целлулоид	50–70	–
Текстолит	85–100	130–250
Гетинакс	150–170	150–180
Бакелизованная фанера	130	115

Таблица 1.8

Ориентировочные пределы прочности на растяжение для волокон

Материал	σ_B , МПа
Хлопок	376
Шерсть	109
Шелк-сырец	448
Лен	352
Пенька	450
Копра	292

Таблица 1.9

Ориентировочные пределы прочности древесины

Порода леса	Предел прочности σ_B , МПа		
	на статический изгиб	на скалывание	на сжатие вдоль волокон
Сосна	50–115	6,5–9,5	25–62
Ель	52–101	–	32–57
Пихта	53–107	4,5–9	28–55
Кедр	40–70	–	25–40
Лиственница	80–125	7,7–10	41–67
Береза	60–114	9,1–15,4	31–62
Каштан	60–90	7,4–10,1	34–49
Тополь	45–90	6,5–9,5	38–56
Бук	81–148	12,3–14,5	43–82
Ясень	70–170	–	37–72
Дуб	77–130	–	42–65
Липа	48–84	–	26–46

Таблица 1.10

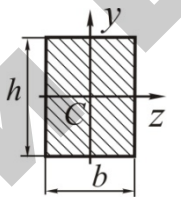
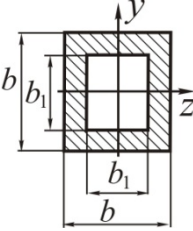
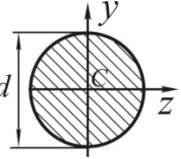
Коэффициент линейного расширения α твердых тел, $1/^\circ\text{C}$

Материал	α
Алюминий	$24-26 \cdot 10^{-6}$
Бетон	$10-14 \cdot 10^{-6}$
Бронза	$17-19 \cdot 10^{-6}$
Гетинакс	$20 \cdot 10^{-6}$
Дерево (вдоль волокон)	$2-5 \cdot 10^{-6}$
Каменная кладка	$4-7 \cdot 10^{-6}$
Латунь	$19-22 \cdot 10^{-6}$
Медь	$16,5-17,5 \cdot 10^{-6}$
Никель	$13 \cdot 10^{-6}$
Сталь	$10-13 \cdot 10^{-6}$
Текстолит	$33-41 \cdot 10^{-6}$
Чугун антифрикционный	$12 \cdot 10^{-6}$
Чугун	$10,4 \cdot 10^{-6}$

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

Таблица 2.1

Площадь (A), осевые (J_z, J_y), полярный (J_p), центробежный (J_{zy}) моменты инерции, осевые (W_z, W_y), полярный (W_p) моменты сопротивления для основных форм сечений

Схема и размеры сечения	Характеристики сечения
	<p>Прямоугольник</p> $A = hb; \quad J_z = \frac{bh^3}{12}; \quad J_y = \frac{hb^3}{12};$ $W_z = \frac{bh^2}{6}; \quad W_y = \frac{hb^2}{6}.$
	<p>Квадратная труба</p> $A = b^2 - b_1^2; \quad J_z = J_y = \frac{b^4 - b_1^4}{12};$ $J_p = \frac{b^4 - b_1^4}{6}.$
	<p>Круг</p> $A = \frac{\pi d^2}{4}; \quad J_z = J_y = \frac{\pi d^4}{64}; \quad J_p = \frac{\pi d^4}{32};$ $W_z = W_y = \frac{\pi d^3}{32}; \quad W_p = \frac{\pi d^3}{16}.$

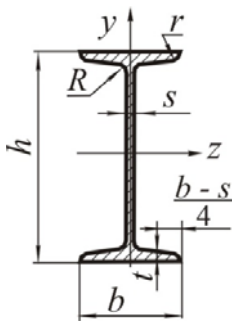
Окончание табл. 2.1

Схема и размеры сечения	Характеристики сечения
	<p style="text-align: center;">Кольцо</p> $A = \frac{\pi d_H^2}{4} (1 - c^2); \quad c = \frac{d_B}{d_H};$ $J_z = J_y = \frac{\pi d_H^4}{64} (1 - c^4); \quad J_p = \frac{\pi d_H^4}{32} (1 - c^4);$ $W_z = W_y = \frac{\pi d_H^3}{32} (1 - c^4); \quad W_p = \frac{\pi d_H^3}{16} (1 - c^4).$
	<p style="text-align: center;">Полукруг</p> $A = \frac{\pi d^2}{8}; \quad y_c = 0,2122 d;$ $J_z = 0,00686 d^4; \quad J_y = \frac{\pi d^4}{128}.$
	<p style="text-align: center;">Прямоугольный треугольник</p> $A = \frac{1}{2} hb; \quad J_z = \frac{bh^3}{36};$ $J_y = \frac{hb^3}{36}; \quad J_{zy} = \frac{b^2 h^2}{72}.$
	<p style="text-align: center;">Равнобедренный треугольник</p> $A = \frac{1}{2} hb; \quad J_z = \frac{bh^3}{36}; \quad J_y = \frac{hb^3}{48}.$

Двутавры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8239-89)

Таблица 2.2

Размеры и справочные величины для осей двутавров



Обозначения:

h – высота балки;
 b – ширина полки;
 s – толщина стенки;
 t – средняя толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки;

J – момент инерции;
 W – момент сопротивления;
 S – статический момент полусечения;
 i – радиус инерции.

Номер профиля	Размеры, мм						Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						
	h	b	s	t	R	r			J_z , см ⁴	W_z , см ³	i_z , см	S_{z_3} , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см
10	100	55	4,5	7,2	7	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	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
18a	180	100	5,1	8,3	9	3,5	25,4	19,9	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12

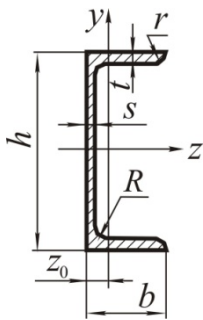
Окончание табл. 2.2

Номер профиля	Размеры, мм						Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						
	h	b	s	t	R	r			J_z , см ⁴	W_z , см ³	i_z , см	S_{z_3} , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4	26,8	21	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	9,5	4	28,9	22,7	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	220	110	5,4	8,7	10	4	30,6	24	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	10	4	32,8	25,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,5
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4	34,8	27,3	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	10,5	4	37,5	29,4	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	270	125	6	9,8	11	4,5	40,2	31,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	270	135	6	10,2	11	4,5	43,2	33,9	5500	407	11,3	229	337	50	2,8
30	300	135	6,5	10,2	12	5	46,5	36,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	12	5	49,9	39,2	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
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	13,0	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

Швеллеры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8240-89)

Таблица 2.3

Размеры и справочные величины для осей швеллеров



h – высота;
 b – ширина полки;
 s – толщина стенки;
 t – средняя толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки;

Обозначения:

J – момент инерции;
 W – момент сопротивления;
 S – статический момент полусечения;
 i – радиус инерции;
 z_0 – расстояние от оси y до наружной грани стенки.

22

Номер профиля	Размеры, мм						Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z_0 , см
	h	b	s	t	R	r			J_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	
5	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,95	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	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	6,5	3,5	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	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	7,5	4,5	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	8,0	4,5	15,6	12,3	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14а	140	62	4,9	8,7	8,0	4,5	17,0	13,3	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87

Окончание табл. 2.3

Номер профиля	Размеры, мм						Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z_0 , см
	h	b	s	t	R	r			J_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	
16	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	13,1	14,2	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16а	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	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	9,0	5,0	20,7	16,3	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18а	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,2	17,4	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,4	18,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20а	200	80	5,2	9,7	9,5	5,5	25,2	19,8	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,7	21,0	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22а	220	87	5,4	10,2	10,0	6,0	28,8	22,6	2330	212	8,90	121	187	30,0	2,55	2,46
24	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,6	24,0	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24а	240	95	5,6	10,7	10,5	6,0	32,9	25,8	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,2	27,7	4160	308	10,9	378	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,5	31,8	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,5	36,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,1	41,9	10200	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	400	115	8,0	13,5	15,0	8,0	61,5	48,3	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

23

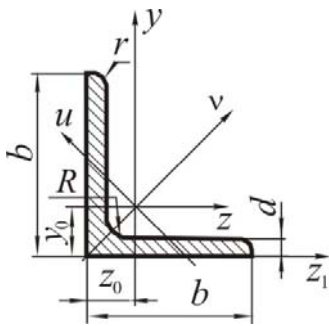
Уголки стальные горячекатаные равнополочные (по ГОСТ 8509–93)

Таблица 2.4

Размеры и справочные величины для осей уголков равнополочных

Обозначения:

- b – ширина полки;
- d – толщина полки;
- J – момент инерции;
- i – радиус инерции;
- z_0, y_0 – расстояния от центра тяжести до наружных граней полок.



24

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						z_0 , см
	b	d	R	r			J_{z_0} , см ⁴	i_{z_0} , см	$J_{y \max}$, см ⁴	$i_{y \max}$, см	$J_{u \min}$, см ⁴	$i_{u \min}$, см	
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	0,73
2,5	25	4	3,5	1,2	1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	0,76
2,5	25	5	3,5	1,2	2,27	1,78	1,22	0,73	1,91	0,92	0,53	0,48	0,80
3,0	30	3	4,0	1,3	1,74	1,36	1,45	0,91	2,30	1,15	0,60	0,59	0,85
3,0	30	4	4,0	1,3	2,27	1,78	1,84	0,80	2,92	1,13	0,77	0,58	0,89
3,0	30	5	4,0	1,3	2,78	2,18	2,20	0,89	3,47	1,12	0,94	0,58	0,93
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,46	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	0,89

Продолжение табл. 2.4

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						z_0 , см
	b	d	R	r			J_{z_0} , см ⁴	i_{z_0} , см	$J_{y \max}$, см ⁴	$i_{y \max}$, см	$J_{u \min}$, см ⁴	$i_{u \min}$, см	
3,2	32	4	4,5	1,5	2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	0,94
3,6	36	3	4,5	1,5	2,10	1,65	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	0,99
3,6	36	4	4,5	1,5	2,75	2,16	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	1,04
4	40	3	5,0	1,7	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	1,09
4	40	4	5,0	1,7	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	1,13
4	40	5	5,0	1,7	3,79	2,97	5,53	1,20	8,75	1,54	2,30	0,79	1,17
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	1,2t
4,5	45	4	5,0	1,7	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	1,26
4,5	45	5	5,0	1,7	4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	1,30
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	1,33
5	50	4	5,5	1,8	3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	1,38
5	50	5	5,5	1,8	4,80	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	1,42
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,38	5,41	1,11	1,52
5,6	56	5	6,0	2,0	5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	1,57
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	1,69
6,3	63	5	7,0	2,3	6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	1,74
6,3	63	6	7,0	2,3	7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	1,78
7	70	4	8,0	2,7	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	1,88
7	70	5	8,0	2,7	6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	1,90

25

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						z ₀ , см	
	b	d	R	r			J _z , см ⁴	i _z , см	J _{y max} , см ⁴	i _{y max} , см	J _{y min} , см ⁴	i _{y min} , см		J _{z1} , см ⁴
7	70	6	8,0	2,7	8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
7	70	7	8,0	2,7	9,42	7,39	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
7	70	8	8,0	2,7	10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02
7,5	75	5	9,0	3,0	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
7,5	75	6	9,0	3,0	8,78	6,89	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
7,5	75	7	9,0	3,0	10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
7,5	75	8	9,0	3,0	11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113	2,15
7,5	75	9	9,0	3,0	12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
8	80	6	9,0	3,0	9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,39
8	80	7	9,0	3,0	10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23
8	80	8	9,0	3,0	12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27
9	90	6	10	3,3	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43
9	90	7	10	3,3	12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47
9	90	8	10	3,3	13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51
9	90	9	10	3,3	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	239	2,55
10	100	6,5	12	4,0	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68
10	100	7	12	4,0	13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71
10	100	8	12	4,0	15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75

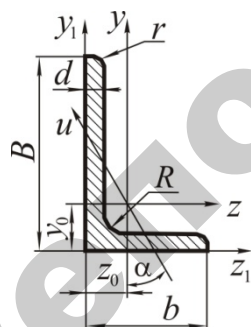
Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						z ₀ , см	
	b	d	R	r			J _z , см ⁴	i _z , см	J _{y max} , см ⁴	i _{y max} , см	J _{y min} , см ⁴	i _{y min} , см		J _{z1} , см ⁴
10	100	10	12	4,0	19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83
10	100	12	12	4,0	22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91
10	100	14	12	4,0	26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99
10	100	16	12	4,0	29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06
11	110	7	12	4,0	15,2	11,9	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96
11	110	8	12	4,0	17,2	13,5	193	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00
12,5	125	8	14	4,6	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36
12,5	125	9	14	4,6	22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40
12,5	125	10	14	4,6	24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45
12,5	125	12	14	4,6	28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53
12,5	125	14	14	4,6	33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61
12,5	125	16	14	4,6	37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68
14	140	9	14	4,6	24,7	19,4	466	4,31	739	5,47	192	2,79	818	3,78
14	140	10	14	4,6	27,3	21,5	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82
14	140	12	14	4,6	32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,90
16	160	10	16	5,3	31,4	24,7	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30
16	160	11	16	5,3	34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35
16	160	12	16	5,3	37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39
16	160	14	16	5,3	43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
	b	d	R	r			J _z , см ⁴	i _z , см	J _{v max} , см ⁴	i _{v max} , см	J _{u min} , см ⁴	i _{u min} , см	J _{z1} , см ⁴	
16	160	16	16	5,3	49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55
16	160	18	16	5,3	54,8	43,0	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63
16	160	20	16	5,3	60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,70
18	180	11	16	5,3	38,8	30,5	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	2128	4,85
18	180	12	16	5,3	42,2	33,1	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	4,89
20	200	12	18	6,0	47,1	37,0	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37
20	200	13	18	6,0	50,9	39,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42
20	200	14	18	6,0	54,6	42,8	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46
20	200	16	18	6,0	62,0	48,7	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54
20	200	20	18	6,0	76,5	50,1	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,70
20	200	25	18	6,0	94,3	74,0	3166	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89
20	200	30	18	6,0	111,5	87,6	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07
22	220	14	21	7,0	60,38	47,40	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	4470	5,91
22	220	16	21	7,0	65,58	53,83	3175	6,80	5045	8,58	1306	4,36	5552	6,02
25	250	16	24	8,0	78,40	61,55	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8289	6,75
25	250	18	24	8,0	87,72	68,86	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9339	6,83
25	250	20	24	8,0	96,96	76,11	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10395	6,91
25	250	22	24	8,0	106,12	83,31	6270	7,09	9961	9,69	2579	4,93	11470	7,00
25	250	25	24	8,0	119,71	93,97	7006	7,65	11126	9,64	2887	4,91	13058	7,11
25	250	28	24	8,0	133,12	104,5	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,90	14676	7,23
25	250	30	24	8,0	141,96	111,4	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15763	7,31

Уголки стальные горячекатаные неравнополочные (по ГОСТ 8510–86)

Таблица 2.5

Размеры и справочные величины для осей уголков неравнополочных



Обозначения:

- B* – ширина большой полки;
b – ширина малой полки;
d – толщина полки;
R – радиус внутреннего закругления полки;
r – радиус наружного закругления полки;
J – момент инерции;
i – радиус инерции;
*z*₀, *y*₀ – расстояния от центра тяжести до наружных граней полки.

Номер профиля	Размеры, мм					Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей								Угол наклона оси <i>u</i> tga		
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>R</i>	<i>r</i>			J _z , см ⁴	i _z , см	J _y , см ⁴	i _y , см	J _{z1} , см ⁴	y ₀ , см	J _{y1} , см ⁴	z ₀ , см		J _u , см ⁴	i _u , см
2,5/1,6	25	16	3	4	1,2	1,16	0,6	0,7	0,78	0,22	0,44	1,56	0,86	0,43	0,42	0,13	0,34	0,392
3,2/2	32	20	3	4	1,2	1,49	1,17	1,52	1,01	0,46	0,55	3,26	1,08	0,82	0,49	0,28	0,43	0,382
3,2/2	32	20	4	4	1,2	1,94	1,52	1,93	1,00	0,37	0,54	4,38	1,12	1,12	0,53	0,35	0,43	0,374
4/2,5	40	25	3	4	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
4/2,5	40	25	4	4	1,3	2,47	1,94	3,93	1,26	1,18	0,69	8,53	1,37	2,15	0,63	0,71	0,54	0,281
4,5/2,8	45	28	3	5	1,7	2,14	1,68	4,41	1,43	1,32	0,79	9,02	1,47	2,20	0,64	0,79	0,61	0,382
4,5/2,8	45	28	4	5	1,7	2,80	2,20	5,68	1,42	1,69	0,78	12,1	1,51	2,98	0,68	1,02	0,60	0,379

Номер профиля	Размеры, мм					Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей										Угол наклона оси u $tg\alpha$
	B	b	d	R	r			J_z , см ⁴	i_z , см	J_y , см ⁴	i_y , см	J_{z_1} , см ⁴	y_0 , см	J_{y_1} , см ⁴	z_0 , см	J_{i_y} , см ⁴	i_{i_y} , см	
5/3,2	50	32	3	6	1,8	2,42	1,90	6,18	1,60	1,99	0,91	12,4	1,60	3,26	0,72	1,18	0,7	0,403
5/3,2	50	32	4	6	1,8	3,17	1,59	7,98	1,59	2,56	0,90	16,6	1,65	4,42	0,76	1,52	0,69	0,401
5,6/3,6	56	36	4	6	2,0	3,58	2,81	11,37	1,78	3,70	1,02	23,2	1,82	6,25	0,84	2,19	0,78	0,406
5,6/3,6	56	36	5	6	2,0	4,41	3,46	13,82	1,77	4,48	1,01	29,2	1,87	7,91	0,88	2,65	0,78	0,404
6,3/4	63	40	4	7	2,3	4,04	3,17	16,33	2,01	5,16	1,13	33	2,03	8,51	0,91	3,07	0,87	0,397
6,3/4	63	40	5	7	2,3	4,98	3,91	19,91	2	6,26	1,12	41,4	2,08	10,8	0,95	3,73	0,86	0,396
6,3/4	63	40	6	7	2,3	5,90	4,63	23,31	1,99	7,29	1,11	40,9	2,12	13,1	0,99	4,36	0,86	0,393
6,3/4	63	40	7	7	2,3	7,68	6,03	29,60	1,96	9,15	1,09	66,9	2,20	17,9	1,07	5,58	0,86	0,386
7/4,5	70	45	5	8	2,7	5,59	4,39	27,56	2,23	9,05	1,27	56,7	2,28	15,2	1,05	5,34	0,98	0,406
7,5/5	75	50	5	8	2,7	6,11	4,79	34,81	2,39	12,47	1,43	69,7	2,39	20,8	1,17	7,24	1,09	0,436
7,5/5	75	50	6	8	2,7	7,25	5,69	40,92	2,38	14,60	1,42	83,9	2,44	25,2	1,21	8,48	1,08	0,435
7,5/5	75	50	8	8	2,7	9,47	7,43	52,38	2,35	18,52	1,4	112	2,52	34,2	1,29	10,87	1,06	0,430
8/5	80	50	5	8	2,7	6,36	4,49	41,64	2,56	12,68	1,41	84,6	2,60	20,8	1,13	7,57	1,09	0,387
8/5	80	50	6	8	2,7	7,55	5,92	48,89	2,55	14,85	1,4	102	2,65	25,2	1,17	8,88	1,08	0,386
9/5,6	90	56	5,5	9	3,0	7,86	6,17	65,28	2,88	19,67	1,58	132	2,92	32,2	1,26	11,17	1,22	0,384
9/5,6	90	56	6	9	3,0	8,54	6,70	70,58	2,88	21,22	1,58	145	2,95	35,2	1,28	12,70	1,22	0,384
9/5,6	90	56	8	9	3,0	11,18	8,57	90,87	2,85	27,08	1,56	194	3,04	47,8	1,36	16,29	1,21	0,380
10/6,3	100	63	6	10	3,3	9,58	7,53	98,29	3,2	30,58	1,79	198	3,23	49,9	1,42	18,20	1,38	0,393
10/6,3	100	63	7	10	3,3	11,09	8,70	112,86	3,19	34,99	1,78	232	3,28	58,7	1,46	20,83	1,37	0,392
10/6,3	100	63	8	10	3,3	12,57	9,87	126,96	3,18	39,21	1,77	266	3,32	67,6	1,50	23,38	1,36	0,391
10/6,3	100	63	10	10	3,3	15,47	12,14	153,95	3,15	47,18	1,75	333	3,40	85,8	1,58	28,34	1,35	0,387

Номер про- филя	Размеры, мм					Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей									Угол наклона оси u $\text{tg}\alpha$	
	B	b	d	R	r			J_z , см ⁴	i_z , см	J_y , см ⁴	i_y , см	J_{z_1} , см ⁴	y_0 , см	J_{y_1} , см ⁴	z_0 , см	J_u , см ⁴		i_u , см
11/7	110	70	7	10	3,3	11,45	8,98	142,42	3,53	45,61	2	286	3,55	74,8	1,58	26,94	1,53	0,402
11/7	110	70	8	10	3,3	13,93	10,93	171,54	3,51	54,64	1,98	353	3,61	92,3	1,64	32,31	1,52	0,400
12,5/8	125	80	7	11	3,7	14,06	11,04	226,53	4,01	75,73	2,29	452	4,01	119	1,80	43,40	1,76	0,407
12,5/8	125	80	8	11	3,7	15,98	12,58	225,62	4	80,95	2,28	518	4,05	137	1,84	48,52	1,75	0,406
12,5/8	125	80	10	11	3,7	19,70	15,47	311,61	3,98	100,47	2,26	649	4,14	173	1,92	59,33	1,74	0,404
12,5/8	125	80	12	11	3,7	23,36	18,34	364,79	3,95	116,84	2,24	781	4,22	210	2,00	69,47	1,72	0,400
14/9	140	90	8	12	4,0	18,00	14,13	363,68	4,49	119,79	2,58	727	4,49	194	2,03	70,27	1,98	0,411
14/9	140	90	10	12	4,0	22,24	17,46	444,45	4,47	145,54	2,56	911	4,58	245	2,12	85,51	1,96	0,409
16/10	160	100	9	13	4,3	22,87	17,96	605,97	5,15	186,03	2,85	1221	5,19	300	2,24	110,40	2,20	0,391
16/10	160	100	10	13	4,3	25,28	19,58	666,69	5,13	204,09	2,84	1359	5,23	335	2,28	121,16	2,19	0,390
16/10	160	100	12	13	4,3	30,04	23,58	784,22	5,11	238,75	2,82	1634	5,32	405	2,36	142,14	2,18	0,388
16/10	160	100	14	13	4,3	34,72	27,26	897,29	5,08	271,60	2,8	1910	5,40	477	2,43	162,49	2,16	0,385
18/11	180	110	10	14	4,7	28,33	22,20	952,38	5,8	276,37	3,12	1993	5,88	444	2,44	165,44	2,42	0,376
18/11	180	110	12	14	4,7	33,69	26,40	1122,7	5,77	324,09	3,1	2324	5,97	537	2,52	194,28	2,4	0,374
20/12,5	200	125	11	14	4,7	34,80	27,37	1449,0	6,45	446,36	3,58	2920	6,50	718	2,79	263,84	2,75	0,392
20/12,5	200	125	12	14	4,7	37,89	29,74	1568,2	6,43	481,93	3,57	3189	6,54	786	2,83	285,04	2,74	0,392
20/12,5	200	125	14	14	4,7	43,87	34,43	1800,8	6,41	550,77	3,54	3726	6,62	922	2,91	326,54	2,73	0,390
20/12,5	200	125	16	14	4,7	49,77	39,07	2026,1	6,38	616,66	3,52	4264	6,71	1061	2,99	366,99	2,72	0,388
25/16	250	160	12	18	6,0	48,3	37,9	3147	8,07	1032	4,62	6212	7,97	1634	3,53	604	3,54	0,41
25/16	250	160	16	18	6,0	63,6	49,9	4091	8,02	1333	4,58	8308	8,14	2200	3,69	781	3,50	0,408
25/16	250	160	18	18	6,0	71,1	55,8	4545	7,99	1475	4,56	9358	8,23	2487	3,77	866	3,49	0,407
25/16	250	160	20	18	6,0	78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	10410	8,31	2776	3,85	949	3,48	0,405

3. ПРОДОЛЬНЫЙ ИЗГИБ ПРЯМЫХ СТЕРЖНЕЙ

Окончание табл. 3.2

Таблица 3.1

Значения коэффициента приведения длины стержня (μ) при различных его схемах закрепления и нагружения

Схема закрепления и нагружения стержня						
	l	l	l	l	$0,5 l$	$0,5 l$
μ	1	2	0,7	0,5	0,5	1,35

Гибкость стержня λ	Сталь			Чугун		Бетон		Дюралюминий Д16Т	Дерево (сосна)
	Ст2, Ст3, Ст4	Ст5	14Г2 15ГС 10Г2С 15ХСНД	СЧ 12 СЧ 15 СЧ 18 СЧ 21	СЧ 24 СЧ 25 СЧ 30	тяжелый	легкий		
140	0,36	0,29	0,25	—	—	—	—	0,087	0,16
150	0,32	0,26	0,23	—	—	—	—	0,076	0,14
160	0,29	0,24	0,21	—	—	—	—	—	0,12
170	0,26	0,21	0,19	—	—	—	—	—	0,11
180	0,23	0,19	0,17	—	—	—	—	—	0,10
190	0,21	0,17	0,15	—	—	—	—	—	0,09
200	0,19	0,16	0,13	—	—	—	—	—	0,08

Таблица 3.2

Значения коэффициента продольного изгиба φ

Гибкость стержня λ	Сталь			Чугун		Бетон		Дюралюминий Д16Т	Дерево (сосна)
	Ст2, Ст3, Ст4	Ст5	14Г2 15ГС 10Г2С 15ХСНД	СЧ 12 СЧ 15 СЧ 18 СЧ 21	СЧ 24 СЧ 25 СЧ 30	тяжелый	легкий		
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95	1,00	1,00	0,999	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,91	0,87	0,96	0,96	0,998	0,97
30	0,94	0,92	0,92	0,80	0,75	0,90	0,86	0,835	0,93
40	0,92	0,89	0,89	0,69	0,60	0,84	0,73	0,700	0,87
50	0,89	0,86	0,84	0,57	0,43	0,76	0,68	0,568	0,80
60	0,86	0,82	0,78	0,44	0,32	0,70	0,59	0,455	0,71
70	0,81	0,76	0,71	0,34	0,23	0,63	0,52	0,353	0,60
80	0,75	0,70	0,63	0,26	0,18	0,57	0,46	0,269	0,48
90	0,69	0,62	0,54	0,20	0,14	0,51	—	0,212	0,38
100	0,60	0,51	0,46	0,16	0,12	0,45	—	0,172	0,31
110	0,52	0,43	0,39	—	—	—	—	0,142	0,25
120	0,45	0,36	0,33	—	—	—	—	0,119	0,22
130	0,40	0,33	0,29	—	—	—	—	0,101	0,18

Таблица 3.3

Параметры для определения критических напряжений сжатых стержней

Материал	Характеристики прочности		Эмпирические коэффициенты формулы Ясинского			Гибкость	
	$\sigma_{\text{т}}$ МПа	$\sigma_{\text{п}}$ МПа	a , МПа	b , МПа	c , МПа	$\lambda_{\text{пред}}$	λ_0
	Сталь Ст2	220	190	264	0,68	—	105
Сталь Ст3	240	200	310	1,11	—	100	61
Сталь Ст4	260	220	328	1,07	—	96	60
Сталь 20	—	—	—	—	—	—	—
Сталь Ст5	280	240	350	1,13	—	92	57
Сталь: 25, 35Л	—	—	—	—	—	—	—
Сталь: 35, 45Л	320	270	398	1,40	—	90	55
Сталь 45	360	305	449	1,64	—	85	52
Сталь: 50, 55Л	380	320	473	1,83	—	82	50
Сталь: 10Г2СЛ, 14Г2, 15ГС, 14ХГС, 15 ХСНД	350	300	429	1,49	—	83	50

Окончание табл. 3.3

Материал	Характеристики прочности		Эмпирические коэффициенты формулы Ясинского			Гибкость	
	σ_T , МПа	σ_{II} , МПа	a , МПа	b , МПа	c , МПа	$\lambda_{\text{сред}}$	λ_0
Сталь 30ХМА, 35ХМФА, 30ГСА 40ХНМА	850	700	1000	5,46	—	55	28
Дюралюминий Д16Т	320	255	406	2,78	—	53	30
Дюралюминий Д6Т	280	220	300	1,40	—	57	15
Сосна, ель	—	—	29,3	0,19	—	70	—
Чугун	—	—	776	12,0	0,052	80	—

4. ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Таблица 4.1

Механические характеристики углеродистых качественных сталей, МПа

Марка стали	σ_B не менее	σ_T не менее	τ_T	σ_{-1}	τ_{-1}	σ_{-1p} при растяжении-сжатии
10	340	210	140	160–220	80–120	120–150
20	420	250	160	170–220	100–130	110–160
25	480	280	—	190–250	—	—
30	500	300	170	200–270	110–140	170–210
35	430	320	190	220–300	130–180	170–220
40	530	340	—	230–320	140–190	180–240
45	610	360	220	250–340	150–200	190–250
50	640	380	—	270–350	160–210	200–260
55	660	390	—	—	—	—
60	690	410	—	310–380	180–220	220–280

Примечание. Данные приведены для сталей в нормализованном состоянии, получены на круглых образцах диаметром 6–12 мм с полированной поверхностью. При пользовании таблицей можно принимать соответствие: сталь Ст3 стали 20; сталь Ст4 стали 25; сталь Ст5 стали 35; сталь Ст6 стали 45.

Таблица 4.2

Механические характеристики легированных конструкционных сталей, МПа

Марка стали	σ_B не менее	σ_T не менее	τ_T	σ_{-1}	τ_{-1}	σ_{-1p} при растяжении-сжатии
20Х	800	650	—	310–380	170–230	—
40Х	1000	800	—	320–480	210–260	240–340
45Х	1050	850	—	400–500	230	370
30ХМ	900	740	—	310–410	230	370
35ХМ	1000	850	—	470–510	—	—

Марка стали	σ_s не менее	σ_T не менее	τ_T	σ_{-1}	τ_{-1}	σ_{-1p} при растяжении-сжатии
40ХН	1000	800	390	460–600	—	310–420
50ХН	1100	900	—	550	—	—
40ХФА	900	750	—	380–490	—	—
38ХМЮА	1000	890	—	420–550	—	—
12ХНЗА	950	700	400	420–640	220–300	—
20ХНЗА	950	750	—	430–650	240–310	—
30ХНЗА	1000	800	—	530–700	320–400	—
40ХНЗА	1100	950	—	500–700	270–380	—
30ХГСА	1100	850	—	480–700	280–400	—
12ХНЗА	950	700	400	420–640	220–300	—
12ХНЗА	950	700	400	420–640	220–300	—
12ХНЗА	950	700	400	420–640	220–300	—

Примечание. Данные приведены для термически обработанных образцов, пределы выносливости получены на круглых образцах диаметром 6–12 мм с полированной поверхностью.

Таблица 4.3

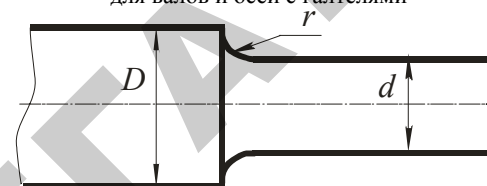
Примерная взаимосвязь предела выносливости с другими механическими характеристиками материала

Материал	Эмпирические формулы
Стальное литье и чугун	$\sigma_{-1} = 0,4 \sigma_B$
Стали ($\sigma_B = 300 \dots 1200$ МПа)	$\sigma_{-1} = 0,5 \sigma_B$
Высокопрочные стали ($\sigma_B = 1300 \dots 1800$ МПа)	$\sigma_{-1} = 400 + \frac{1}{6} \sigma_B$
Цветные металлы	$\sigma_{-1} = (0,25 \dots 0,50) \sigma_B$
Стали при кручении	$\tau_{-1} = 0,56 \sigma_{-1}$
Стали при кручении	$\tau_{-1} = (0,2 \dots 0,3) \sigma_B$
Чугун и высоколегированные стали	$\tau_{-1} = 0,8 \sigma_{-1}$

Примечание. Предел выносливости при растяжении-сжатии $\sigma_{-1p} = (0,7 \dots 0,9) \sigma_{-1}$

Таблица 4.4

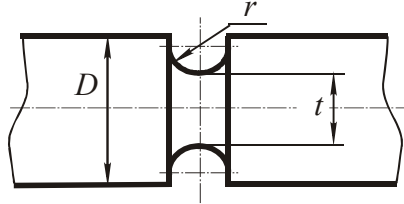
Эффективные коэффициенты концентрации K_σ (K_τ) для валов и осей с галтелями



$\frac{D}{d}$	$\frac{r}{d}$	K_σ при изгибе для деталей из стали, имеющей σ_B , МПа			K_τ при кручении для деталей из стали, имеющей σ_B , МПа		
		500	800	1000	500	800	1000
1,05	0,02	1,70	1,82	2,05	1,24	1,29	1,33
	0,05	1,48	1,57	1,63	1,15	1,18	1,20
	0,10	1,28	1,33	1,36	1,08	1,10	1,12
	0,15	1,20	1,23	1,25	1,06	1,08	1,09
	0,20	1,16	1,20	1,22	1,05	1,06	1,07
1,1	0,02	2,00	2,24	2,47	1,40	1,52	1,62
	0,05	1,64	1,70	1,75	1,25	1,28	1,30
	0,10	1,37	1,42	1,45	1,12	1,16	1,18
	0,15	1,27	1,31	1,34	1,09	1,12	1,14
	0,20	1,20	1,24	1,27	1,06	1,08	1,10
1,25	0,02	2,12	2,68	3,10	1,64	1,73	1,80
	0,05	1,81	1,97	2,10	1,40	1,45	1,48
	0,10	1,47	1,54	1,60	1,20	1,27	1,32
	0,15	1,35	1,40	1,43	1,15	1,20	1,24
	0,20	1,30	1,32	1,34	1,09	1,13	1,16
1,5	0,02	2,42	—	—	1,76	1,97	2,14
	0,05	1,91	2,06	2,20	1,48	1,56	1,62
	0,10	1,53	1,61	1,67	1,24	1,32	1,35
	0,15	1,38	1,44	1,48	1,19	1,25	1,29
	0,20	1,33	1,36	1,38	1,10	1,18	1,24

Таблица 4.5

Эффективные коэффициенты концентрации K_{σ} (K_{τ})
для валов и осей с выточками

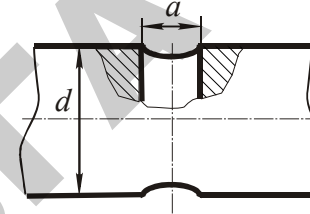


$\frac{D}{d}$	$\frac{r}{d}$	K_{σ} при изгибе для деталей из стали, имеющей σ_B , МПа			K_{τ} при кручении для деталей из стали, имеющей σ_B , МПа		
		500	800	1000	500	800	1000
0,5	0,02	1,77	2,02	2,22	1,46	1,61	1,73
	0,05	1,72	1,87	1,98	1,43	1,52	1,60
	0,10	1,59	1,69	1,77	1,36	1,42	1,46
	0,15	1,45	1,53	1,59	1,27	1,32	1,36
	0,20	1,37	1,41	1,45	1,22	1,25	1,27
1,0	0,02	1,85	2,12	2,35	1,51	1,67	1,81
	0,05	1,80	1,95	2,10	1,48	1,58	1,66
	0,10	1,65	1,76	1,85	1,39	1,47	1,51
	0,15	1,50	1,58	1,65	1,30	1,35	1,39
	0,20	1,45	1,48	1,50	1,27	1,29	1,30
2,0	0,02	1,92	2,21	2,41	1,56	1,73	1,87
	0,05	1,86	2,03	2,99	1,51	1,62	1,71
	0,10	1,70	1,82	1,76	1,42	1,50	1,56
	0,15	1,54	1,63	1,52	1,33	1,38	1,42
	0,20	1,48	1,52	1,40	1,29	1,30	1,32

Примечание. Значения K_{σ} могут быть использованы при расчетах на растяжение (сжатие).

Таблица 4.6

Эффективные коэффициенты концентрации
 K_{σ} (K_{τ}) для валов и осей с поперечными отверстиями



Вид нагрузки	$\frac{a}{d}$	Предел прочности материала σ_B , МПа			
		500	600	800	1000
Изгиб (K_{σ})	0,05...0,10	1,94	1,95	2,05	2,15
	0,15...0,25	1,74	1,77	1,86	1,95
Кручение (K_{τ})	0,05...0,25	1,75	1,78	1,83	1,92

Таблица 4.7

Эффективные коэффициенты концентрации K_{σ} (K_{τ})
для валов в месте шпоночного паза

Предел прочности, σ_B , МПа	K_{σ}		K_{τ}
	Паз выполнен пальцевой фрезой	Паз выполнен дисковой фрезой	
500	1,60	1,40	1,40
700	1,90	1,55	1,70
900	2,15	1,70	2,05
1200	2,50	1,90	2,40

Таблица 4.8

Значения коэффициентов чувствительности материала
к асимметрии цикла (Ψ_{σ} и Ψ_{τ})

Материал	Ψ_{σ}	Ψ_{τ}
Углеродистая сталь, $\sigma_B = 320\text{--}350$ МПа	0,05	0
Углеродистая сталь, $\sigma_B = 500\text{--}750$ МПа	0,1–0,15	0,05
Углеродистая и легированная сталь, $\sigma_B = 700\text{--}1050$ МПа	0,15–0,2	0,05–0,1
Легированная сталь, $\sigma_B = 1050\text{--}1450$ МПа	0,25–0,3	0,1–0,15

Таблица 4.9

Значения масштабного коэффициента $\varepsilon_{M\sigma} = \varepsilon_{M\tau}$
в зависимости от диаметра вала

Материал	d , мм							
	10	20	30	40	50	70	100	120
Углеродистая сталь $\sigma_B = (400\text{..}500)$ МПа	0,98	0,92	0,88	0,85	0,82	0,76	0,70	0,63
Углеродистая и легированная сталь $\sigma_B = (500\text{..}800)$ МПа	0,97	0,89	0,85	0,81	0,78	0,73	0,68	0,61
Легированная сталь $\sigma_B = (500\text{..}1200)$ МПа	0,95	0,86	0,81	0,77	0,74	0,69	0,65	0,59
Легированная сталь $\sigma_B = (1200\text{..}1400)$ МПа	0,94	0,83	0,77	0,73	0,70	0,66	0,62	0,57

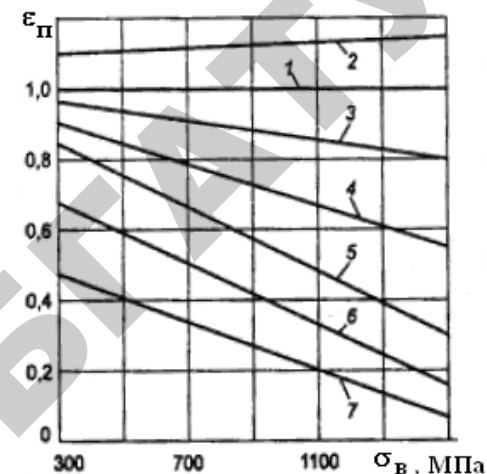


Рис. 4.1. Коэффициенты качества поверхности $\varepsilon_{п\sigma} \approx \varepsilon_{п\tau}$ различных сталей
в зависимости от предела прочности и вида механической обработки:

1 — шлифование; 2 — полирование; 3 — обработка резцом; 4 — мелкая насечка;
5 — после проката; 6, 7 — поверхности корродированные в пресной и морской воде

Таблица 4.10

Шероховатость поверхности (мкм) после различных видов и методов обработки
стали (обработка наружных цилиндрических поверхностей)

Вид или метод обработки	R_a , мкм
Обтачивание:	
– черновое	40–20
– получистовое	20–5,0
– чистовое	10–1,25
– тонкое (алмазное)	1,25–0,32
Шлифование:	
– предварительное	2,5–1,25
– чистовое	1,25–0,63
– тонкое	0,63–0,16
– электроалмазное	0,32–0,08
Суперфинишрование:	
– чистовое	0,16–0,08
– отделочное	0,04–0,01
Полирование пастой	0,32–0,02

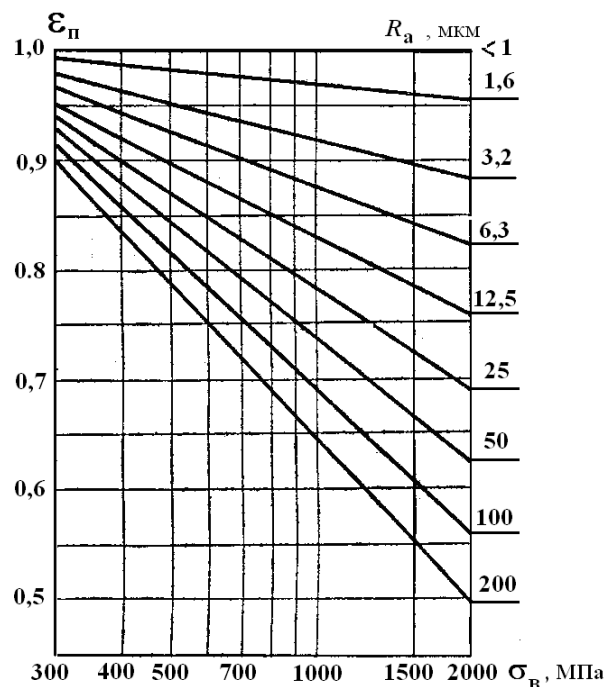


Рис. 4.2. Коэффициенты качества поверхности $\epsilon_{\pi\sigma} \approx \epsilon_{\pi\tau}$ различных сталей в зависимости от предела прочности и шероховатости поверхности

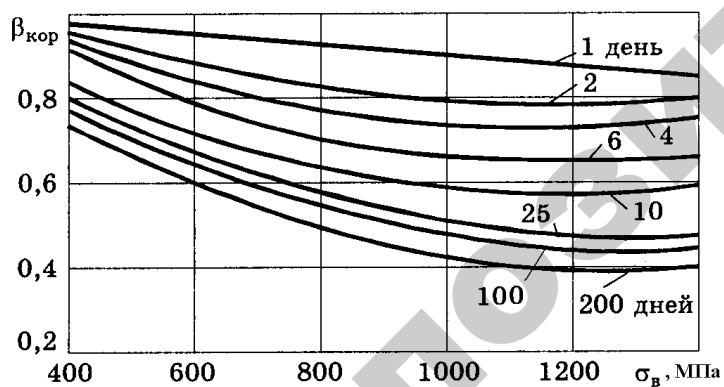


Рис. 4.3. Зависимость коэффициента коррозии от предела прочности стали при различной выдержке образцов в условиях коррозии до испытания на усталость

Значения коэффициентов упрочнения поверхности $\beta_{упр}$

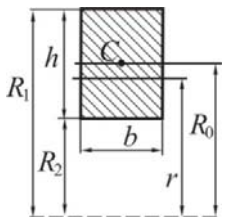
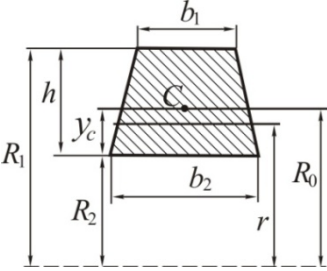
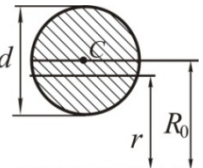
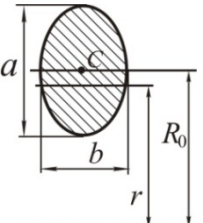
Вид обработки	Предел прочности $\sigma_{в}$, МПа	Значения $\beta_{упр}$ для валов		
		гладких	$K_{\sigma} = 1,5$	$K_{\sigma} = 1,8..2$
Закалка с нагревом ТВЧ	600..800 800..1200	1,5..1,7 1,3..1,5	1,6..1,7	2,4..2,8
Азотирование	900..1200 700..800	1,1..1,25 1,4..1,7	1,5..1,7	1,7..2,1
Цементация	1000..1200	1,2..1,3	2	—
Дробеструйная обработка	600..1500	1,1..1,25	1,5..1,6	1,7..2,1
Обкатка роликом	600..1500	1,2..1,3	1,5..1,6	1,8..2,0

5. ПЛОСКИЕ КРИВЫЕ БРУСЬЯ

Таблица 5.2

Таблица 5.1

Радиусы кривизны нейтрального слоя

Форма и размеры сечения	Радиус кривизны нейтрального слоя r
	$r = \frac{h}{\ln \frac{R_1}{R_2}}$
	$r = \frac{(b_1 + b_2) h^2}{2 \left((R_1 b_2 - R_2 b_1) \ln \frac{R_1}{R_2} - (b_2 - b_1) h \right)}$ $y_c = \frac{(2b_1 + b_2) h}{b_1 + b_2} \cdot \frac{1}{3}$
	$r = \frac{d^2}{4 \left(2R_0 - \sqrt{4R_0^2 - d^2} \right)}$
	$r = \frac{a^2}{4 \left(2R_0 - \sqrt{4R_0^2 - a^2} \right)}$

Интегралы, часто встречающиеся при определении перемещений в кривых брусках

Вид интеграла	Определенный интеграл в пределах от 0 до следующего значения угла			
	φ	$\pi / 4$	$\pi / 2$	π
$\int \sin \varphi d\varphi$	$1 - \cos \varphi$	0,293	1	2
$\int \cos \varphi d\varphi$	$\sin \varphi$	0,707	1	0
$\int \sin^2 \varphi d\varphi$	$-\frac{1}{4} \sin 2\varphi + \frac{\varphi}{2}$	0,143	0,785	1,571
$\int \cos^2 \varphi d\varphi$	$\frac{1}{4} \sin 2\varphi + \frac{\varphi}{2}$	0,643	0,785	1,571
$\int \sin^2 \varphi \cos \varphi d\varphi$	$\frac{\sin^3 \varphi}{3}$	0,118	0,333	0
$\int \cos^2 \varphi \sin \varphi d\varphi$	$(1 - \cos^3 \varphi) / 3$	0,216	0,333	0,667
$\int \sin 2\varphi d\varphi$	$\frac{1}{2} - \frac{\cos 2\varphi}{2}$	0,5	1	0
$\int \cos 2\varphi d\varphi$	$\frac{\sin 2\varphi}{2}$	0,5	0	0
$\int \sin \varphi \cos \varphi d\varphi$	$\frac{\sin^2 \varphi}{2}$	0,25	0,5	0
$\int \varphi \sin \varphi d\varphi$	$\sin \varphi - \varphi \cos \varphi$	0,152	1	3,141
$\int \varphi \cos \varphi d\varphi$	$\cos \varphi + \varphi \sin \varphi - 1$	0,262	0,571	-2
$\int \varphi \sin^2 \varphi d\varphi$	$\frac{1}{4} (\varphi^2 - \varphi \sin 2\varphi) - \frac{1}{8} (\cos 2\varphi - 1)$	0,226	0,368	2,47
$\int \varphi \cos^2 \varphi d\varphi$	$\frac{1}{4} (\varphi^2 + \varphi \sin 2\varphi) + \frac{1}{8} (\cos 2\varphi - 1)$	0,25	0,785	2,47
$\int \varphi \sin 2\varphi d\varphi$	$\frac{\sin 2\varphi}{4} - \varphi \frac{\cos 2\varphi}{2}$	0,25	0,785	-1,57
$\int \varphi \cos 2\varphi d\varphi$	$\frac{1}{4} (\cos 2\varphi - 1) + \left(\varphi \frac{\sin 2\varphi}{2} \right)$	0,143	-0,5	0

ЛИТЕРАТУРА

ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов : учебник / М. Д. Подскребко. – Минск : Выш. шк., 2007. – 797 с.: ил.
2. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов / В. И. Феодосьев. – 9-е изд. перераб. – М. : Наука, 1986. – 512 с.
5. Дарков, А. В. Сопротивление материалов : учебник для техн. вузов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1989. – 624 с.: ил.
6. Справочник по сопротивлению материалов / Е. Ф. Винокуров [и др.]. – Мн. : 1988. – 464 с.
7. Детали машин и основы конструирования / Под ред. М. Н. Ерохина. — М. : КолосС, 2008. — 462 с. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

Справочное издание

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

Справочник

Составители:

Мисуно Олег Иосифович,
Колоско Дина Николаевна,
Легенький Сергей Александрович

Ответственный за выпуск В. Н. Основин
Компьютерная верстка Ю. П. Каминской

Подписано в печать .02.2011 г. Формат 60×84¹/₁₆. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,36. Тираж 200 экз. Заказ 207.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный
технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.